

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS MEDITERRÂNEAS (ICAM)

Jornadas do ICAM 2005

***“Inovação Tecnológica nos
Sistemas Agrícolas Mediterrânicos”***

Évora

15-16 de Dezembro de 2005

Coordenada por Carlos Alexandre

EDITORIAL

Quando assumimos a condução dos destinos da SCAP para o biénio 2007 / 2009, foi com orgulho e convicção que nos propusemos dar continuidade à publicação da Revista de Ciências Agrárias, mantendo ou até melhorando o seu actual nível.

Sendo este o primeiro número publicado na vigência da actual Direcção, reiteramos esses propósitos com o sentido de responsabilidade imposto pelo facto de ser a única revista, nesta área, que se publica em Portugal com trabalhos de reconhecida qualidade científica no mundo agrário.

A Revista de Ciências Agrárias constitui para muitos, a possibilidade e oportunidade de verem os seus trabalhos científicos publicados, enquanto para muitos mais a nossa Revista constitui instrumento importante de informação e de afirmação do nosso Agro.

Para além dos autores dos artigos, importa reconhecer o trabalho e o esforço dos Membros do Conselho Científico e de Redacção da Revista, a quem esta Direcção desde já reconhece e agradece toda a sua enorme dedicação a esta Revista e a esta casa.

O Mundo Agrário Português, dos nossos campos aos serviços públicos, das instituições de ensino às de investigação, vive momentos de enorme insegurança e angústia, resultado de intervenções e mudanças abruptas e às vezes incompreensíveis que vêm ocorrendo na nossa sociedade.

A nossa Revista tem de continuar a ser o garante de uma expectativa de futuro para o nosso Mundo Agrário, mobilizando os que com o seu conhecimento técnico e científico conseguem acrescentar valor ao nosso conhecimento e esperança ao Mundo Rural.

Cabe, a propósito, realçar o facto de um número crescente de autores estrangeiros, nomeadamente oriundos de países de língua oficial portuguesa, virem solicitar a publicação dos seus trabalhos científicos na nossa Revista. É mais uma prova do seu elevado nível já reconhecido internacionalmente e que, para além do mais, vem alargar e enriquecer o âmbito dos conteúdos dos temas abordados.

A Direcção da SCAP procurará não só corresponder à secular responsabilidade no âmbito da Revista de Ciências Agrárias, mas ainda motivar e mobilizar vontades institucionais, empresariais e individuais que permitam abrir outras oportunidades de informação e divulgação.

José Alberto Guerreiro dos Santos

ENTIDADES PATROCINADORAS

FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia

APH – Associação Portuguesa de Horticultura

APDEA – Associação Portuguesa de Economia Agrária

CUF – Adubos de Portugal

Syngenta Crop Protection

JORNADAS CIENTÍFICAS ICAM_2005

“Inovação Tecnológica nos Sistemas Agrícolas Mediterrânicos”

Como tópicos específicos foram abordados os seguintes temas:

- 1. Novas Tecnologias de Engenharia nos Sistemas Agrícolas**
- 2. Sistemas Agro-Silvo-Pastoris na Região Mediterrânica: Novos Desafios**
- 3. Produtos Alimentares Mediterrânicos: Da Tradição à Inovação**
- 4. Horticultura Mediterrânica: Complementaridade Investigação/Inovação**

COMISSÃO ORGANIZADORA

Prof. Francisco Lúcio Santos (Presidente)
Prof.^a Ana Cristina Gonçalves
Prof. Augusto Peixe
Prof. Carlos Alexandre
Prof. Fernando Capela e Silva
Prof. José António Lopes de Castro
Prof. José Rafael Marques da Silva
Doutora Maria Isabel Ferraz de Oliveira
Prof. Pedro Alpendre
Prof. Vasco Fitas da Cruz

COMISSÃO CIENTÍFICA

Prof. Alfredo Gonçalves Ferreira	Universidade de Évora
Prof. Amadeu Freitas	Universidade de Évora
Prof. ^a Ana Cristina Gonçalves	Universidade de Évora
Prof. ^a Ana Maria Freitas	Universidade de Évora
Eng. ^a Arminda Cecílio	Estação Agronómica Nacional
Prof. Augusto Peixe	Universidade de Évora
Prof. Carlos Alexandre	Universidade de Évora
Prof. Carlos Roquete	Universidade de Évora
Prof. ^a Cristina Pinheiro	Universidade de Évora
Prof. ^a Eduarda Potes	Universidade de Évora
Eng. Fausto Leitão	Estação Agronómica Nacional
Prof. Francisco Lúcio Santos	Universidade de Évora
Prof. Gabriel Barata	Universidade de Évora
Prof. Gottlieb Basch	Universidade de Évora
Prof. ^a Isabel Solange de Oliveira	Universidade de Évora
Prof. João Manuel Mota Barroso	Universidade de Évora
Prof. João Serrano	Universidade de Évora
Prof. Joaquim M. Efe Serrano	Universidade de Évora
Prof. José A. Afonso de Almeida	Universidade de Évora
Prof. José Alberto Feijão Neves	Universidade de Évora
Prof. José António Lopes de Castro	Universidade de Évora
Prof. José L. Tirapicos Nunes	Universidade de Évora
Prof. José Manuel Abecassis Empis	Instituto Superior de Agronomia
Prof. José Oliveira Peça	Universidade de Évora
Prof. José Rafael Marques da Silva	Universidade de Évora
Prof. ^a Ludovina Padre	Universidade de Évora
Prof. Luis Leopoldo Silva	Universidade de Évora
Prof. Manuel Cancela de Abreu	Universidade de Évora
Prof. Manuel Madeira	Instituto Superior de Agronomia
Prof. ^a Manuela Vilhena	Universidade de Évora
Prof. ^a Maria do Rosário Gamito de Oliveira	Universidade de Évora
Prof. ^a Maria Ivone Clara	Universidade de Évora
Prof. ^a Maria João Cabrita	Universidade de Évora
Prof. Mário de Carvalho	Universidade de Évora
Prof. Miguel Elias	Universidade de Évora
Prof. ^a Ofélia Bento	Universidade de Évora
Prof. Pedro Alpendre	Universidade de Évora
Prof. Ricardo Serralheiro	Universidade de Évora

ENTIDADES PATROCINADORAS

Universidade de Évora

EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva, S.A.

CCDR do Alentejo

Évora Hotel

Vórtice, Equipamentos Científicos, Lda.

Caixa Geral de Depósitos

Delta

Adega Cooperativa de Borba

Fundação Luís de Molina

Intermarché

Figeroa – Librería Técnica Universitaria

Programa Operacional Ciência e Inovação 2010

Fundação Para a Ciência e Tecnologia

Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior

União Europeia – Fundos Estruturais



Programa Operacional Ciência e Inovação 2010
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



UNIÃO EUROPEIA - Fundos Estruturais



Governo da República Portuguesa

ÍNDICE

JORNADAS CIENTÍFICAS ICAM-2005, Comissão Organizadora.....	5
Comissão Científica	6
Entidades Patrocinadoras	7
Índice	8
Nota Editorial	12
Nota Introdutória.....	13

NOVAS TECNOLOGIAS DE ENGENHARIA NOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

Cartografia de solos à escala da exploração agrícola: aplicação a um ensaio de olival.....	17
<i>C. Alexandre & T. Afonso</i>	
Resposta das culturas do girassol e do milho a diferentes cenários de rega deficitária	33
<i>C. M. Toureiro, R. P. Serralheiro & M. R. Oliveira</i>	
Efeito da mobilização do solo nas micorrizas arbusculares de cereais de Inverno	48
<i>I. Brito, M. de Carvalho, D. van Tuinen & M. J. Goss</i>	
Utilização de sistemas de aquecimento por ar e por água quente em estufas localizadas em zonas Mediterrânicas.....	57
<i>J. Afonso, F. Baptista, V. Fitas da Cruz & J.L. Garcia</i>	
Efeito de doses reduzidas de um herbicida de pós-emergência no controlo de infestantes e na produção de trigo em semen-teira directa	71
<i>J. F. C. Barros, G. Basch & M. Carvalho</i>	
Avaliação de um distribuidor centrífugo de adubo na perspectiva de utilização em agricultura de precisão.....	79
<i>J. M. Serrano, M. J. O. Peça, J. R. Silva, H. Serrazina & J. Mendes</i>	
Interação da salinidade e da fertilização azotada na produtividade do milho-grão	88
<i>M.C. Gonçalves, J.C. Martins, N. Castanheira, F.L. Santos, M.J. Neves, J. Reis, A. Prazeres, T. Ramos, S. Fonte, F. Pires, M. Bica & J. Bica</i>	
Potencialidades do sorgo sacarino [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo.....	103
<i>M.E.V. Lourenço, V.M.L. Massa, P.M.M. Palma & A. E.M. Rato</i>	
Computação móvel em agricultura	111
<i>M.C. Neto, J. Maia, L. Queiroz e Mello & L. M. Fernandes</i>	
Efeito da fertilização azotada na produção e na qualidade do grão de cevada para malte em condições Mediterrâneas de regadio	121
<i>M. Patanita & L. López-Bellido</i>	
Avaliação da produção de leite em bovinos utilizando diferentes sistemas de climatização.....	135
<i>M. Perissinotto, D. J. de Moura & V.F. Da Cruz</i>	
Influência das condições ambientais na produção de leite da vacaria da Mitra	143
<i>M. Perissinotto, V. F. da Cruz, A. Pereira & D. J. de Moura</i>	

Efeito do tipo de solo na imobilização do azoto por palha em decomposição no Sul de Portugal	150
<i>P. Alpendre, M. Carvalho, M. Figo & H. Carolino</i>	
Efeito da profundidade de colocação do tubo de rega gota-a-gota na uniformidade de rega e na eficiência do uso da água em tomate de indústria	162
<i>R.M.A. Machado & M.R.G. Oliveira</i>	
Aplicação da poliacrilamida no controlo da erosão e do escoamento superficial na rega por rampa rotativa	172
<i>R. O. Pires, J. L. Reis, F. L. Santos & N. L. Castanheira</i>	

SISTEMAS AGRO-SILVO-PASTORIS NA REGIÃO MEDITERRÂNICA: NOVOS DESAFIOS

Produção silvícola no montado. Análise e reflexão sobre a gestão sustentada dos montados de sobreiro	181
<i>A. G. Ferreira, N. A. Ribeiro, A. C. Gonçalves, S. S. Dias, T. Afonso, J. Lima & H. Recto</i>	
Análise produtiva da utilização de touros BBB e Charoleses em vacadas comerciais.....	190
<i>A. Perdigão & C. Roquete</i>	
Estimativa da ingestão e digestibilidade de erva e bolota em porcos alentejanos pela técnica dos n-alcanos.....	198
<i>C. Mendes, M. I. Ferraz-de-Oliveira, T. Ribeiro & M. C. d'Abreu</i>	
Projecção de lactações incompletas	205
<i>C. Roquete & J. Castro</i>	
Padrão sazonal do regime estomático em azinheiras (<i>Quercus rotundifolia</i> Lam.) regadas.....	212
<i>F. Melhorado & T. Moreira</i>	
Análise da evolução da resposta à selecção numa população da raça bovina mertolenga	223
<i>J. Castro, C. Roquete & G. Barata</i>	
Diversidade funcional em sistemas de montado: fluxo de nutrientes em <i>Quercus rotundifolia</i> Lam.....	235
<i>J. D. Nunes, L. Gazarini & M. Madeira</i>	
Produção pecuária no montado -suínos	251
<i>J. T. Nunes</i>	
A cortiça como sonda ambiental de metais pesados – um serviço sócio-ambiental prestado por montados com sobre e sobreirais.....	260
<i>J. Ponte-e-Sousa, Jorge Ginja Teixeira & António Neto Vaz</i>	
Variabilidade em pastagens permanentes: contribuição para um projecto de Agricultura de Precisão	267
<i>J. M. Serrano, J. O. Peça, V. Gonçalves, P. Palma, M. J. Carvalho, J. R. Silva & J. Roma</i>	
Unidade de estudos de mastites em pequenos ruminantes – estudos em ovinos de regime extensivo.....	276
<i>M.C. Queiroga, C.M.E. Potes, E.M. Duarte, A.A.M. Marinho, C.M. Bettencourt, C.A.P. Matos, C.C. Belo, J.M. Ribeiro & C.L. Vilela</i>	
Cortiça: uma nova perspectiva.....	282
<i>P. A. M. Mourão, P. J. M. Carrott & M. M. L. R. Carrott</i>	

Avaliação da morfologia dos sistemas radicais de plantas de regeneração do sobreiro através de imagem digital	290
<i>P. Surový, F. Brasil, N. A. Ribeiro & M. R. G. Oliveira</i>	
Estudo para a validação da técnica dos n-alcanos para estimativa da ingestão e da digestibilidade em porcos Alentejanos.....	296
<i>T. Ribeiro, M. I. Ferraz-de-Oliveira, C. Mendes & M. C. d'Abreu</i>	

PRODUTOS ALIMENTARES MEDITERRÂNICOS: DA TRADIÇÃO À INOVAÇÃO

Avaliação da qualidade da ameixa ‘Rainha Cláudia verde’. Métodos instrumentais vs avaliação sensorial	305
<i>A. O. Ferreira, A.C. Agulheiro-Santos, M.J. Bernalte-García & G. Ribeiro</i>	
Desenvolvimento do tecido adiposo e muscular em suínos de raça Alentejana	317
<i>A. Freitas, J. Neves, J. T. Nunes, R. Charneca & J. M. Martins</i>	
Estudo histopatológico de lesões ateroscleróticas em suínos de raça alentejana	323
<i>A. Ramos, O. Bento, M.J. Lança, J.M. Martins, F. Capela-Silva & A. Freitas</i>	
Produção de etileno em frutos de ameixeira ‘ <i>Prunus domestica</i> ’ sujeitos a duas temperaturas de conservação	331
<i>A.E. Rato, J.M. Barroso & A.C. Agulheiro</i>	
Oportunidades para o Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas no âmbito do Plano Regional de Inovação do Alentejo	339
<i>C. Marques, R. Fragoso & R. Lucas</i>	
Avaliação sensorial do queijo: Definição dos atributos de qualidade.....	350
<i>C. Pinheiro, G. Machado, C. Bettencourt & C. Matos</i>	
Evolução pós-colheita do melão ‘Tendral’ - conservação tradicional vs refrigeração	358
<i>C. J. M. Pintado, A. C. Agulheiro-Santos & M. J. Bernalte-García</i>	
Azeites de produção biológica e produção integrada - avaliação de critérios de qualidade.....	362
<i>C. J. M. Pintado, C. Peres, M. C. Pinheiro-Alves & F. Peres</i>	
Utilização da proteómica para compreender o comportamento de ingestão	367
<i>E. Lamy, F.Capela-Silva, E.S. Baptista, G. Graça, G.Costa & A.V. Coelho</i>	
Efeito de três alimentos diferentes sobre as características físico-químicas do músculo <i>Longissimus dorsi</i> do porco de raça Alentejana	375
<i>G. Pacheco Ribeiro, N. Farinha, R. Santos & J. Neves</i>	
As leguminosas como alimentos funcionais: o caso das dislipidémias e das doenças cardiovasculares.....	385
<i>J.M. Martins & O.P. Bento</i>	
Comparação de azeites obtidos da cultivar Portuguesa Galega Vulgar utilizando dois métodos de extracção	400
<i>L. Torres Vaz-Freire, V. Palma, J. Baptista Gouveia & A. Costa Freitas</i>	
Condições ambientais das etapas de fabrico de um tipo de paio de porco da raça Alentejana	409
<i>M. Elias & C. Baixinho</i>	
Caracterização de matérias-primas subsidiárias usadas no fabrico de paio de porco alentejano ...	424
<i>M. Elias, A. C. Santos & B. Raposo</i>	

Segurança alimentar em produtos tradicionais	439
<i>M. E. Potes</i>	
Actividade antimicrobiana do óleo essencial do <i>Foeniculum vulgare</i> Miller	448
<i>M. T. Tinoco, M. R. Martins & J. Cruz-Morais</i>	
Comportamento celular e resposta antioxidante diferenciados de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e de <i>Saccharomyces chevalieri</i> ao metavanadato de amónio	455
<i>R. Ferreira, I. Alves-Pereira, S. Magriço & C. Ferraz-Franco</i>	

HORTICULTURA MEDITERRÂNICA: COMPLEMENTARIDADE INVESTIGAÇÃO/INOVAÇÃO

A influência da poda mecânica na produção e na eficiência da colheita da azeitona por vibração	467
<i>A. B. Dias, J. O. Peça, L. Santos & A. Pinheiro</i>	
Estudo histológico sobre a formação de raízes adventícias em estacas caulinares de oliveira (<i>Olea europaea</i> L.)	476
<i>A. Peixe, M. Serras, C. Campos, M^a. A. Zavattieri & M^a. A. S. Dias</i>	
La embriogénesis somática como vía de regeneración clonal de especies forestales mediterráneas	483
<i>C. Celestino, I. Hernández, E. Carneros, D. López-Vela, J. Jiménez, J. Alegre, A. Vieira-Peixe, A. Zavattieri & M. Toribio</i>	
Quantificação dos níveis endógenos de auxinas e da actividade enzimática das polifenoloxidasas em oliveira (<i>Olea europaea</i> L.)	491
<i>C. Serra, R. Antunes, H. Hegewald, C. Costa, A. P. Pinto & A. Peixe</i>	
Caracterização do enraizamento da beterraba sacarina (<i>Beta vulgaris</i> L.) num solo de aluvião.	500
<i>C. M. Toureiro, F. C. Brasil, M. R. Oliveira & R. P. Serralheiro</i>	
Metabolitos secundários como fontes de bioherbicidas: situação actual e perspectivas	510
<i>L.S. Dias & A.S. Dias</i>	
Luta biotécnica contra as principais pragas da nogueira	518
<i>M. I. Patanita</i>	
Utilização de fotografia hemisférica na determinação do índice de área foliar de oliveiras jovens (<i>Olea europaea</i> L.)	527
<i>M. P. Simões, C. Pinto-Cruz, A.F. Belo, L.F. Ferreira, J.P. Neves & M.C. Castro</i>	
Dinâmica de nemátodes fitoparasitas e sua relação com alguns parâmetros físico-químicos do solo durante o cultivo de beterraba sacarina	535
<i>P. Barbosa, P. Vieira & M. Mota</i>	
Olival superintensivo - realidade ou utopia?	546
<i>R. De la Rosa, L. León, N. Guerrero, L. Rallo & D. Barranco</i>	

NOTA EDITORIAL

Este número especial da Revista de Ciências Agrárias (RCA) reúne um conjunto de artigos resultantes de comunicações apresentadas nas Jornadas Científicas do ICAM_2005 (Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas) realizadas na Universidade de Évora, em Dezembro de 2005.

As referidas Jornadas foram dedicadas à *"Inovação Tecnológica nos Sistemas Agrícolas Mediterrânicos"* e dividiram-se em 4 temas: (1) Novas Tecnologias de Engenharia nos Sistemas Agrícolas; (2) Sistemas Agro-Silvopastoris na Região Mediterrânica: Novos Desafios; (3) Produtos Alimentares Mediterrânicos: Da Tradição à Inovação; (4) Horticultura Mediterrânica: Complementaridade Investigação/Inovação. No total foram apresentadas 16 comunicações orais por oradores convidados e 102 comunicações em painel. Para publicação foram submetidos 61 artigos, 56 dos quais foram incluídos nesta edição especial da RCA.

O presente número da RCA reveste-se de duas especificidades que nos apraz salientar. A primeira é o seu carácter inédito, uma vez que se trata das primeiras Jornadas Científicas do ICAM abertas à comunidade científica em geral. A segunda resulta do reconhecimento de que a RCA será a revista científica nacional que melhor abarca a diversidade de especialidades compreendidas nestas Jornadas, conforme se pode verificar no presente número. Agradecemos, pois, à Direcção da Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal a boa receptividade que deu à nossa proposta para que a presente publicação constituísse um número especial da RCA.

Num esforço para implementar procedimentos de arbitragem científica ("peer review"), cada artigo submetido para publicação foi avaliado, pelo menos, por dois especialistas na respectiva área. É de toda a justiça referir que as práticas adoptadas neste processo editorial se basearam nos procedimentos iniciados pelo Prof. Manuel Madeira, do Instituto Superior de Agronomia, para publicação, também na RCA, das comunicações apresentadas nos Encontros Anuais e Congressos da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo (SPCS).

Esta publicação resulta do trabalho e da colaboração de muitas pessoas, desde a fase inicial de organização das Jornadas até à fase da sua distribuição. Aproveito este espaço para agradecer a todos os autores e membros da comissão científica ("referees") a colaboração prestada e a compreensão por alguns atrasos difíceis de evitar. Atendendo à diversidade dos temas, o processo de arbitragem só foi possível com o empenhamento dos coordenadores das 4 unidades do ICAM: Prof. Ricardo Serralheiro, Prof. Alfredo Gonçalves Ferreira, Prof.^a Ofélia Bento e Prof.^a Ivone Clara, respectivamente do Tema 1 ao Tema 4.

Em nome pessoal e da Comissão Organizadora das Jornadas expresso agradecimentos à Eng.^a Cláudia Marques e à Eng.^a Doroteia Campos pela colaboração empenhada na organização e secretariado de todo o processo de publicação, bem como ao Eng. Técnico Paulo Marques, colaborador habitual da SPCS, pelo seu empenho e profissionalismo no trabalho de edição final. À Directora do ICAM, Prof.^a Maria do Rosário Oliveira e ao coordenador da Comissão Organizadora das Jornadas, Prof. Lúcio dos Santos, também os meus agradecimentos pelo apoio demonstrado ao longo deste processo. Uma referência ainda a todas as entidades financiadoras pelo seu contributo para a realização das jornadas e, no caso da FCT (Programa POCI), também para este número especial da RCA.

Carlos Alexandre
(Membro do ICAM)

NOTA INTRODUTÓRIA

Extracto da intervenção da Directora do ICAM na sessão de abertura das Jornadas

A iniciativa do Conselho Directivo do ICAM de realizar estas jornadas científicas, subordinadas ao tema Inovação Tecnológica nos Sistemas Agrícolas Mediterrânicos, prendeu-se com o facto de, em vias de se completar o triénio do último projecto que apresentámos à FCT para financiamento plurianual, considerarmos de grande importância a divulgação, a nível nacional, do trabalho que foi desenvolvido pelo ICAM nesse período.

Pareceu-nos relevante a opção por este tipo de evento, de carácter nacional, em lugar de apenas promover ou facilitar as mais habituais participações individuais em eventos no estrangeiro. Facilita-se aqui, esperamos, a troca de experiências e conhecimentos e a promoção de novas colaborações com equipas que, a nível nacional, desenvolvem investigação em áreas semelhantes ou complementares. Facilita-se assim, supõe-se também, a extensão universitária da investigação do ICAM e a divulgação do conhecimento gerado, junto daqueles que, a nível nacional, serão os seus utilizadores finais. Esta vertente extensionista ou de transferência tecnológica para os utilizadores impõe-se também, com relevo, numa altura em que a inovação tecnológica é tão reconhecida como motor do Desenvolvimento do País. Assim também acontece com a Agricultura Portuguesa, e o ICAM assume aí o seu papel.

De facto, o Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM) da Universidade de Évora, que hoje tem cerca de 130 membros, 70 dos quais doutorados, representa, a nível nacional, um dos maiores centros de investigação na área das Ciências Agrárias. Apresentando uma larga abrangência científica e multidisciplinaridade evidente, o ICAM está, fruto de recente reorganização, estruturado em quatro "Unidades Organizadas de Investigação" (UOI) e uma unidade especial de divulgação e inovação tecnológica. As Unidades, correspondendo aos 4 grandes domínios das Ciências Agrárias que melhor se identificam na actividade de investigação do ICAM, são as seguintes: Ciências e técnicas da engenharia nos sistemas agrícolas; Sistemas agro-silvo-pastoris; Alimentos, tecnologia e segurança alimentar e Horticultura mediterrânica.

Ao longo de vinte e cinco anos de investigação em Ciências Agrárias, a Universidade de Évora e o seu Instituto de Investigação (ICAM) contribuíram de um modo relevante para o desenvolvimento de aspectos essenciais da Agricultura.

Saliento, sem ser exaustiva, os seguintes aspectos:

- Os estudos para a caracterização e evolução do Montado,
- O desenvolvimento da vitivinicultura e da olivicultura do Alentejo,
- A caracterização e certificação de produtos da região, como o vinho, o presunto de Barrancos, os queijos de Évora e Serpa e a ameixa de Elvas.
- A inovação tecnológica ao nível da preparação do solo, com técnicas culturais como a mobilização mínima e a sementeira directa
- A inovação tecnológica ao nível de sistemas de rega, drenagem e conservação do solo e da água nas condições do Alentejo.
- A adaptação e o desenvolvimento de novas máquinas e equipamentos agrícolas, contribuindo para o desenvolvimento de novas tecnologias nas operações culturais.
- A utilização dos recursos alimentares das pastagens e forragens, assim como das potencialidades das raças autóctones, de forma a preservar a qualidade do produto final, como é

hoje reconhecida a qualidade da carne dos bovinos de raça Mertolenga ou dos porcos Alentejanos e seus produtos conservados.

- A procura de soluções alternativas para a agricultura Alentejana, como as culturas energéticas, as plantas aromáticas ou a utilização de alimentos tradicionais como alimentos funcionais.

No ICAM, é cada vez mais relevante a preocupação com a integração ambiental da agricultura, com o harmonizar do desenvolvimento agrícola e do mundo rural com o ambiente, harmonização que é, como sabemos, o pilar da sustentabilidade do referido desenvolvimento.

Em muitos casos, é investigação de muita qualidade científica a que se está a fazer, sem contudo nunca deixar de se ter uma preocupação acentuada com a utilidade e a aplicabilidade a curto prazo dos resultados da investigação ao desenvolvimento tecnológico.

No ICAM temos consciência que o resultado da avaliação, que determina o financiamento que nos é concedido, depende fundamentalmente do aumento significativo da nossa publicação científica. Com esse objectivo promoveu-se a maior coerência entre investigadores, objectivos e programas, de modo a estruturar equipas fortes, com competência para gerar bons resultados científicos. Por outro lado, procurámos a correcta identificação das áreas de investigação preferenciais ou prioritárias, de onde pudessem vir a originar-se verdadeiras áreas de excelência do ICAM. Em simultâneo, não podia este Instituto deixar de contribuir para o desenvolvimento regional, através do crescimento das capacidades científicas e tecnológicas no Alentejo.

Importa salientar que a maior parte da investigação científica do ICAM decorre no quadro de projectos financiados pela FCT ou pela Comunidade Europeia e que as Universidades, com os cortes orçamentais que têm sofrido, não têm possibilidade de financiar os seus centros de investigação. Estes constrangimentos são ainda mais marcantes na área científica das Ciências Agrárias. A investigação experimental nesta área implica equipamento e infra-estruturas caras mas, ao contrário do que acontece em outras áreas, a participação das empresas na investigação é irrelevante. Precisamos de mais programas que suportem a nossa capacidade de produzir e publicar conhecimento científico útil ao nosso Desenvolvimento. São urgentes medidas que passam também pela criação de programas de incentivo aos jovens investigadores.

Para estas jornadas, a escolha dos temas prendeu-se com os quatro domínios em que os membros do ICAM desenvolvem investigação, promovendo-se a discussão e a troca de experiências, essencial para a pretendida Inovação Tecnológica nos Sistemas Agrícolas Mediterrânicos, tema das nossas jornadas.

Há que salientar o bom acolhimento que esta iniciativa teve dentro da comunidade científica e não só, o qual se traduz pelo elevado número de participantes inscritos.

Um agradecimento é devido a todos os participantes e entre estes, de forma especial, aos oradores convidados, que acederam em dar, com as suas experiências, um contributo de especial valor para estas Jornadas.

Agradece-se também o apoio que nos foi dado pelas várias entidades que tiveram a gentileza de patrocinar esta nossa iniciativa.

Por último, uma palavra de muito apreço para a comissão organizadora destas jornadas, presidida pelo Prof. Lúcio Santos, que desde a primeira hora abraçaram esta ideia de forma entusiástica.

Maria do Rosário Gamito de Oliveira
Directora do ICAM

TECNOLOGIAS DE ENGENHARIA NOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

Cartografia de solos à escala da exploração agrícola: aplicação a um ensaio de olival

Detailed soil mapping: a case study for an olive grove trial

C. Alexandre^{1, 2} & T. Afonso³

RESUMO

Este artigo visa mostrar: (i) as limitações da Carta de Solos de Portugal para uso a escalas superiores a 1:50.000; (ii) a importância do conhecimento sobre os solos numa exploração agrícola como factor de produtividade; (iii) um exemplo de estudo de solos, abrangendo uma área de 35 ha, dos quais 27 ha são ensaios de um "Olival Novo" da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo no concelho de Moura (Lameirões). Procedeu-se a uma amostragem regular na escala 1:7.500, que envolveu 55 sondagens manuais e 24 sondagens mecânicas servindo estas para a caracterização analítica do solo. Verifica-se uma grande diversidade de solos, tendo-se identificado 22 famílias da Classificação dos Solos de Portugal (CSP 1974) e 26 unidades-solo da "World Reference Base for Soil Resources" (WRBSR 2006). Para atingir cerca de 50% dos 35 ha cartografados são necessárias pelo menos 5 famílias da CSP (Bac, Bc, Vc', Vcx, Bca) ou 5 unidades da WRBSR (VR.ha(ca), VR.ha(eu), RG.ha(ca), CM.vr(ca,cr), LV.ha(skp,cr), legendas em anexo). Apesar do menor detalhe da sua escala, a Carta dos Solos de Portugal (1:50.000) reflecte a

grande variedade de solos na área em estudo assinalando 8 famílias. Contudo, as famílias referidas como mais abundantes (Sr, Vc e Vcm, respectivamente LV.ha(cr), RG.ha(ca) e LV.vr(cr)) não correspondem às que são identificadas neste trabalho: Barros Pardos (Bac e Bc) e Solos Calcários Vermelhos Para-Barros (Vc'), ou seja, VR.ha(ca), VR.ha(eu) e CM.vr(ca,cr). Esta discrepância revela que a Carta de Solos de Portugal subavalia a qualidade de alguns solos desta área, e evidencia as limitações do seu uso para objectivos que exigem escalas superiores. Apesar da grande maioria dos solos do "Olival Novo" apresentar elevada capacidade de troca catiónica ($>20 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$) existem também solos com algumas limitações importantes, em especial por elevada compactação, risco de saturação prolongada com água, elevado teor de calcário ($\text{CaCO}_3 > 250 \text{ g kg}^{-1}$), elevado pH ($>8,5$) e baixo teor de fósforo extraível ($\text{P}_2\text{O}_5 < 50 \text{ mg kg}^{-1}$). A análise dos futuros resultados dos ensaios do olival deverá considerar a possível influência da intersecção espacial do padrão regular, geométrico, das parcelas com o padrão irregular das limitações do solo.

¹ Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora; ² Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM); e-mail: cal@uevora.pt; ³ Colaboradora no Projecto AGRO n°298.

ABSTRACT

This paper aims to show: (i) the limitations of the information available by the “Carta dos Solos de Portugal” for use at scales greater than 1:50.000, (ii) the importance of basic soil knowledge at farm scale as a main productivity factor, (iii) a case study for soil survey of an area of 35 ha, including 27 ha of an olive grove trial set up (“Olival Novo”), located on a farm of the “Direcção Regional de Agricultura do Alentejo” (Lameirões), eastern of Moura. Soil observations were based on a regular sampling at a scale of 1:7.500, using manual and mechanical probes for 55 and 24 sampling points, respectively. The studied area reveals great soils diversity – 22 families of the “*Classificação dos Solos de Portugal*” (CSP 1974), and 26 units of the World Reference Base for Soil Resources (WRBSR 2006) were identified. To get 50% of the mapped 35 ha is necessary to add up 5 CSP families (Bac, Bc, Vc', Vcx, Bca), or 5 WRBSR soil-units (VR.ha(ca), VR.ha(eu), RG.ha(ca), CM.vr(ca,cr), LV.ha(skp,cr) (see appendix for codes description). In spite of the low mapping scale used, the “Carta dos Solos de Portugal” (1:50.000) reflects the soil diversity on the study area identifying 8 soil families. However, the more abundant families referenced (Sr, Vc and Vcm, respectively LV.ha(cr), RG.ha(ca) and LV.vr(cr)) do not match with those identified on this study (mainly Bac, Bc, Vc' or VR.ha(ca), VR.ha(eu), CM.vr(ca,cr)). This difference suggests that the “Carta dos Solos de Portugal” underestimates the quality of some soil units of this area. Although the majority of the soils in the “Olival Novo” area shows high cation exchange capacity ($>20 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$), some of them also show one or more of the following limitations: compaction, water saturation, extremely calcareous ($\text{CaCO}_3 > 250 \text{ g kg}^{-1}$), high pH

($>8,5$) and low levels of phosphorous ($\text{P}_2\text{O}_5 < 50 \text{ mg kg}^{-1}$). Analyses of the future results of the ongoing olive trials should also take into account the effect of the spatial intersection between the geometrical distribution of the plots and the irregular spatial distribution of the soil limitations.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade do solo é um requisito indispensável, embora não suficiente, para garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, florestal e pecuária. Em qualquer sistema produtivo, o conhecimento sobre o solo é essencial para a busca de práticas que melhor compatibilizem a rentabilização dos processos produtivos com a minimização dos processos de degradação deste recurso. A diversidade do solo e, em geral, a sua enorme variabilidade em pequenas áreas, fazem com que toda a informação recolhida sobre os solos contribua para a valorização do património natural de um território, seja um país, uma região ou uma exploração.

A Carta de Solos de Portugal na escala 1:50.000, a mais abrangente a sul do rio Tejo, apresenta uma escala adequada ao planeamento regional do uso da terra, mas é insuficiente para uma gestão à escala da exploração ou da parcela. Por outro lado, uma das suas grandes limitações consiste na escassez de dados analíticos para a caracterização das unidades pedológicas definidas (SPCS, 2005). Nestas condições, a realização de um estudo detalhado de solos em sistemas que exigem investimentos mais avultados, como é o caso de projectos de regadio e do exemplo aqui proposto para um ensaio em olival, tem de ser visto também como um investimento não dispensável. Uma base de dados georreferenciada com a delimita-

ção e a caracterização analítica das unidades solo deve ser um instrumento de gestão fulcral para a rentabilização de todo o investimento realizado.

Tradicionalmente a cartografia de solos baseia-se numa representação corocromática em que polígonos da mesma cor representam áreas consideradas de igual valor, seja uma unidade solo ou um atributo específico do solo. Em alternativa, especialmente para certos atributos do solo, é possível a representação em mapas contínuos, obtidos a partir de matrizes de valores, ou ainda, a representação em mapas de isolinhas, linhas que unem pontos com igual valor (Burrough & McDonnell, 1998).

Aproveitando as capacidades dos sistemas de informação geográfica (SIG), os mapas contínuos (matriciais) permitem uma representação mais realista da variabilidade do solo, por integração de diferentes variáveis, envolvendo a aplicação de diversas metodologias quantitativas, por exemplo, conjugando a interpolação geoestatística de algumas características do solo, determinadas em perfis ou sondagens, com estimativas obtidas a partir de regressões entre variáveis edáficas e variáveis do clima, do relevo, da litologia ou de outros factores de formação do solo (McBratney *et al.*, 2003). Contudo, uma das limitações frequentes neste tipo de abordagem reside na necessidade de uma maior densidade de amostragem, em particular quando não se dispõe de dados analíticos prévios. O mapeamento contínuo da variabilidade do solo em pequenas áreas de relevo ondulado e diversos materiais originários, como sucede com frequência no Alentejo, acentua ainda mais a necessidade do adensamento da amostragem devido ao elevado potencial de variação das características do solo em muito curtas distâncias. Em compensação, é também nestas condições de variações bruscas em curtas distâncias que os limites dos polí-

gonos usados na cartografia tradicional melhor reflectem a realidade. Apesar disso, o aumento da densidade de observações é a única alternativa para melhorar o conhecimento da variabilidade interna de cada unidade cartográfica.

A grande variabilidade do solo, por um lado, e os custos inerentes à amostragem e à determinação analítica da maioria das variáveis edáficas, por outro, justificam que se deva considerar a cartografia de solos como um processo iterativo de longo prazo. A realização de novas observações na mesma área permite não só adensar a amostragem, mas também aprofundar e corrigir o quadro descritivo anterior aproximando-o da realidade. Nesta perspectiva é indispensável que toda a informação pedológica recolhida seja preservada em bases de dados geográfica e temporalmente referenciadas.

Este artigo visa mostrar: (i) as limitações da informação disponível na Carta de Solos de Portugal para uso a escalas superiores a 1:50.000; (ii) a importância do conhecimento sobre os solos numa exploração agrícola como factor de produtividade; (iii) um exemplo de estudo de solos, aplicado a uma área de ensaios de olival da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo, concelho de Moura, apresentando-se uma caracterização sumária dos solos e das suas limitações.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo realizou-se na Herdade dos Lameirões, da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo, em Safara, concelho de Moura (Figura 1A). A área total de referência, representada nas Figura 1B, 2 e seguintes, atinge cerca de 42 ha, abrangendo a área cartografada cerca de 35 ha, dos quais 27 ha correspondem às parcelas de ensaios do “Olival Novo” (Figura 2). Trata-se de uma

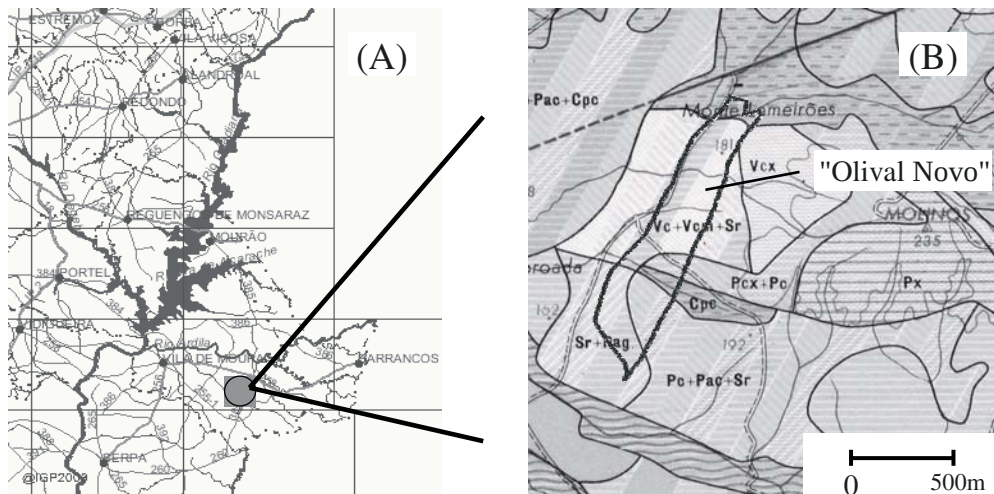


Figura 1 – Localização geográfica da área do estudo (A) e localização na Carta dos Solos de Portugal na escala 1:50.000 (B)

área alongada na direcção NE-SW, cortada por várias linhas de água, afluentes da ribeira de Toutalga, segundo a direcção transversal (SE-NW), direcção da inclinação dominante, com declives que oscilam entre os 2 e os 6% (Figura 2). Devido à inserção das linhas de água existem várias encostas com exposição NE e SW, de pequena extensão mas, algumas delas, com declives máximos que atingem valores entre 15% e 20%. A altitude varia entre 175 e 187 m.

De acordo com a carta geológica da Amareleja, ainda em elaboração (Martins, 2006), cerca de 2/3 da área em estudo, mais a norte, correspondem ao complexo vulcano sedimentar de Moura (Xistos de Moura) datado do Paleozóico (Devónico). O terço sul da área apresenta três tipos de coberturas sedimentares: arenitos da Amareleja (Miocénico), interrompidos por uma mancha de conglomerados de Monte Coroado (Pliocénico) na cumeada da colina mais alta desta área e, ainda, conglomerados de Toutalga (170-180m) (Plistocénico) numa pequena

faixa já no exterior do limite sul da área cartografada, correspondendo a um antigo terço fluvial da ribeira de Toutalga.

Com base nas observações realizadas, verificou-se que, mesmo nos 2/3 da área em estudo situados mais a norte, são frequentes as coberturas sedimentares, predominando em toda a área estudada os depósitos de textura fina, com frequência argilosos, calcários, por vezes associados a xistos, em especial nas zonas de cumeada e de encosta. Os conglomerados de Monte Coroado distinguem-se pela sua heterometria e elevada proporção de elementos grosseiros, podendo corresponder ao que se tem designado por “rañas” (Martins, 2006).

Segundo a Carta de Solos de Portugal, a área do “Olival Novo” abrange 5 unidades cartográficas, das quais 4 são complexos de famílias (Figura 1B). Tem largo predomínio a unidade Vc+Vcm+Sr, seguida pela Sr+Pag e Pc+Pac+Sr e, com muito menor representatividade, ainda a Pcx+Pc e Cpc (legenda em anexo). É de salientar a grande

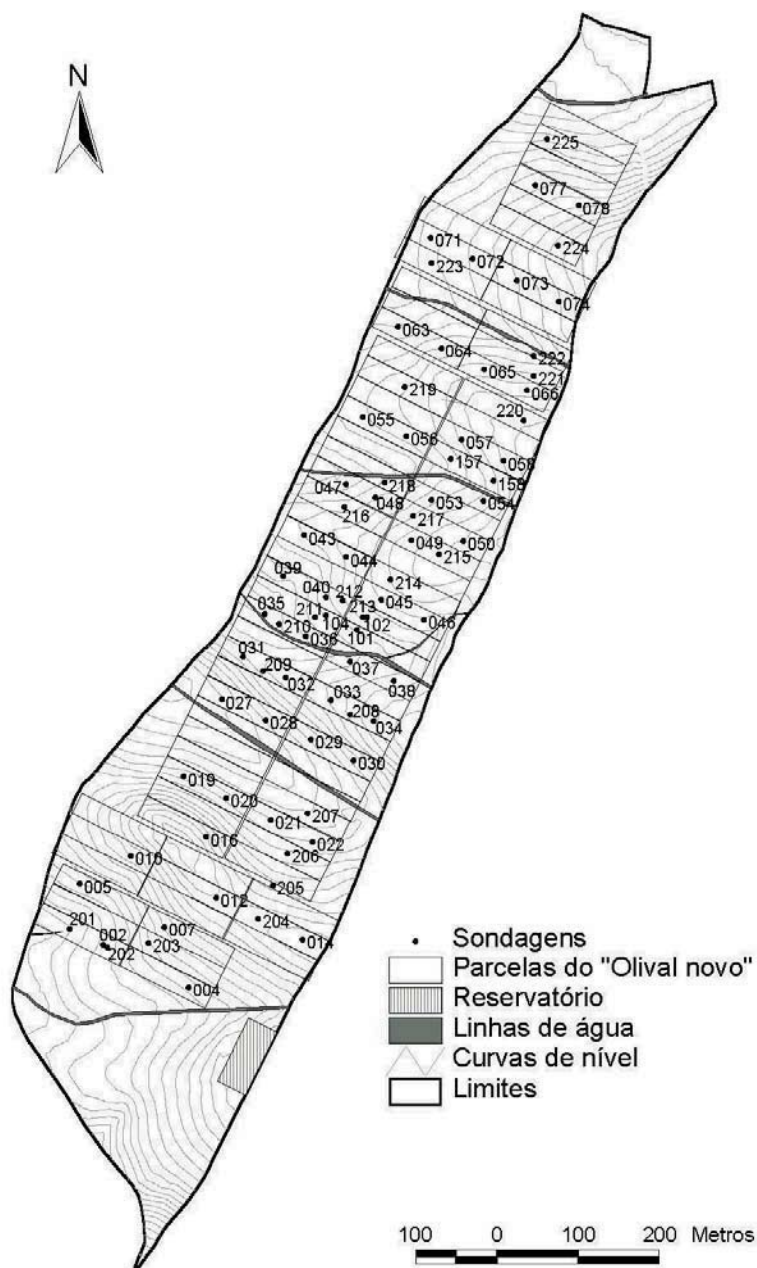


Figura 2 – Parcelas e sondagens realizadas nos solos da área do “Olival Novo”. A área representada tem 42 ha, a área do estudo de solo (parcelas e áreas adjacentes) 35 ha e as parcelas totalizam cerca de 27 ha

diversidade de solos, com um total de 8 famílias referenciadas, em que se destacam a Sr, Vc e Vcm, seguidas pela Pag e Pac e, por último, a Cpc, Pcx e Pc.

Dada a instalação dos ensaios do olival, optou-se pela realização de sondagens para evitar grandes perturbações no terreno. Com base numa densidade de prospecção para a escala 1:7.500 realizaram-se 79 sondagens, 55 manuais e 24 mecânicas (Figura 2). Fez-se a amostragem regular de toda a área, com sonda manual e, numa segunda fase, a amostragem com sonda mecânica, em locais seleccionados, com vista a uma melhor caracterização analítica dos solos mais representativos. Em todos os casos procedeu-se a uma descrição morfológica sumária do solo, baseada nas normas da FAO (1990), com as restrições inerentes à descrição a partir de sondagens.

A textura do solo foi obtida por sedimentimetria com raio-X e correcção para a análise mecânica (Alexandre *et al.*, 2001) sem destruição de carbonatos. A massa volúmica aparente foi determinada pelo método do cilindro nas amostras extraídas com sonda mecânica. As determinações analíticas seguiram métodos de referência para a análise de solos (Póvoas & Barral, 1992; van Reeuwijk, 2002; Burt, 2004): combustão seca para o carbono e o azoto total, acetato

de amónio a pH 7 para as bases extraíveis e a capacidade de troca catiónica, electrometria para os nitratos, Egnér-Riehm (lactato de amónio) para o fósforo e potássio extraíveis e calcímetro para os carbonatos.

Os solos foram identificados segundo a Classificação dos Solos de Portugal (CSP) (Cardoso, 1974) e a World Reference Base for Soil Resources (WRBSR) (FAO, 2006a).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização sumária das principais unidades pedológicas

A área do “Olival Novo” apresenta uma grande diversidade de solos. Considerando os níveis taxonómicos superiores estão representadas 4 Ordens (8 Subordens) da CSP (Cardoso, 1974): Solos Incipientes (subordem Coluviossolos), Solos Calcários, Barros e Solo Argiluvitados, representando as 2 primeiras cerca de 75% dos 35 ha em estudo (Quadro 1). Pela WRBSR (FAO, 2006a) temos também 4 Grupos-Solo de Referência: Vertissolos, Luvisolos, Cambissolos e Regossolos, em que os 3 primeiros representam mais de 80% da área total (Quadro 1).

QUADRO 1 – Representação das Ordens de solos da CSP (1974) e das unidades de referência da WRBSR (2006) na área do “Olival Novo”

Ordens da CSP (1974)				Grupos-Solo Referência da WRBSR (2006)			
Ordens	Área (m ²)	Área (%)	Acum. (%)	Grupos-Solo	Área (m ²)	Área (%)	Acum. (%)
Barros	163.409	46,3	46,3	Vertissolos	163.409	46,3	46,3
Solos Calcários	103.616	29,3	75,6	Luvisolos	64.259	18,2	64,5
Solos Argiluvitados	65.291	18,5	94,1	Regossolos	59.915	17,0	81,4
Coluviossolos	15.433	4,4	98,4	Cambissolos + Regossolos	36.063	10,2	91,6
Coluvio. + Argiluv.	5.498	1,6	100,0	Cambissolos	24.103	6,8	98,4
				Regossolos + Luvisolos	5.498	1,6	100,0
Total:	353.247	100		Total:	353.247		

Nos níveis taxonómicos mais baixos, foram identificadas 22 Famílias da CSP (Figura 3) verificando-se uma distribuição relativamente equilibrada, o que obriga a considerar 5 famílias das mais abundantes (Bac e Bac(rec), Bc, Vc', Vcx, Bca) para chegar aos 50% da área total e mais 4 (Sr, Pc, Pcx, Bpca) para atingir os 75% (contando com 4,4% de Vcx, 1,2% de Pcx e 0,8% de Pc, não incluídos no Quadro 2).

Pela WRBSR assinalam-se 26 unidades (Figura 4), sendo necessário considerar também as 5 unidades mais abundantes para se atingir mais de 50% da área total (VR.ha(ca), VR.ha(eu), RG.ha(ca), CM.vr(ca,cr) e LV.ha(skp,cr). São necessárias mais 4 (VR.ha(he,pe), VR.ha(he,nv), VR.ha(he) e VR.ha(ca,cr)) para ultrapassar os 75% da área em estudo (Quadro 2). As designações completas das famílias de solo da CSP e das unidades da WRBSR encontram-se em anexo.

No Quadro 3 apresentam-se os dados analíticos de alguns perfis considerados representativos (localização na Figura 2). De um

modo geral podemos afirmar que predominam os solos de espessura inferior a 1 m, de textura fina, frequentemente argilosa ou argilo-limosa, em muitos casos com presença de carbonatos, com baixo teor em carbono orgânico mas com média a elevada capacidade de troca catiónica, com elevado grau de saturação em bases, mesmo nos solos sem carbonatos, em geral com grande predomínio do Ca como base de troca, embora em alguns casos seja evidente uma proporção significativa de Na e de Mg. Há um largo predomínio dos valores de pH alcalinos e um contraste marcado entre os elevados teores de potássio e os baixos teores de fósforo extraíveis.

Das 8 famílias assinaladas na Carta de Solos de Portugal para a área em estudo, apenas a família Pag não foi identificada no presente trabalho. Em contrapartida, o aumento da densidade da amostragem levou à identificação de outras 15 famílias de solos da CSP, por ordem taxonómica: Sb, Sba, Sbac, Sbc, Vcx, Vc', Bpca, Bac, Bca, Bc, Bvca, Bva, Px, Pagx e Vx. Várias destas

QUADRO 2 – Representação das Famílias de solos da CSP (1974) e das unidades da WRBSR (2006) mais abundantes na área do “Olival Novo” (ver legenda em anexo)

Famílias da CSP (1974)				Subunidades da WRBSR (2006)			
Fam. & complexos	Área (m2)	Área (%)	Acum. (%)	Subunid. & complexos	Área (m2)	Área (%)	Acum. (%)
1 Bc+Bca+Bac(rec)*	46.012	13,0	13,0	1 VR.ha(ca)+VR.ha(eu)	46.012	13,0	13,0
2 Bac	41.657	11,8	24,8	2 RG.ha(ca)	40.543	11,5	24,5
3 Vcx+Vc'	36.036	10,2	35,0	3 CM.vr(ca,cr)+RG.ha(ca)	36.036	10,2	34,7
4 Sr	32.364	9,2	44,2	4 LV.ha(skp,cr)	32.364	9,2	43,9
5 Bc	25.212	7,1	51,3	5 VR.ha(he,pe)	21.345	6,0	49,9
6 Pc+Pcx	23.805	6,7	58,1	6 VR.ha(ca)	20.105	5,7	55,6
7 Bpca	21.345	6,0	64,1	7 CM.vr(ca,cr)	19.296	5,5	61,1
8 Vc'	19.296	5,5	69,6	8 VR.ha(he,nv)	18.695	5,3	66,4
9 Bva	17.648	5,0	74,6	9 VR.ha(he)	18.636	5,3	71,6
10 Pac	15.893	4,5	79,1	10 VR.ha(ca,cr)	17.648	5,0	76,6
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
Totais:	353.247	100,0		Totais:	353.247	100,0	

* Em alguns casos a família Bac apresenta-se recarbonatada (rec) na camada superficial.

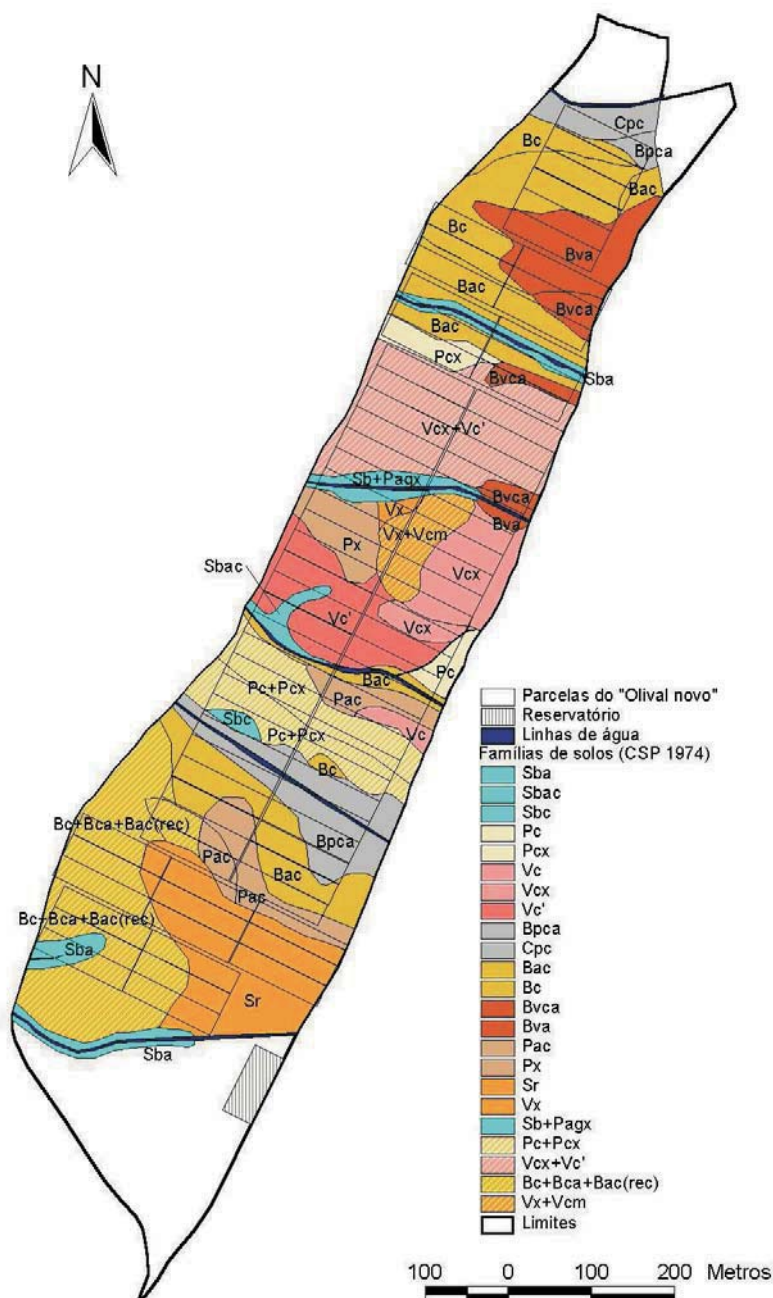


Figura 3 – Famílias da Classificação dos Solos de Portugal (1974) observadas na área do "Olival Novo". Famílias da mesma subordem estão representadas com a mesma cor

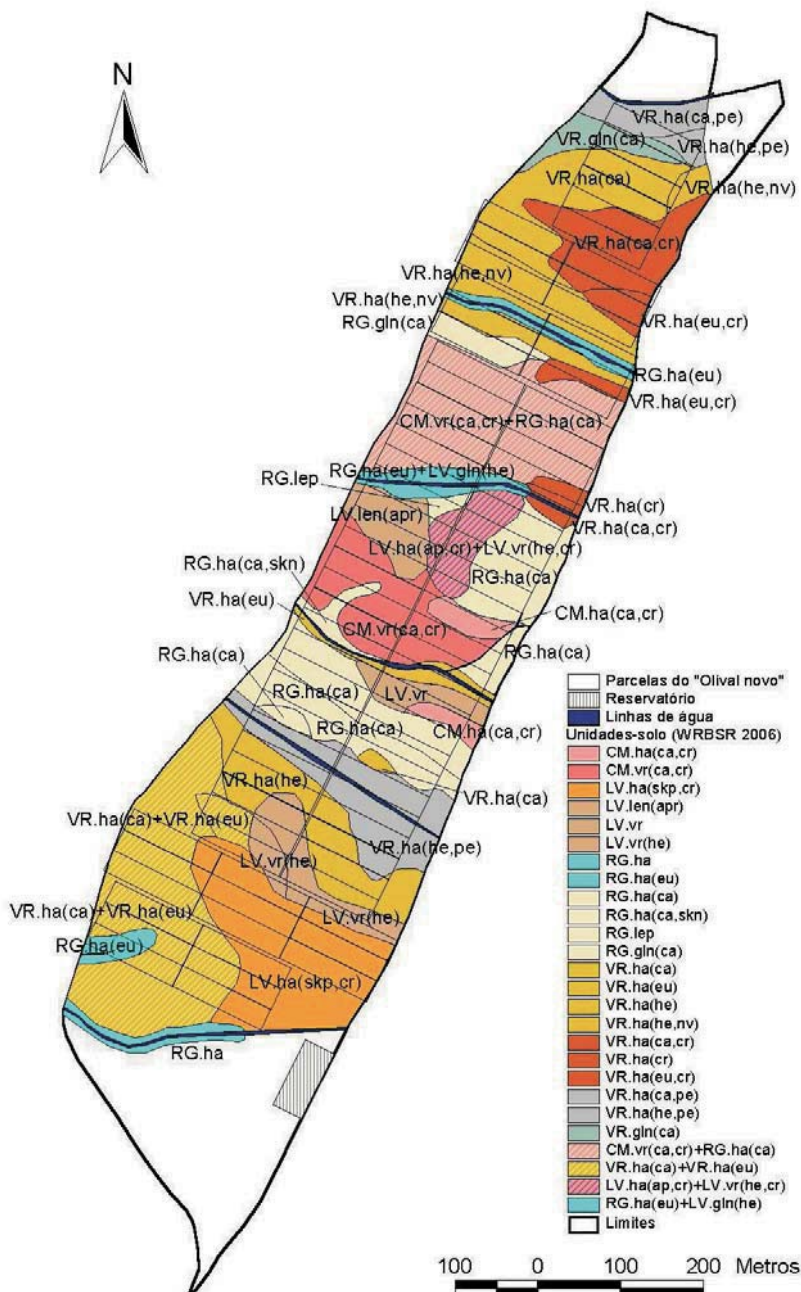


Figura 4 – Unidades da WRBSR (2006) observadas na área do “Olival Novo”. Grupos-Solo de Referência com qualificadores principais e secundários

QUADRO 3 – Dados analíticos de perfis selecionados da área do “Olival Novo” (no mínimo até à primeira camada do material originário)

Ref.	Horiz.	Lim. Infer.	Textura					pH (H ₂ O)	Bases extraíveis e CTC					GSB	Na+Mg		P e K extraív.							
			EG g kg ⁻¹	AG	AF	L	G		C	N	C/N	Ca	Mg		K	Na	CTC	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaCO ₃ g kg ⁻¹			
																						ρ _{ap} Mg m ⁻³	%	%
201	Ap	25	147	260	385	112	243	FGA	1,61	6,8	0,7	0,10	6,6	10,9	3,8	0,3	0,4	19,6	78	38,4	33	30	148	-
	C1**	49	109	219	304	114	363	FG	1,82	6,8	0,3	0,07	4,4	12,0	6,3	0,3	0,8	22,2	87	58,6	16	4	138	-
202	Apk1	8	68	145	196	18	641	G	1,50	8,1	1,3	0,13	9,4	39,4	2,0	0,9	0,2	30,9	100	5,6	19	106	400	124
	Apk2	22	153	147	272	188	394	FG	1,59	8,3	1,0	0,10	9,6	33,5	1,8	0,4	0,2	27,2	100	5,9	4	32	166	130
	B	34	78	137	244	155	464	G	1,50	8,3	0,7	0,09	7,7	28,6	2,2	0,4	0,2	36,8	85	8,4	5	14	154	-
	BC	50	71	142	250	145	462	G	1,47	8,2	0,4	n.d.	-	27,0	2,5	0,4	0,3	34,4	88	10,2	n.d.	8	170	-
	Ck1	70	41	82	148	266	504	GL	1,60	8,6	0,4	n.d.	-	39,8	2,5	0,4	0,2	27,3	100	6,8	n.d.	34	158	310
204	Ap1	7	447	334	272	126	268	FGA	1,29	6,6	1,6	0,14	11,4	34,5	2,9	0,6	0,2	14,9	100	8,9	65	78	390	-
	Ap2	26	413	309	267	127	297	FGA	1,76	6,6	0,6	0,10	6,4	22,9	3,3	0,2	0,2	14,2	100	15,5	41	14	116	-
	Bt	41	398	446	166	65	323	FGA	1,76	6,8	0,4	0,08	4,5	12,1	4,6	0,2	0,3	18,3	94	40,1	22	8	138	-
	BC	52	536	553	164	42	241	FGA	1,72	7,8	0,2	n.d.	-	12,9	4,8	0,2	0,4	22,8	80	40,2	n.d.	4	82	-
	2C	-	471	230	198	67	504	G	1,36	8,2	0,2	n.d.	-	10,3	4,3	0,2	0,8	24,5	63	49,0	n.d.	30	90	-
205	Ap	20	190	225	302	122	351	FG	1,35	7,4	1,0	0,12	8,9	18,2	3,2	0,4	0,2	21,4	100	19,0	12	26	160	-
	Ah	38	156	196	301	131	372	FG	1,56	7,6	0,7	0,10	7,7	27,1	4,0	0,3	0,2	24,6	100	15,3	8	10	156	-
	Bt	68	330	152	246	120	481	G	1,71	7,6	0,4	0,07	5,0	21,8	4,8	0,4	0,2	32,4	84	22,9	14	4	168	-
	Ck1	79	60	139	253	145	463	G	1,56	8,3	0,4	n.d.	-	26,1	4,1	0,3	0,3	27,3	100	16,6	n.d.	12	136	61
207	Ap	23	79	207	305	160	327	FG	1,51	8,4	1,1	0,14	8,1	18,2	9,6	0,5	1,3	32,0	92	59,8	9	88	194	-
	C1	50	72	176	265	154	404	G	1,38	8,7	0,6	0,08	7,9	21,4	13,3	0,5	1,3	33,8	100	68,1	10	12	184	-
	C2	78	81	148	200	144	508	G	1,47	8,9	1,1	0,06	18,3	21,7	17,9	0,5	1,5	37,9	100	71,5	20	8	164	-
	Ck1	97	40	110	159	106	624	G	1,57	9,1	0,3	n.d.	-	46,0	13,3	0,3	1,0	28,6	100	31,1	n.d.	6	138	407
208	Ap1	8	201	171	160	467	202	FL	1,24	8,5	1,3	0,15	8,9	43,4	0,9	0,8	0,1	17,8	100	2,5	25	56	420	407
	Ap2	17	164	138	228	374	260	FL	1,46	8,6	1,1	0,13	8,3	45,1	0,8	0,5	0,2	16,8	100	2,2	21	40	198	385
	AC	32	n.d.	152	256	320	272	FGL	1,40	8,6	0,9	0,12	7,7	43,8	0,8	0,4	0,2	15,7	100	2,3	15	34	172	423
	A/C	64	205	188	241	416	155	FL	1,46	8,6	0,6	n.d.	-	26,6	0,7	0,3	0,2	18,6	100	3,4	n.d.	34	140	510
	C1	90	176	227	298	372	103	FL	1,66	9,1	0,2	n.d.	-	33,0	0,9	0,1	0,2	11,9	100	3,2	n.d.	52	62	495
	C2	-	164	276	201	386	137	FL	n.d.	9,1	0,2	n.d.	-	29,5	11,5	0,1	0,4	15,0	100	40,3	n.d.	54	64	373
210	Ap1	17	77	161	157	507	175	FL	1,51	8,8	1,0	0,12	8,5	36,8	2,0	0,5	1,4	24,2	100	9,2	9	62	260	43
	Ap2	44	123	183	300	162	355	FG	1,51	8,4	0,7	0,09	7,2	46,1	2,9	0,3	1,2	22,2	100	9,0	19	18	166	41
	C1	58	100	162	149	269	420	GL	1,89	8,9	0,7	0,09	7,6	41,9	2,4	0,4	2,0	30,6	100	10,5	27	14	184	88
	C2/C3	68	527	293	156	124	427	G	1,56	8,8	0,6	n.d.	-	27,3	2,3	0,4	2,5	31,1	100	17,6	n.d.	14	152	132

QUADRO 3 – Dados analíticos de perfis seleccionados da área do “Olival Novo” (no mínimo até à primeira camada do material originário)

Ref.	Horiz.	Lim. Infer.	Textura					pH (H ₂ O)	pH	C	N	Bases extraíveis e CTC					Na+Mg		P e K extraív.						
			EG	AG	AF	L	G					Classe	ρ _{ap} Mg m ⁻³	C/N	Ca	Mg	K	Na	CTC	GSB	Na+Mg (%)	NO ₃ -----	P ₂ O ₅ -----	K ₂ O -----	CaCO ₃ g kg ⁻¹
211	Ap	17	157	198	170	251	381	FGL	1,26	8,6	1,0	0,12	8,4	39,6	0,9	0,7	0,2	26,0	100	2,9	16	48	332	161	
	Bw	38	174	225	165	266	344	FGL	1,32	8,7	0,8	0,11	7,0	40,1	0,9	0,5	0,2	29,2	100	2,8	14	32	292	171	
	C1	56	262	253	203	282	262	F	1,64	8,8	0,3	0,06	5,7	39,0	0,9	0,3	0,3	21,0	100	2,9	26	20	180	472	
	C2	72	372	369	143	15	472	GA	1,46	8,6	0,2	n.d.	-	23,6	0,9	0,2	0,3	16,3	100	5,1	n.d.	22	104	450	
214	Ap1	12	116	199	166	291	343	FGL	1,53	8,0	1,0	0,12	8,6	23,5	1,1	0,6	0,2	20,2	100	5,4	3	42	292	-	
	Ap2	31	150	195	164	239	402	GL	1,25	8,3	0,8	0,10	7,9	32,4	1,3	0,4	0,2	20,9	100	4,5	3	22	170	-	
	B	43	109	210	163	275	351	FGL	1,56	8,2	0,5	0,09	5,9	26,8	1,5	0,4	0,2	19,7	100	6,0	16	4	168	-	
	Bt	61	88	143	168	172	517	G	n.d.	8,3	0,5	n.d.	-	21,9	1,0	0,4	0,2	22,4	100	5,8	n.d.	10	152	n.d.	
	Ck1	73	346	402	223	190	185	F	1,63	8,6	0,4	n.d.	-	30,8	1,4	0,2	0,2	18,1	100	4,9	n.d.	40	110	215	
216	Ap1	10	340	231	332	399	38	FL	1,52	7,0	0,8	0,11	7,1	13,4	1,5	0,3	0,2	15,6	99	12,6	24	18	162	-	
	Ap2	24	177	197	333	323	147	FL	1,71	7,1	0,6	0,09	6,9	13,5	1,6	0,3	0,3	17,1	91	13,6	22	10	130	-	
	Bt1	38	103	165	266	298	271	FG	1,67	7,0	0,5	0,09	6,1	16,4	2,2	0,3	0,2	19,5	98	14,8	12	4	126	-	
	Bt2	48	238	194	193	151	462	G	1,60	7,3	0,5	n.d.	-	5,3	1,3	0,3	0,3	17,3	41	29,3	n.d.	4	102	-	
	BC	58	136	177	188	187	449	G	1,55	7,3	0,4	n.d.	-	17,0	2,0	0,3	0,3	22,0	89	13,7	n.d.	32	12	-	
	C	-	145	203	195	198	404	G	1,89	7,4	0,2	n.d.	-	10,2	4,8	0,2	0,5	26,9	58	51,9	n.d.	30	84	-	
218	Ap1	14	250	239	313	372	76	FL	1,46	7,4	1,4	0,17	8,4	27,1	1,5	0,5	0,3	23,7	100	6,6	173	42	264	-	
	Ap2	38	312	239	322	315	124	FL	1,75	6,9	1,0	0,13	8,1	16,3	1,9	0,3	0,4	20,0	94	13,7	98	26	160	-	
	Bt	55	180	173	263	345	220	FL	1,56	6,9	0,5	0,08	6,1	15,4	2,6	0,3	0,5	19,9	95	20,3	29	8	120	-	
	BC	64	220	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	1,83	7,9	0,4	n.d.	-	14,3	2,4	0,3	0,9	22,2	80	22,9	n.d.	4	86	-	
	Cg1	88	235	323	213	195	270	F	1,90	8,4	0,1	n.d.	-	17,6	2,5	0,2	1,1	24,2	88	20,2	n.d.	32	92	-	
224	Ap1	8	55	179	264	127	430	G	1,40	8,0	0,8	0,12	6,8	44,4	1,4	1,1	0,2	25,4	100	3,5	84	80	490	29	
	Ap2	30	62	172	215	159	453	G	1,59	8,2	0,7	0,11	6,3	37,4	1,0	0,7	0,2	27,2	100	3,3	51	40	344	20	
	B	51	56	180	246	161	413	G	1,45	8,2	0,6	0,10	6,6	38,6	1,0	0,6	0,1	24,5	100	3,1	28	42	248	31	
	Ck1	71	205	236	206	292	266	FL	1,67	8,6	0,2	n.d.	-	27,3	0,7	0,2	0,2	13,3	100	3,1	n.d.	20	104	625	

* Análises realizadas na Área Laboratorial de Solos do ICAM, excepto do C orgânico e calcário activo, realizadas no Laboratório de Pedologia do ISA; EG: Elem. Grosseiros (>2 mm); AG, areia grossa (2-0,2 mm); AF, areia fina (0,2-0,02 mm); L, limo (0,02-0,002 mm); G, argila (<0,002 mm); A, areia; ρ_{ap}, massa volumica aparente; CTC – capacidade de troca catónica; GSB – grau de saturação em bases; Na+Mg – (Na+Mg)/Ca; CaCO₃ – calcário total; Legenda das classes texturais: A, Arenosa; F, Franca; G, Argilosa; L, Limosa e combinações; n.d., não determinado.; Famílias da CPS (1974) e subunidades da WRBSR (2006) a que correspondem os perfis apresentados (significados dos códigos em Anexo):

201–Sba; RG.ha(eu) 204–Pxr; LV.ha(skp.cr) 207–Bpca; VR.ha(he.pe) 210–Sbac; RG.ha(ca.skn) 214–Vcm; LV.vr(he.cr) 218–Paxg; LV.gln(he)
 202–Bac(rec); RG.ha(he) 205–Pac; LV.vr(he) 208–Pex; RG.ha(ca) 211–Vc; CM.vr(ca.cr) 216–Px; LV.len(apr) 224–Bva; VR.ha(ca.cr)

** O número 1 na última camada apresentada reflecte a existência de mais camadas C observadas mas não incluídas neste Quadro

unidades, por exemplo os Coluviosolos (Sb, Sba, Sbac e Sbc), representam inclusões de pequena dimensão, insuficiente para poderem ser assinaladas na carta à escala 1/50.000.

Contudo, verifica-se uma diferença mais significativa entre as unidades com maior representatividade: na Carta dos Solos de Portugal surgem com maior relevo as famílias Sr, Vc e Vcm, não havendo qualquer referência aos Barros Pardos (Bac e Bc) e Solos Calcários Vermelhos Para-Barros (Vc') que, tendo sido identificados com base em critérios morfológicos e nos dados analíticos apresentados, surgem neste estudo com uma representatividade significativa. Este exemplo ilustra como a Carta de Solos de Portugal se pode revelar um modelo da realidade com limitações incertas, por vezes significativas, quando se pretende retirar dela informação com um detalhe superior àquele que foi usado na sua execução. Essas limitações só se revelam, e só podem ser

ultrapassadas, com o aumento da densidade das observações de campo e com a respectiva caracterização analítica do solo.

Principais problemas e implicações para os ensaios de olival

A grande diversidade de solos no “Olival Novo”, associada à heterogeneidade topográfica e à relativa variedade litológica, deixa antever a existência de condições também muito diversificadas para o crescimento das plantas. Como primeira abordagem procurou-se diferenciar os solos considerando as limitações físicas e químicas com maior relevância para a produção vegetal (Quadro 4 e Figura 5).

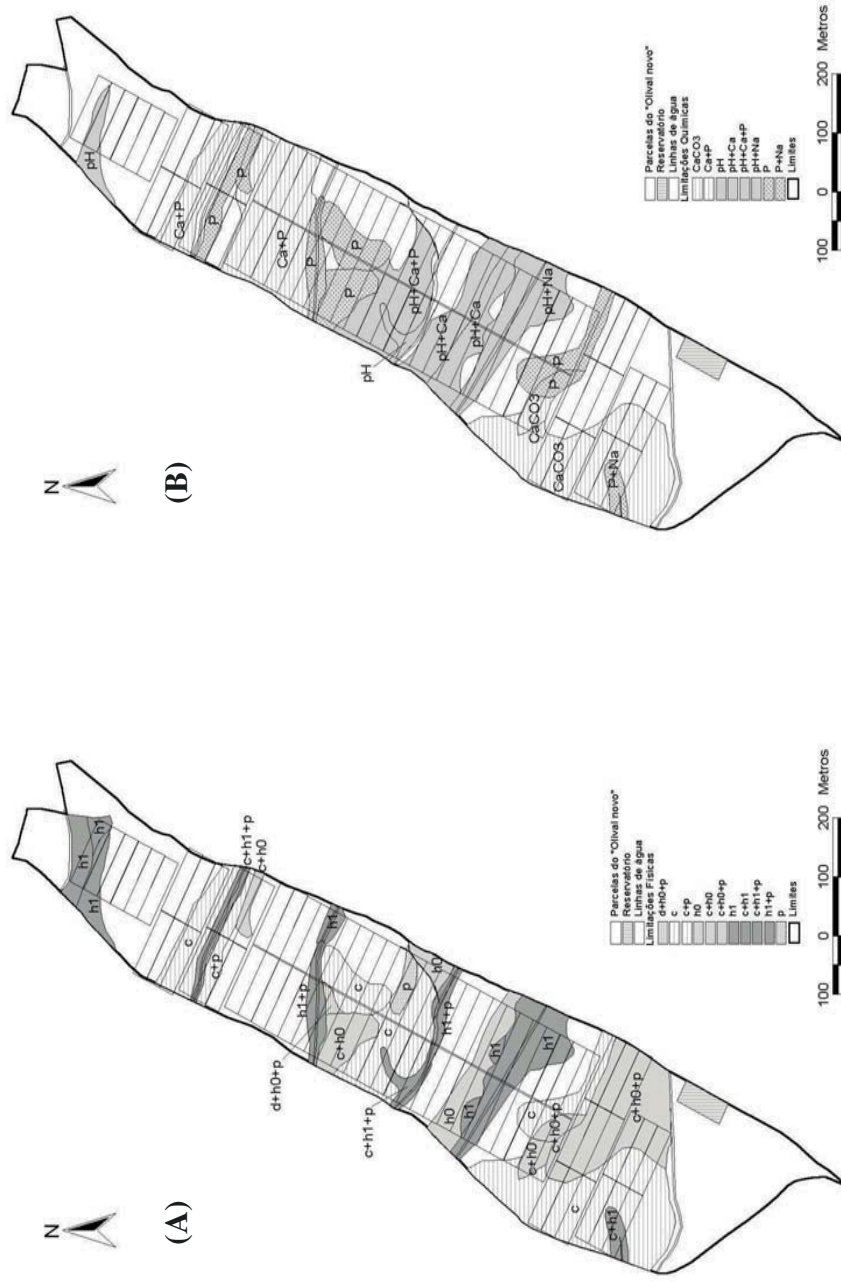
As áreas assinaladas na Figura 5 correspondem aos mesmos polígonos usados na representação das unidades cartográficas, o que pode implicar, consoante os casos, uma generalização espacial por excesso ou por defeito da extensão das limitações em causa.

QUADRO 4 – Códigos e respectivas definições, usados na identificação dos solos com maiores limitações de natureza física e química, apresentados na Figura 5

Cód.	Definições
Limitações de natureza física	
d	Delgado – solo com espessura inferior a 50 cm até rocha dura
c	Compacto – Dap muito alta* em um ou mais horizontes com início a profundidade <50 cm
h0	Risco de défice de água prematuro – pelo menos um dos 2 critérios seguintes: 1) Localização em colinas com maior convexidade ou encostas de maior declive 2) Areia >60% na maior parte dos 50 cm superficiais e/ou espessura <50 cm
h1	Risco de saturação prolongada – pelo menos um dos 2 critérios seguintes: 1) Localização junto de linhas de água ou base de encostas 2) Índícios de má drenagem até aos 100 cm (variação textura e cores cinzentas)
p	Pedregosidade – à superfície ou EG**>40% em um ou mais horizontes com início <50 cm.
Limitações de natureza química	
CaCO ₃	Carbonatos totais >250 g kg ⁻¹ em um ou mais horizontes com início a profundidade <50 cm
pH	pH>8,5 em um ou mais horizontes com início a profundidade <50 cm
P	Fósforo extraível <50 mg kg ⁻¹ em todos os horizontes até aos 50 cm de profundidade
Na	(Na+Mg)/Ca >50% em um ou mais horizontes com início a profundidade <50 cm

* Dap – densidade aparente superior ao limite de “packing density” muito firme (FAO, 2006b, p.51)

** EG – elementos grosseiros



Na Figura 5 é possível verificar quais as parcelas e a possível extensão abrangida pelas limitações indicadas. São de esperar grandes diferenças nas condições a que está sujeito o olival quando se comparam, por exemplo, zonas com horizontes compactos e com risco de saturação prolongada com água, com outras que apresentam uma drenagem rápida, externa e/ou interna, em que o solo tende a secar rapidamente.

Nas limitações químicas salientam-se os solos muito alcalinos ($\text{pH} > 8,5$), muito calcários ($\text{CaCO}_3 > 250 \text{ g kg}^{-1}$) e muito pobres em fósforo extraível ($\text{P}_2\text{O}_5 < 50 \text{ mg kg}^{-1}$). É frequente conjugarem-se várias limitações na mesma área (Figura 5). Apesar do elevado teor em potássio extraível da generalidade dos solos, atendendo também aos seus elevados níveis de Ca e baixos de Mg, justifica-se uma particular atenção ao equilíbrio K-Ca e, em termos mais gerais a possíveis interações K-Ca-Mg (Quadro 3).

Dada a dimensão dos ensaios do “Olival Novo” seria muito difícil encontrar uma área homogênea suficientemente extensa para garantir condições edáficas semelhantes em todas as parcelas. Uma abordagem realista determina que, muitas vezes, a instalação de ensaios não possa fazer-se nos locais ideais mas apenas nos locais possíveis. Porém, nem sempre esta abordagem realista é levada às últimas consequências, partindo-se depois do pressuposto de que o terreno é homogêneo, ou que o delineamento experimental permite uma distribuição uniforme da variabilidade do terreno pelos diferentes tratamentos aplicados. A mesma abordagem realista do ponto de partida deve levar-nos a verificar se aqueles pressupostos podem ser aplicáveis às condições existentes e, caso não possam, deve motivar a procura de abordagens alternativas. Por exemplo, a estratificar a área definindo zonas de maior homogeneidade, melhor comparáveis entre si, ou a adoptar metodologias de ava-

liação e de análise dos resultados mais adequados à heterogeneidade existente. Este estudo de solos procura constituir um repatório de informação de base indispensável para uma melhor avaliação dos futuros resultados dos ensaios do “Olival Novo”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área do “Olival Novo” apresenta uma grande diversidade de solos tendo-se identificado 22 famílias da CSP (1974) e 26 unidades-solo da WRBSR (2006). Contabilizando as unidades cartográficas mais abundantes até atingir 50% dos 35 ha cartografados, obtém-se um conjunto de 5 famílias de solos (Bac, Bc, Vc', Vcx, Bca) ou 5 unidades WRBSR (VR.ha(ca), VR.ha(eu), RG.ha(ca), CM.vr(ca,cr), LV.ha(skip,cr)).

A Carta dos Solos de Portugal assinala 8 famílias de solos na área em estudo – atendendo ao detalhe limitado da sua escala (1:50.000) pode-se dizer que dá indícios importantes sobre a grande diversidade de solos que aí ocorre. Contudo, as famílias referidas como mais abundantes (Sr, Vc e Vcm) não correspondem às que têm maior expressão neste trabalho: Barros Pardos (Bac e Bc) e Solos Calcários Vermelhos Para-Barros (Vc') (ou VR.ha(ca), VR.ha(eu) e CM.vr(ca,cr)). Esta discrepância revela que a Carta de Solos de Portugal subavalia a qualidade dos solos da área em estudo e permite evidenciar os erros resultantes da extrapolação da sua informação para escalas cartográficas superiores.

Embora a maioria dos solos da área do “Olival Novo” apresente elevada capacidade de troca catiónica ($> 20 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$), alguns solos apresentam também limitações importantes, em especial por elevada compactação, risco de saturação prolongada com água, elevados teores de calcário ($\text{CaCO}_3 > 250 \text{ g kg}^{-1}$), elevado pH ($> 8,5$) e

baixo teor de fósforo ($P_2O_5 < 50 \text{ mg kg}^{-1}$). A análise dos futuros resultados dos ensaios do olival deverá considerar a possível influência da intersecção espacial do padrão regular, geométrico, das parcelas com o padrão irregular das limitações do solo.

AGRADECIMENTOS

Trabalho realizado no âmbito do projecto AGRO Nº 298, coordenado pela Prof^a. Maria da Conceição Castro, da Universidade de Évora, a quem se agradece toda a colaboração para a concretização desta componente do projecto. Agradecimentos também ao Prof. Anacleto Pinheiro e ao Eng. Pedro Quartin pelo levantamento topográfico, ao estagiário Pedro Mogo, ao Sr. Custódio Alves e ao saudoso Sr. Manuel Junça(†) pela colaboração nas sondagens, ao Eng. Teles Grilo pelo apoio na cartografia de solos, à Eng^a. Técnica Helena Mafalda e restante pessoal do Laboratório de Física do Solo do ICAM, à Dr^a. Lurdes Pinheiro e restante pessoal do Laboratório Químico-Agrícola da Universidade de Évora, e ao Prof. Manuel Madeira pela disponibilidade para a realização de algumas análises no Laboratório de Pedologia do ISA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, C.; Silva, J. R. & Ferreira, A. G. 2001. Comparação de dois métodos de determinação da textura do solo: sedimentometria por raios X vs. método da pipeta. *Revista de Ciências Agrárias*, **24** (3-4): 73-81.
- Burrough, P. & McDonnell, R. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Spatial Information Systems and Geostatistics. Oxford University Press. Oxford.
- Burt, R. (Ed.). 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, version 4. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture. Consultado em <http://soils.usda.gov/>, em Outubro de 2006.
- Cardoso, J. C. 1974. A Classificação dos Solos de Portugal – Nova Versão. *Boletim de Solos* **17**: 14-46. SROA, Sec. de Estado da Agricultura, Lisboa.
- FAO. 1990. *Guidelines for soil description*. 3th edition (revised). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- FAO. 2006a. *World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication*. IUSS-ISRIC-FAO. World Soil Resources Reports 103. Rome.
- FAO. 2006b. *Guidelines for soil description*. 4th edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Martins, A. 2006. Comunicação pessoal. Carta geológica da Amareleja em elaboração sob a coordenação de José Piçarra.
- McBratney, A., Santos, M. & Minasny, B. 2003. On digital mapping. *Geoderma*, **117**, 3-52.
- Póvoas, I. & Barral, M.F., 1992. Métodos de análises de solos. *Série de Ciências Agrárias*. Inst. de Investigação Científica Tropical. Lisboa. pp. 61.
- Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, 2005. O conhecimento do recurso solo em Portugal. *Encontro Anual da SPCS*, Comunicação Oral. Castelo Branco.
- van Reeuwijk, L.P. (ed.). 2002. *Procedures for Soil Analysis* (6th ed.). International Soil Reference and Information Centre, ISRIC, Wageningen.

Anexo

Legenda das Famílias da Classificação de Solos de Portugal (1974) indicadas neste estudo

Bac	Barros Pardos Calcários Muito Descarbonatados de (...) argilas calcárias
Bc	Barros Pardos Calcários Não Descarbonatados de (...) argilas calcárias
Bca	Barros Pardos Calcários Pouco Descarbonatados de (...) argilas calcárias
Bpca	Barros Pretos Calcários Muito Descarbonatados de margas
Bva	Barros Castanho Avermelhados Calcários Não Descarbonatados de formações argilosas calcárias
Bvca	Barros Castanho Avermelhados Calcários Muito Descarbonatados de calcários e/ou margas (...)
Cpc	Barros Pretos Calcários Não Descarbonatados de (...) margas
Pac	S. Argiluvitados, S. Mediter. Pardos de Mat. Calcários Para Barros de margas (...)
Pag(*)	S. Argiluvitados, S. Mediter. Pardos de Mat. Não Calcários Para S. Hidromórficos de arenitos ou conglomerados argilosos ou argilas (textura arenosa a franco-arenosa)
Pagx	S. Argiluvitados, S. Mediter. Pardos de Mat. Não Calcários Para S. Hidromórficos de xistos assoc. a r. detriticas
Pc	S. Calcários Pardos de Climats Regime Xérico Normais de calcários não compactos
Pcx	S. Calcários Pardos de Climats Regime Xérico Normais de xistos ou grauvaques assoc. a depósitos calcários
Px	S. Argiluvitados, S. Mediter. Pardos de Mat. Não Calcários Normais de xistos ou grauvaques
Sb	S. Incipientes, Coluviossolos Não Calcários de textura mediana
Sba	S. Incipientes, Coluviossolos Não Calcários de textura pesada
Sbac	S. Incipientes, Coluviossolos Calcários de textura pesada
Sbc	S. Incipientes, Coluviossolos Calcários de textura mediana
Sr	S. Argiluvitados, S. Mediter. Verm. ou Am. de Mat. Não Calcários Normais de ranas ou depósitos afins
Vc	S. Calcários Vermelhos Normais de calcários
Vc'	S. Calcários Vermelhos Para Barros de calcários não compactos assoc. a r. cristalofílicas básicas
Vcm	S. Argiluvitados, S. Mediter. Verm. ou Am. de Mat. Calcários Para Barros de margas (...)
Vcx	S. Calcários Vermelhos Normais de xistos ou grauvaques assoc. a depósitos calcários
Vx	S. Argiluvitados, S. Mediter. Verm. ou Am. de Mat. Não Calcários Normais de xistos ou grauvaques

(*) Família não identificada neste estudo mas assinalada na Carta de Solos de Portugal (1:50.000)

Códigos da WRBSR (2006) utilizados neste estudo

Grupos-Solo de Referência	Qualificadores principais	Qualificadores secundários
CM Cambissolo	gl Gleico	ap Abruptico pe Pélico
LV Luvissolo	ha Háplico	ca Calcário sk Esquelético
RG Regossolo	le Léptico	cr Crómico
VR Vertissolo	vr Vértico	eu Eutrico
		he Hipereutrico
		nv Nóvico
		..n Endo
		..p Epi
		..r Para

Resposta das culturas do girassol e do milho a diferentes cenários de rega deficitária

Deficit irrigation as a criterion for irrigation water management with sunflower and maize crops

C. M. Toureiro¹, R. P. Serralheiro¹ & M. R. Oliveira¹

RESUMO

Apresentam-se alguns resultados de um projecto em que se procura integrar, nos critérios de decisão sobre a oportunidade e a dotação de rega, a optimização da produtividade ambiental da água, valorizando-se maximamente a utilização desse recurso escasso. Surge assim a definição de critérios de gestão da rega em que as dotações são “deficitárias”, isto é, em que se fornece à cultura uma quantidade de água inferior à correspondente à ETc calculada.

Durante as campanhas de rega de 2004 e 2005 decorreram ensaios experimentais com “rega deficitária”, em parcelas regadas do Perímetro do Divor: em 2004 avaliou-se e caracterizou-se o comportamento da cultura do girassol, sujeita a diferentes regimes hídricos, com três cenários diferentes de decisão para definir a oportunidade e dotação de rega: 1) considerando como oportunidade de rega (ponto de rega) o limite inferior de gestão (ou défice de gestão permissível), tradicionalmente definido por limite do rendimento óptimo (LRO) na zona da reserva facilmente utilizável do solo; 2) e 3) considerando como oportunidade de rega (ponto de rega) dois limites abaixo do LRO (10 e

30%, respectivamente); em 2005 avaliou-se e caracterizou-se o comportamento da cultura do milho, sujeita a três cenários de gestão da água de rega: 1) regime óptimo de fornecimento de água igual às necessidades hídricas da cultura, traduzidas pela ETc calculada; 2) nível 1 de “rega deficitária” regime de regas 10% abaixo do valor de ETc; 3) nível 2 de “rega deficitária” regime de regas 30% abaixo do valor de ETc. Durante as fases de desenvolvimento da cultura mais sensíveis ao défice de água no solo, as três modalidades de ensaio foram regadas de igual modo (nível de fornecimento de água igual ao valor de ETc).

Verificou-se um nítido potencial de economia de água proporcionável pela gestão da cultura com “rega deficitária”.

ABSTRACT

Some results are presented from a project aiming the water use optimisation from an environmental point of view. This means that the decision criterion in irrigation management is “deficit irrigation”, rather than maximum ETc as the irrigation water amount.

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: cmct@uevora.pt;

Some experiments with “deficit irrigation” of a sunflower crop (in 2004 irrigation season) and maize (in 2005) were carried out in the Irrigation District of Divor (Alentejo, South Portugal). Crop growth and production parameters were evaluated relative to three experimental irrigation regimes: 1) irrigation opportunity and amount with soil available water equalling “optimum yield level”, this corresponding to a non restrictive water use by the crop, according to current procedure, irrigation amount corresponding to maximum ETc; 2) and 3) levels 1 and 2 of deficit irrigation, considering irrigation opportunity with soil available water respectively 10% and 30% under the “optimum yield level” and irrigation amounts 10% and 30% less than ETc between irrigation events. During the flowering periods normal irrigation for full ETc was practiced in all experiment plots.

Crop yield data and the economic analysis show that a remarkable potential exists for saving water with “deficit irrigation”.

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

A escassez do recurso água que nos últimos anos se tem feito notar em todo o território português, e em particular na região do Alentejo, é na realidade uma condição do nosso clima Mediterrânico tendo implicações severas na produção agrícola, em particular na agricultura de regadio. Neste sentido, os empresários agrícolas devem estar preparados para aplicar medidas que optimizem a eficiência do uso da água na agricultura, utilizando tecnologias agrícolas adequadas, com atitude conservacionista, ainda que empresarial. Utilizando o recurso água de forma estratégica e eficiente, como recurso escasso e limitado que é, assegure-se a sua disponibilidade futura.

O uso racional da água na agricultura passa pela programação e gestão da rega garantindo uma aplicação de água optimizada face às necessidades ao longo do ciclo vegetativo das culturas. Esta aplicação optimizada poderá ser, não em função evapotranspiração total, mas relacionada com níveis de aplicação de água em função dos estádios fenológicos onde se verifica uma maior sensibilidade hídrica. Assim, será necessário verificar as dotações mínimas que, mesmo existindo períodos de “stress hídrico”, garantem bons índices de eficiência de utilização de água pela cultura com produções elevadas, próximas mesmo dos máximos potencialmente verificáveis, assegurando um nível interessante de rendimento do agricultor.

A prática da gestão da água de rega é tradicionalmente feita no sentido da maximização da produção em função de um determinado objectivo, o qual, por sua vez, depende das condições de cada projecto. Assim, o objectivo da gestão da água de rega assenta essencialmente na determinação do volume de água a ser fornecido em cada aplicação e no intervalo entre elas, tendo em conta o défice de gestão permissível previamente fixado, em função da cultura, do seu estágio de desenvolvimento e do nível de produção pretendido. Nos critérios tradicionais de gestão da rega, o objectivo de optimização é a máxima produção total (biomassa) ou a máxima produção agronómica (produto comercializável), ou o máximo lucro, independentemente da quantidade de água gasta (tomava-se a água como factor não limitado). Num desenvolvimento mais recente, toma-se cada um daqueles objectivos de maximização, mas relativo à unidade (de volume) de água gasta na rega, isto é, máxima produção de biomassa ou frutos por m³ de água gasta na rega, etc. Trata-se de uma produtividade líquida, que introduz, pelo menos em parte, um critério

de natureza ambiental, a maximização da produtividade do recurso escasso.

Nesta perspectiva, a “maximização do lucro” pode tomar-se como um objectivo de optimização económica, que torna o critério de gestão da rega independente da satisfação integral da ETc, habitualmente tomada como “necessidade de rega” da cultura. Passa a fornecer-se menos água que a solicitação de ETc, introduzindo-se o conceito de “rega deficitária”, de acordo com a sensibilidade hídrica, variável com o tipo e os estádios fenológicos da cultura. É uma estratégia de gestão da água de rega que minimiza os impactos ambientais, poupando água.

Os modelos água/produção que, como o seu nome indica, permitem estimar a produção da cultura em função da água por ela utilizada, têm vindo a despertar grande interesse nas últimas décadas pelo importante papel que podem desempenhar como auxiliar de gestão e optimização de recursos escassos, sendo de grande utilidade quando se trata de gerir a rega em condições de carência hídrica.

É objectivo do presente trabalho a definição de critérios de gestão da rega em que as dotações sejam “deficitárias”, isto é, em que se fornece à cultura uma quantidade de água inferior à correspondente à ETc calculada. Este objectivo pode ser realizado, quer apenas considerando a oportunidade da rega quando o teor de água no solo já se situa bastante abaixo do limite inferior de gestão (défice de gestão permissível), ou tradicionalmente definido por limite do rendimento óptimo (LRO), expresso pela fracção de água facilmente utilizável para a cultura, sem que ocorra alguma quebra de produção agronómica, quer também procedendo a dotações insuficientes, que não repõem à capacidade de campo todo o volume de solo explorado pela cultura.

Durante as campanhas de rega de 2004 e 2005 decorreram ensaios experimentais

com “rega deficitária”, em parcelas regadas do Perímetro do Divor: em 2004 avaliou-se e caracterizou-se o comportamento da cultura do girassol com três cenários diferentes de decisão para definir a oportunidade e dotação de rega: 1) considerando como oportunidade de rega (ponto de rega) o limite inferior de gestão (ou déficit de gestão permissível), tradicionalmente definido por limite do rendimento óptimo (LRO) na zona da reserva facilmente utilizável do solo; 2) e 3) considerando como oportunidade de rega (ponto de rega) dois limites abaixo do déficit de gestão permissível (LRO) (10 e 30%, respectivamente); em 2005 avaliou-se e caracterizou-se o comportamento da cultura do Milho, sujeita a três cenários de gestão da água de rega: 1) regime óptimo de fornecimento de água igual às necessidades hídricas da cultura, traduzidas pela ETc calculada e a oportunidade de rega considerando como limite inferior de gestão o déficit de gestão permissível (LRO); 2) e 3) nível 1 e 2 de “rega deficitária”, regime de regas com oportunidade de rega 10% e 30% abaixo do déficit de gestão permissível (LRO) e dotações abaixo do valor de ETc. Durante as fases de desenvolvimento em que as culturas são mais sensíveis ao déficit de água no solo, as três modalidades de ensaio foram regadas de igual modo (definindo a oportunidade de rega no déficit de gestão permissível e o nível de fornecimento de água igual ao valor de ETc).

Em cada uma das modalidades de ensaio pré-estabelecidas foram observados e monitorizados parâmetros hidrológicos e agronómicos, com os quais será possível avaliar a resposta das culturas Girassol e Milho, sob os diferentes cenários de gestão da água de rega em experimentação. Realizar-se-á uma breve análise económica entre os diferentes cenários de gestão da rega, considerando os custos dos factores de produção água de rega e energia.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização das parcelas experimentais

A actividade experimental decorreu no Campo Experimental e de Demonstração do Perímetro de Rega do Divor (38° 44' N, 7° 56' W, 309 m), conduzido por uma equipa de investigação do Departamento de Engenharia Rural da Universidade de Évora, durante duas campanhas de rega (2004 e 2005).

A Figura 1 mostra os valores da precipitação total mensal (Pt) e da evapotranspiração de referência (ET_o), calculados com a fórmula climática de Penman-Monteith, com base nos registos climáticos da estação meteorológica do Campo Experimental, durante os períodos de ensaio.

Importa salientar que, durante os anos hidrológicos 2003/04 e 2004/05, os valores registados de precipitação total anual foram respectivamente 582 e 277 mm, dos quais apenas de 17% e 18% ocorreram durante o período do ensaio.

Os dados apresentados foram a base para o cálculo das necessidades hídricas da cultu-

ra, durante a actividade experimental.

A unidade pedológica que caracteriza as parcelas experimentais é um Solo Mediterrâneo Pardo de Materiais não Calcários Normal de Quartzodioritos (Pmg (a)) (Cardoso, 1965). O Quadro 1 apresenta a sua caracterização, com dados obtidos por amostragem monolítica na parcela experimental, com uma sonda pneumática, até à profundidade de 80 cm do perfil do solo, tendo sido feitas as seguintes determinações laboratoriais: análise granulométrica, densidade aparente e curvas de tensão-humidade.

Dos resultados obtidos é possível concluir o seguinte: o perfil do solo caracteriza-se por apresentar uma textura predominantemente franco-argilo-arenosa, à excepção das camadas 20-40 cm e 60-80 cm do perfil do solo, que apresentam uma textura argilo-arenosa e franco-arenosa, respectivamente. O perfil do solo analisado apresenta uma capacidade utilizável total, até à profundidade de 80 cm, de 84 mm.

É de salientar que os principais solos regados nos perímetros do Alentejo, os actuais e os previstos no esquema de Alqueva, são do tipo Mediterrâneo, com problemas delicados de manejo hidroagrícola, com

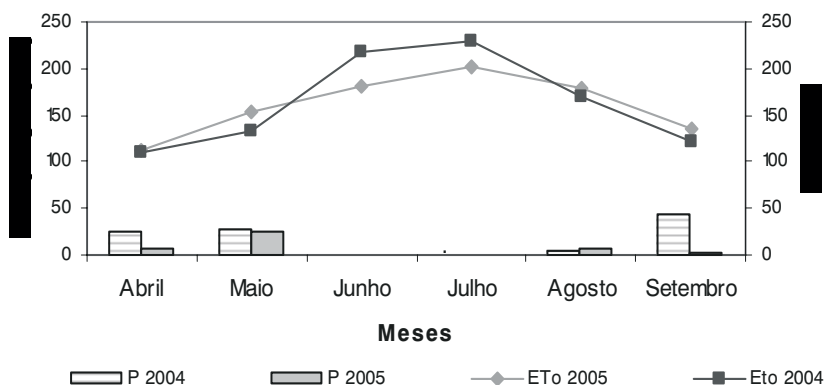


Figura 1 – Evolução dos valores da evapotranspiração de referência e da precipitação total, registados na Estação Meteorológica do Divor, durante a actividade experimental

QUADRO 1 – Caracterização da unidade pedológica onde decorreu a experimentação (0-80 cm)

Prof.	Análise Granulométrica (%)				pF		dap	(%vol.)	(%vol.)	(%vol.)
	A.G	A.F	Limo	Argila	pF 2,0	pF 4,2		Cc	Ce	CU
10	44,61	20,32	9,24	25,84	9,50	3,69	1,72	16,34	6,35	10,00
20	44,03	19,40	9,91	26,66	8,69	3,73	1,81	15,68	6,73	8,95
30	39,44	15,07	9,93	35,56	10,37	4,03	1,77	18,32	7,12	11,20
40	50,28	14,60	7,23	27,88	10,90	4,63	1,76	19,16	8,14	11,02
50	48,96	19,27	8,84	22,94	11,50	6,15	1,81	20,78	11,11	9,67
60	52,83	19,74	8,27	19,16	12,38	6,97	1,64	20,30	11,43	8,86
70	51,99	19,90	8,67	19,44	15,86	8,78	1,72	27,28	15,10	12,18
80	52,00	20,00	8,70	19,30	16,72	9,99	1,79	29,93	17,88	12,05

implicações em potenciais impactes ambientais negativos, e requerem soluções tecnológicas inovadoras, que contribuam para a sustentabilidade do uso hidroagrícola (Projecto POCTI, 1999). Relativamente à prática da rega, estes solos requerem uma gestão da água de rega extremamente cuidadosa, devido às suas características pedológicas resultantes do processo argiluviação que lhes deu origem e do uso não conservativo a que tradicionalmente têm sido sujeitos.

Condução do ensaio experimental

Os trabalhos experimentais decorreram em parcelas regadas do Perímetro de Rega do Divor, exploradas pela Cooperativa Agrícola do Cabido e Anexas, durante as campanhas de rega de 2004 e 2005:

- Em 2004, ensaios de carácter preliminar com “rega deficitária” na cultura do Girassol (*Helianthus annuus L. var. SUN-GRO 393*). Semeada a 27 de Abril de 2004, com o compasso de 0,15 m na linha e 0,75 m na entrelinha, e colheita a 13 de Setembro.

Para avaliar e caracterizar o comportamento da cultura do Girassol, segundo os 3 cenários de gestão da água de rega, estabeleceram-se três unidades experimentais, 3 modalidades, com cerca de 550 m² cada: a primeira, designada por CR1 G, considerando como “ponto de rega”, que define a

“oportunidade de rega”, o limite inferior de gestão ou défice de gestão permissível ou tradicionalmente definido por limite do rendimento óptimo (LRO), isto é, a reserva de água no solo durante a campanha de rega oscilará entre o limite máximo de retenção de água no solo e o limite inferior de gestão ou limite do rendimento óptimo (LRO) (definindo a zona da reserva facilmente utilizável do solo); na segunda e terceira modalidade de ensaio (níveis 1 e 2 de “rega deficitária”), designadas por CR2 G CR3 G, respectivamente, considerou-se como “ponto de rega” um limite abaixo do limite inferior de gestão (LRO) (10 e 30%, respectivamente). Supõe-se que em cada rega se repõe a capacidade utilizável do solo na zona de aprofundamento radical.

- Em 2005, ensaios de “rega deficitária” na cultura do Milho-Grão (*Zea Mays L. var. SANCHO – FAO 500*). Semeada a 5 de Maio de 2005, com o compasso de 0,15 m na linha e 0,75 m na entrelinha, e colheita a 15 de Setembro.

Para avaliar e caracterizar o comportamento da cultura do Milho, sujeita a três cenários de gestão da água de rega, estabeleceram-se 3 unidades experimentais: 1) regime óptimo (CR1 M) de fornecimento de água igual às necessidades hídricas da cultura, traduzidas pela ETc calculada; 2) nível 1 de “rega deficitária” (CR2 M) regime de regas 10% abaixo do valor de ETc; 3) nível 2 de “rega deficitária” (CR3 M) regime de

regas 30% abaixo do valor de ETc. Durante as fases de desenvolvimento, em que as culturas são mais sensíveis ao déficit de água no solo, as três modalidades de ensaio foram regadas de igual modo (nível de fornecimento de água igual ao valor de ETc).

As operações culturais que antecederam a sementeira seguiram o sistema tradicional utilizado na região, tendo sido executadas pelo agricultor. As operações de preparação da terra foram uma escarificação e adubação de fundo (250 kg/ha de NPK 28/14/10), seguindo-se uma gradagem. Em 2005 na cultura do Milho procedeu-se à abertura dos sulcos antes da sementeira, para posterior rega de germinação. Seguiu-se a sementeira (à rasa para o Girassol e em cima do camalhão para o Milho). Em 2004, para a cultura do girassol, abertura dos sulcos para rega em 21 de Junho (verificou-se algum atraso na realização desta operação, associado aos problemas de germinação da cultura). Em 2005, para a cultura do milho, procedeu-se à reabertura dos sulcos a 8 de Junho, uma aplicação de herbicida de pós-emergência (*Butril*) dia 4 de Junho e duas aplicações de solução azotada (1000 l/ha de solução 32 N), a primeira dia 22 de Junho e a segunda dia 18 de Julho.

O método de rega de superfície utilizado foi o sistema Cabo-Rega (Shahidian, 2002), em 2004 em terraços rectilíneos (sulcos rectilíneos, 140 m de comprimento) e em 2005 em terraços de contorno (sulcos de contorno, 180 m de comprimento). Na parcela experimental do ano 2004, os trabalhos de regularização do terreno para a prática da rega de superfície, tinham sido executados na campanha de 2001; na parcela experimental usada no ano de 2005, executaram-se alguns trabalhos de regularização.

Para programação do regime de regas, recorreu-se ao programa computadorizado RELREG desenvolvido por Teixeira (1992) e actualizado para ambiente *Windows* em

2004, tendo por base os cenários de gestão da água de rega previamente estabelecidos.

Este modelo simula, com base na evapotranspiração cultural verificada nos últimos dias, o balanço hídrico do solo relativo aos próximos dias, (associando as respectivas condições pedológicas e culturais). Quando o teor de água no solo previsto desce abaixo do limite considerado para o nível inferior de gestão (oportunidade de rega), o programa indica a necessidade de regar e calcula o volume a aplicar (para repor o teor de água na capacidade de campo). No caso de não ser necessário regar, o programa indicará o volume que poderá ser aplicado sem que a capacidade de campo seja excedida, admitindo que o agricultor possa querer realizar uma rega num determinado dia.

Parâmetros a avaliar e metodologias

Foram observados e medidos os seguintes parâmetros, que permitiram avaliar a resposta das culturas do Milho e do Girassol quando sujeitas a diferentes níveis de fornecimento de água, isto é, considerando os diferentes cenários de gestão da água de rega previamente estabelecidos. Assim, observaram-se e monitoraram-se os seguintes parâmetros:

- Parâmetros Hidrológicos: avaliação e caracterização da prática da rega em cada unidade experimental, utilizando o programa ANREGA desenvolvido por Serralheiro (1989); monitorização do perfil hídrico do solo durante a actividade experimental, medindo o armazenamento de água no solo, durante a campanha de rega, permitindo uma representação fiável do estado hídrico do solo em cada momento.

Utilizou-se a sonda capacitiva TDR – TRIME FM. Todas as unidades experimentais estavam equipadas com tubos de acesso à sonda TDR. Estes tubos, de acrílico transparente, instalados no solo até à profundida-

de de 75 cm, permitiram o acesso directo da sonda, para controlo dos teores de água no solo às diferentes profundidades (15, 30, 45, 60, 75 cm) do perfil útil do solo, monitorizando os valores antes e depois de cada rega efectuada.

- Parâmetros Agronómicos da parte aérea: duração dos estados fenológicos (dias após a sementeira - DAS), altura da cultura (tendo como referência a distância desde a superfície do solo até ao ponto de inserção da última folha no caule principal da planta); índice de área foliar (IAF).

Para observação e registo dos parâmetros da parte aérea da cultura, recorreu-se à observação e registo de campo (em estações de controlo estabelecidas - 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 m - com plantas etiquetadas para registo contínuo), ao registo fotográfico e à amostragem de plantas (recolha de 4 plantas em cada observação), intervalos de 10 a 12 dias.

Para determinar o IAF da cultura efectuaram-se registos de comprimento e largura das folhas da planta e em simultâneo as determinações realizadas com o medidor de área foliar - LICOR (*Model Li-3000*), a fim de se poder estimar uma curva de regressão linear para posterior determinação directa do IAF a partir de registos de campo. As equações obtidas para as culturas do Milho e do Girassol foram as seguintes: $y=0,606(x)-5,235$, com um coeficiente de determinação superior a 90% ($r^2=0,97$), para o girassol; e $y=0,7417(x)-3,736$, com um coeficiente de determinação superior a 90% ($r^2=0,94$), para a cultura do milho.

- Produção final (face à quantidade de água aplicada à cultura): no final da actividade experimental fez-se uma amostragem em cada estação de controlo, para posterior determinação laboratorial, a fim de quantificar a produção final das culturas e poste-

rior comparação, face ao esquema de rega praticado durante a campanha.

Os parâmetros quantificados para o girassol foram: quantidade de matéria seca por unidade de área, quantidade de semente por unidade de área, índice de colheita, o peso de 1000 sementes e o nº de sementes por unidade de área; para a cultura do milho quantificou-se a produção de matéria seca por unidade de área, a produção total de grão seco por unidade de área e o índice de colheita.

- Breve análise económica do ensaio considerando os custos em água de rega e energia: custo total água de rega (€/ha); custo total energia (€/ha), custo total (€/ha); produtividade biológica (kg mat. seca/m³); produtividade agronómica (kg grão/m³); custo de água de rega (€/kg de grão); produtividade energética (kg de grão/kW).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados fazem referência aos seguintes parâmetros avaliados e monitorizados, em cada unidade experimental pré-estabelecida: regime de regas praticado nas duas campanhas de rega e em cada cenário de gestão da água de rega considerado, avaliação do comportamento das culturas girassol e milho (parâmetros da parte aérea e produção final) face aos diferentes cenários de gestão da água praticados e no final uma breve análise económica por modalidade de ensaio.

Gestão da água de rega na experimentação

O Quadro 2, apresenta os valores totais de água de rega aplicados por unidade experimental, durante a campanha de rega de 2004 (para a cultura do Girassol) e a campanha de 2005 (para a cultura do Milho).

QUADRO 2 - Quantidade Total de Água de Rega Aplicada por Unidade Experimental

CENÁRIOS DE GESTÃO DA ÁGUA DE REGA	DOTAÇÃO TOTAL (m ³ /ha)	
	2004	2005
	<i>GIRASSOL (var. SUNGRO)</i>	<i>MILHO-GRÃO (var. SANCHO)</i>
CR1 G e CR1 M	5 856	9 497
CR2 G e CR2 M	6 135	8 939
CR3 G e CR3 M	3 080	7 824

Os gráficos das Figuras 2 e 3 apresentam os valores das necessidades totais de rega (NR) para as culturas do girassol e milho, em cada estágio do seu desenvolvimento e os valores totais das dotações de rega (Rt) praticados em cada unidade experimental.

O cálculo das necessidades totais de rega (NR) seguiu os procedimentos da FAO, descritos por Allen *et al.* (1998), utilizando a seguinte expressão:

$$NH = (ET_o.Kc) - (Pt) / Ea$$

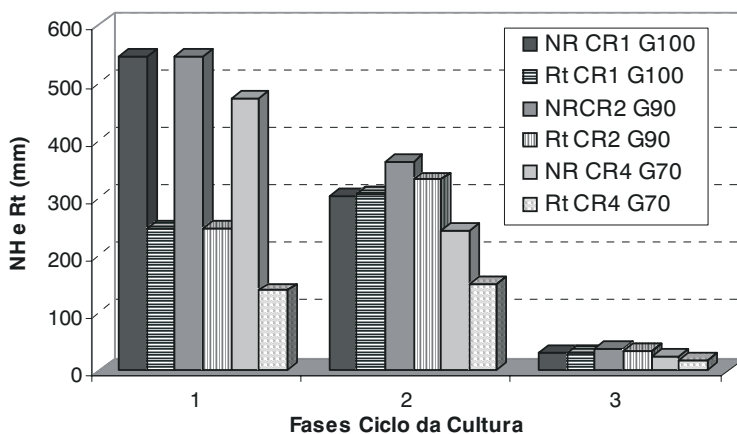
Onde: (ET_o) são os valores da evapotranspiração de referência obtidos com a fórmula climática de Penman-Monteith, durante o ensaio (Figura 1); (Kc) os valores dos coeficientes culturais por estágio de desenvolvimento das culturas girassol e milho; (Pt) os valores da precipitação total registados na Estação Meteorológica do Divor (Figura 1); (Ea) os valores da eficiência da prática da rega por unidade experimental, obtidos com base na avaliação de campo e caracterização da prática da rega com o programa ANRE-GA.

Obtiveram-se os seguintes valores da eficiência de aplicação Ea, por modalidade de ensaio: CR1 G (60%), CR2 G (50%) e CR3 G (75%); em 2005 por modalidade de ensaio: CR1 M (60%), CR2 M (67%) e CR3 M (75%).

Relativamente à prática da rega durante a campanha de 2004, em sulcos retilíneos, com a cultura do girassol, verificaram-se algumas irregularidades: regularização do terreno imprópria para a rega de superfície (declive longitudinal dos sulcos elevado para a prática da rega de superfície) e má conformação dos sulcos de rega (secção

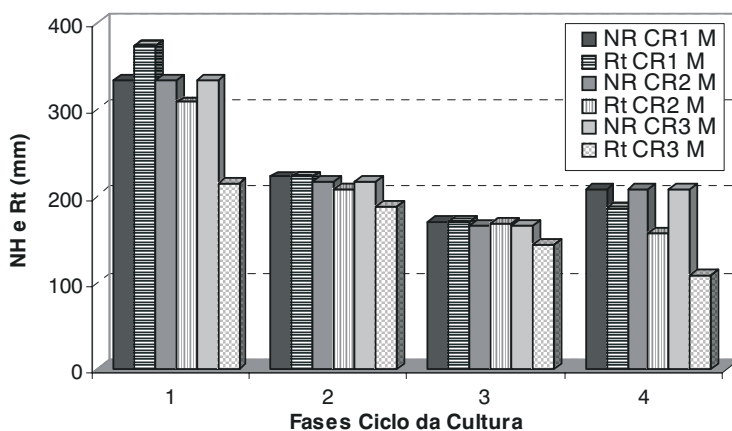
transversal pequena e irregular), condicionando os caudais de rega, o avanço e a infiltração. A unidade experimental que apresentou maiores irregularidades na organização do terreno foi a modalidade CR2 G onde o cenário de gestão da água de rega considera como oportunidade de rega 10% abaixo do considerado LRO (nível 1 de “rega deficitária”), traduzindo-se em valores da eficiência de rega na ordem dos 50%. Verificaram-se eficiências mais elevadas na ordem dos 75%, na modalidade CR3 G, onde se pratica o nível 2 de “rega deficitária”, tendo como oportunidade de rega um nível 30% abaixo do considerado LRO, onde se verificou um maior intervalo entre regas.

Quanto à gestão da água de rega, na cultura do girassol (campanha de 2004), as dotações totais de rega (Rt) praticadas nas três modalidades de ensaio foram significativamente inferiores às necessidades totais de rega (NR), durante o desenvolvimento vegetativo da cultura. A explicação para este facto está no atraso do início da prática da rega (1ª rega no dia 22 de Junho- 56 DAS), associado à tardia abertura dos sulcos para rega. A prática da rega durante as fases 2 e 3 (floração, formação da semente e maturação) seguiu o delineamento experimental predefinido: na modalidade CR1 G (regime óptimo) o volume total de regas (Rt) satisfaz as necessidades totais de rega em 100%; nas modalidades CR2 G e CR3 G (nível 1 e 2 de “rega deficitária”, respectivamente) o volume total de regas (Rt) satisfaz as necessidades totais de rega em 90% e 70%, respectivamente.



1) Desenvolvimento Vegetativo; (2) Floração e Formação da Semente; (3) Maturação

Figura 2 - Necessidades totais de rega (NH) e valores totais das dotações de rega (Rt), por unidade experimental para cultura do girassol em cada estágio do seu desenvolvimento



(1) Desenvolvimento Vegetativo; (2) Floração (3) Formação do Grão; (4) Maturação

Figura 3 - Necessidades totais de rega (NH) e valores totais das dotações de rega (Rt), por unidade experimental para cultura do milho em cada estágio do seu desenvolvimento

Na cultura do milho, (campanha de 2005), foi seguido o delineamento experimental predefinido: na modalidade CR1 M (regime óptimo) o volume total de regas (Rt) satisfaz

as necessidades totais de rega em 100%; nas modalidades CR2 M e CR3 M (nível 1 e 2 de “rega deficitária”, respectivamente) o volume total de regas (Rt) satisfaz as neces-

sidades totais de rega em 90% e 70%, respectivamente. Durante as fases de maior sensibilidade hídrica – floração e formação do grão - o volume de água fornecido à cultura foi ligeiramente superior às necessidades de rega, nas três modalidades de ensaio.

Avaliação do comportamento das culturas girassol e milho: estádios de desenvolvimento, altura média da cultura e índice de área foliar

Para os parâmetros da parte aérea da planta, os estádios de desenvolvimento das culturas verificam-se nos seguintes períodos (DAS – dias após a sementeira):

- Para a cultura do girassol: 0-28 DAS (emergência); 28-86 DAS (desenvolvimento vegetativo); 87-115 DAS (floração e formação semente); 116-139 DAS (maturação fisiológica);
- Para a cultura do Milho: 0-15 DAS (emergência); 15-64 (desenvolvimento vegetativo); 65-80 (Floração); 81-96 DAS (Formação do Grão); 97-133 DAS (maturação).

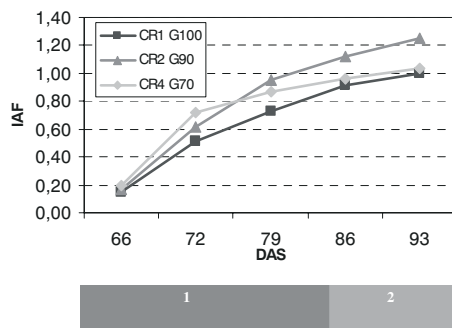
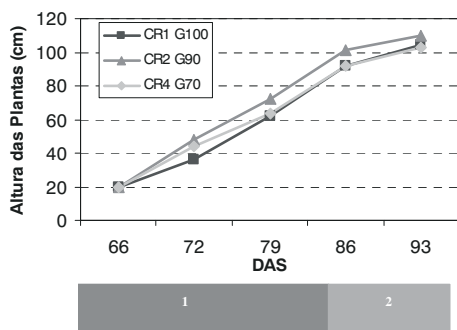
As durações das fases de desenvolvimento das culturas não apresentaram oscilações

distintas entre os diferentes cenários de rega, apesar das plantas nas modalidades sem “rega deficitária” apresentarem um maior desenvolvimento aéreo e uma maior altura (com o mesmo nº de folhas, a longitude entre nós no caule principal era muito maior).

Os parâmetros agronômicos, altura da cultura e índice de área foliar (IAF), para a cultura do girassol, constam na Figura 4 a) e b).

O tratamento estatístico (*anova: factor único*) efectuado aos resultados obtidos mostrou que, quanto à evolução da altura média das plantas, não foram observadas diferenças significativas (Quadro 3) entre modalidades de ensaio. No entanto, o nível 1 de “rega deficitária” (modalidade CR2 G) apresentou sempre valores superiores a partir dos 72 DAS, em relação à modalidade CR1 G (regime óptimo) e CR3 G (nível 2 de “rega deficitária”).

Relativamente ao índice de área foliar (IAF), a modalidade CR2 G (nível 1 de “rega deficitária”) apresentou valores substancialmente superiores aos das modalidades CR1 G (regime óptimo) e CR3 G (nível 2 de “rega deficitária”). Na modalidade onde o nível de “rega deficitária” foi



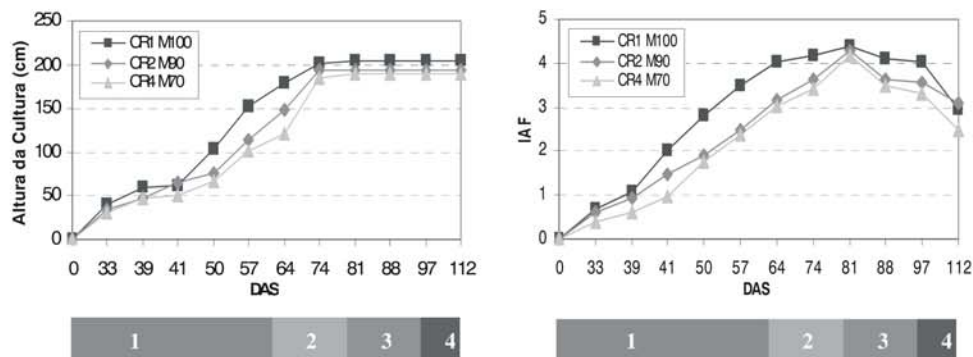
1-Desenvolvimento Vegetativo; 2 – Floração e Formação da Semente

Figura 4 a) e b) - Evolução dos valores médios da altura das plantas e índice de área foliar para a cultura do girassol, nos três cenários de gestão da água em experimentação

QUADRO 3 - Síntese do tratamento estatístico efectuado (anova: factor simples)

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor P	F crítico
Entre Modalidades						
(Altura Média da Cultura)	151,005	2	75,50	0,059137*	0,943	3,89
Entre Modalidades						
(LAI médio)	0,0656	2	0,033	0,2366178*	0,793	3,89

* Não existem diferenças significativas ($F < F$ crítico)



1- Desenvolvimento Vegetativo; 2 – Floração; 3 – Formação do Grão; 4 - Maturação

Figura 5 a) e b) - Evolução dos valores médios da altura das plantas e índice de área foliar para a cultura do girassol, nos três cenários de gestão da água em experimentação

superior, CR3 G, os valores do IAF, durante a campanha de rega não apresentaram diferenças relativamente à modalidade onde não houve a prática de “rega deficitária”, apresentando-se mesmo substancialmente superior durante o período dos 60 a 86 DAS reduzindo essa diferença na fase final da maturação fisiológica da cultura. Esta redução está relacionada com a senescência antecipada das folhas neste modalidade.

Os parâmetros agrônomicos, altura da cultura e índice de área foliar (IAF), para a cultura do milho, constam nas Figuras 5 a) e 5b).

Os resultados apresentados nas Figuras 5 a) e 5 b), para a cultura do milho, mostram que a evolução da altura média das plantas e do índice de área foliar, se destacou na modalidade CR1 M (regime ótimo), face às modalidades CR2 M e CR3, onde se praticaram cenários com “rega deficitária”, sen-

do o estágio de desenvolvimento vegetativo rápido (41-74 DAS), o período onde foram registadas as maiores diferenças. Contudo, os valores máximos registados, para a altura média da cultura e índice de área foliar, entre modalidades de ensaio, não apresentaram diferenças significativas entre si (Quadro 4).

Produção total das culturas e breve análise económica do ensaio

O Quadro 5 apresenta os resultados obtidos para a produção total da cultura do girassol, por modalidade de ensaio.

Tomando como produções de referência os resultados obtidos por Fereres *et al.* (1986) para a cultura do girassol, variedade SUNGRO – 4 100 (Kg/ha de grão - os valores obtidos na modalidade CR1 G (regime

QUADRO 4 - Síntese do tratamento estatístico efectuado (anova: factor simples)

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor P	F crítico
Entre Modalidades						
(Altura Média da Cultura)	2852,38	2	1426,19	0,316493*	0,731	3,32
Entre Modalidades						
(LAI médio)	2,786	2	1,3928	0,87245*	0,428	3,32

* Não existem diferenças significativas ($F < F_{\text{crítico}}$)

QUADRO 5 – Produção total da cultura do girassol: matéria seca, semente, peso de 1000 sementes, nº de sementes e índice de colheita, nas três modalidades de ensaio

Modalidade	Mat. Seca	Semente	Peso de 1000 sementes	Nº Sementes/ha	Índice de Colheita
	(kg/ha)	(kg/ha)	(gr)		
CR1 G	4431.7	3099.9	56.85	54 103 278	0.7
CR2 G	3665.8	2628.5	54.64	47 494 956	0.7
CR3 G	3477.7	2446.1	53.30	46 302 502	0.8

ótimo) não são significativamente diferentes, mas para as modalidades CR2 G e CR3 G (nível 1 e 2 de “rega deficitária”) as diferenças entre os valores obtidos e a produção média de referência já são significativas.

Não foram observadas diferenças significativas entre modalidades para os parâmetros: matéria seca, nº de sementes/ha, peso de 1000 sementes e índice de colheita. O Quadro 6 ilustra a síntese dos resultados obtidos com o tratamento estatístico realizado (anova: factor simples).

A disponibilidade hídrica no solo durante o período crítico pode, pois, ter sido determinante nos abaixamentos de produção, sugerindo que as não significativas diferenças de produção observadas podiam ainda

ter sido diminuídas, se fosse maior o abastecimento no período crítico identificado.

QUADRO 7 – Produção total da cultura do milho: produção de matéria seca, produção de grão seco e índice de colheita, nas três modalidades de ensaio

Modalidade	Mat. Seca	Grão	Índice de Colheita
	(kg/ha)	(kg/ha)	
CR1 M	8996	14132	1.57
CR2 M	8868	12394	1.40
CR3 M	8401	11338	1.35

O Quadros 7 apresenta os resultados obtidos para a produção total da cultura do milho, em cada modalidade de ensaio.

QUADRO 6 - Síntese do tratamento estatístico efectuado (anova: factor simples)

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor P	F crítico
Entre Modalidades						
(Produção Matéria Seca)	3575592,65	2	1787796,3	1,478*	0,254	3,55
Entre Modalidades						
(Produção de Semente)	1593739,55	2	796869,8	1,399*	0,272	3,55
Entre Modalidades						
(Nº Sementes/ha)	2,47 E+14	2	1,236E+14	1,030*	0,377	3,55

* Não existem diferenças significativas ($F < F_{\text{crítico}}$)

QUADRO 8 - Síntese do tratamento estatístico efectuado (anova: factor simples)

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor P	F crítico
Entre Modalidades						
(Produção Matéria Seca)	19914664,28	2	9957332,14	4,68	0,314	3,89
Entre Modalidades						
(Produção de Grão Seco)	981613,11	2	490806,558	0,35*	0,713	3,89

* Não existem diferenças significativas ($F < F$ crítico)

A cultura do milho, na modalidade CR1 M (regime óptimo) registou para a produção de grão seco um valor médio de 14 ton/ha. Tomando como referência os valores padrão da região, pode considerar-se um valor satisfatório, de acordo com as características edafoclimáticas em causa.

O Quadro 8 ilustra a síntese do tratamento estatístico realizado (anova: factor simples).

Relativamente às diferenças registadas entre modalidades de ensaio: em termos estatísticos foram observadas diferenças significativas para a produção de produção de grão seco, entre as modalidades CR2 M e CR3 M

(nível 1 e 2 de “rega deficitária”) e a modalidade CR1 M (regime óptimo). Registaram-se diferenças na ordem das 1,7 ton/ha e 2,8 ton/ha de grão. Quanto à produção de matéria seca, não foram encontradas diferenças significativas entre modalidades.

O Quadro 9 apresenta os resultados obtidos com a breve análise económica do ensaio, para os factores de produção água de rega e energia. A base de cálculo foram as características técnicas da estação de bombagem, os dados de campo e a tabela de preços fornecida pelo agricultor (custo da água de rega 0,025 €/m³, custo energia 0,07857 €/kWh).

QUADRO 9 – Breve Análise Económica – água de rega e energia – nas três modalidades de ensaio

Cenário de Gestão da Rega	Água de Rega (m ³ /ha)	Energia (KW/ha)	Custo Total Água de Rega (€/ha)	Custo Total Energia (€/ha)	Custo Total (Euros/ha)
GIRASSOL (2004)					
CR1 G	5856	460	146	35	181
CR2 G	6135	482	153	36	189
CR3 G	3080	242	77	18	95
MILHO (2005)					
CR1 M	9477	563	237	48	285
CR2 M	8399	488	210	42	252
CR3 M	6559	420	164	33	197

QUADRO 10 – Breve Análise Económica e Ambiental - Produtividade da água de rega e da energia

Modalidade	Produtividade biológica kg (mat. seca)/ m ³	Produtividade agronómica kg (grão)/ m ³	Custos da Água de Rega (€/kg de grão)	Produtividade Energética (kg de grão/kW/)
GIRASSOL (2004)				
CR1 G	0,757	0,529	0,0472	6,7
CR2 G	0,598	0,428	0,0583	5,5
CR3 G	1,129	0,794	0,0315	10,1
MILHO (2005)				
CR1 G	0,949	1,491	0,0168	25,1
CR2 G	1,056	1,476	0,0169	18,5
CR3 G	1,281	1,729	0,0145	19,6

O Quadro 10 apresenta os resultados obtidos com a interpretação económica do ensaio, para os parâmetros produtividade biológica, produtividade agronómica, custo da água de rega e produtividade energética.

Da breve interpretação económica do ensaio, conclui-se que a modalidade de ensaio com maior restrição de água (nível 2 de “rega deficitária”), foi aquela que melhor rentabilizou os factores de produção água e energia.

Os resultados obtidos consideram-se meramente indicativos, na medida em que decorreram apenas numa campanha de rega, considerando-se os ensaios de 2004 de carácter preliminar.

CONCLUSÕES

Do trabalho realizado conclui-se o seguinte:

- As culturas girassol e milho desenvolveram mecanismos fisiológicos que lhe permitiram uma resposta adaptativa ao deficit hídrico, salientando-se a verificada capacidade de aprofundamento radical da cultura nas modalidades onde foram praticados os cenários de deficiência hídrica na gestão da rega. Outra capacidade de adaptação da cultura do girassol ao stress hídrico foi a senescência acelerada das folhas da parte inferior da planta, verificada principalmente na modalidade CR3 G, que reduziu desta forma a área foliar e consequentemente as perdas por transpiração.
- Verificou-se um rendimento superior na modalidade com nível 2 de “rega deficitária”, embora com valores de produção mais baixos, a eficiência do uso da água pela cultura é superior.
- Verificou-se um nítido potencial de economia de água proporcionável pela

gestão das culturas com “rega deficitária”.

A utilização de estratégias de gestão da água de rega de carácter deficitário, poderá ser uma mais valia nas condições Mediterrânicas, sobretudo nas situações de seca, tirando o melhor partido possível da reserva de água no solo, no sentido de maximizar a eficiência de utilização do recurso água.

A divulgação dos resultados junto dos agricultores é importante, para melhorar a rentabilidade das culturas e a eficiência da água de rega.

AGRADECIMENTOS

O estudo realizado não teria sido possível sem o apoio financeiro dos projectos de investigação AGRO 217 e PEDIZA 2002.64.002453.1.

Agradece-se à Cooperativa Agrícola do Cabido por ter tornado possível a realização desta experimentação; aos funcionários do Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Universidade de Évora, e ao Professor Shakib Shahidian, toda a ajuda prestada na realização dos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. 1998. *Crop Evapotranspiration*. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO. Roma.
- Cardoso, C. J. 1965. *Os Solos de Portugal, sua Classificação, Caracterização e Génese*. S.E. Agricultura, D. G. Serviços Agrícolas, Lisboa.
- Fereres, E., C. Gimenez & J.M. Fernandez 1986. Genetic variability in sunflower

- cultivars under drought. I yield relationships. *Aust. J. Agric. Res.*, **37**:573 – 582.
- Projecto POCTI 34149/AGR/2000. 1999. “*Conservação do Solo e da Água em Condições Particularmente Difíceis dos Regadios Mediterrâneos*”. Anexo Técnico da Candidatura ao Projecto de Investigação. Departamento de Engenharia Rural. Universidade de Évora. Évora.
- Serralheiro, R.P. 1989. *Um Estudo da Rega por Sulcos Num Solo Argiluvado*. Tese apresentada na Universidade de Évora para a obtenção de grau de Doutor. Évora.
- Shahidian, S. 2002. *Automação da Rega de Superfície com Retorno, em Tempo Real, da Informação do Campo*. Tese apresentada na Universidade de Évora para a obtenção de grau de Doutor. Évora.
- Teixeira, J. L. 2004. *RELREG – Programa para Condução da Rega em Tempo Real* – Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

Efeito da mobilização do solo nas micorrizas arbusculares de cereais de Inverno

Effects of soil management on arbuscular mycorrhizal fungi in autumn-sown crops

I. Brito¹, M. de Carvalho¹, D. van Tuinen² & M. J. Goss³

RESUMO

A mobilização do solo reduz a taxa de colonização por micorrizas arbusculares (MA) uma vez que ao provocar a disrupção do micélio extraradicular, faz com que a colonização seja preferencialmente iniciada por fontes de inoculo de crescimento mais lento. Em solos pouco perturbados, o aumento da taxa de colonização micorrízica é normalmente associado, embora nem sempre, a uma vantagem comparativa destas plantas numa fase inicial do crescimento.

No sentido de potenciar os benefícios proporcionados pela micorrização e numa óptica de sustentabilidade dos sistemas agrícolas, é fundamental o desenvolvimento de conhecimentos que elucidem sobre a ecologia funcional das MA nestes sistemas.

O trabalho desenvolvido em condições de campo no Alentejo permitiu confirmar de forma clara que raízes de trigo e de triticales cultivados em sistema de sementeira directa (SD) apresentaram uma taxa de colonização micorrízica superior, em cerca de 6 vezes, quando comparadas com raízes de plantas das mesmas espécies cultivadas em sistema de mobilização tradicional (MT). Os resul-

tados obtidos indicam também que o triticale parece ser mais micotrófico que o trigo.

Para uma melhor compreensão das implicações desta situação nas plantas desenvolveram-se ensaios em vasos. A perturbação do solo induzida pela mobilização foi reproduzida através da crivagem do solo por um crivo de 4mm. Vários parâmetros de crescimento da planta e de colonização micorrízica foram avaliados. Após 4 ciclos de 3 semanas de cultura de trigo com indução diferencial de estrutura ao nível do solo, todos os parâmetros de colonização micorrízica foram significativamente afectados. A colonização arbuscular, vesicular e por hifas foi maior em solo não perturbado. Presentemente esta metodologia de ciclos de perturbação do solo está a ser usada para avaliar diferentes aspectos da micorrização como sejam a sobrevivência de inoculo ao longo do Verão e a sua capacidade para gerar novas colonizações no período cultural.

Com o objectivo de avaliar a diversidade dos Glomeromycota presentes no campo de ensaios em estudo, sujeito aos dois tipos de mobilização do solo (SD e MT), foi usada a técnica de amplificação de sequências de rDNA destes fungos a partir de

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002 - 554 Évora, e-mail: ibrito@uevora.pt; ² Université de Bourgogne, PME INRA CMSE, ³ University of Guelph, Kemptville College

DNA total do solo. Esta técnica permite uma avaliação abrangente, evitando a morosidade e complexidade da abordagem clássica através de culturas armadilha. No total foram analisadas 87 sequências, provenientes de solo perturbado e não perturbado, e encontrados 11 tipos ribossomais. Considerando as diferenças de frequência dos tipos ribossomais presentes em cada tipo de solo, os resultados parecem confirmar que os fungos micorrízicos arbusculares são diferencialmente susceptíveis à perturbação do solo, não só em termos de diversidade como ao nível da estrutura da comunidade.

ABSTRACT

Soil tillage may markedly reduce the rate of arbuscular mycorrhiza (AM) establishment by breaking up the living AM fungal mycelium in the soil. In no till or reduced till management, this mycelium can allow earlier AM formation.

Work under field conditions in a Mediterranean climate clearly confirmed that wheat plants cultivated under no-till system had a 6 fold greater mycorrhizal colonization than those grown using a conventional tillage system.

Pot experiments were initiated to determine the benefit of the timing of colonization on plants. Soil disturbance induced by tillage practices was simulated by passing the soil through a 4 mm sieve at the start of each successive period of 3 weeks plant growth cycles. After 4 cycles of plant growth (wheat), significant effects in all colonization parameters were detected. Arbuscular, vesicular and hyphal colonization were clearly higher in undisturbed soil.

To gain a global overview of the diversity of Glomeromycota under the 2 cultivation systems in the experimental field,

rDNA sequences from the fungi have been amplified successfully from DNA extracted directly from field soil. In total 87 sequences were analysed, half from each kind of soil (undisturbed and disturbed). Based on differences observed in the frequency of the ribotypes present in soils under different tillage treatments, the results support the view that AMF are differently vulnerable to soil disturbance, not only in terms of diversity, but also in terms of the community structure.

INTRODUÇÃO

As micorrizas arbusculares (MA), constituem a simbiose entre plantas e fungos mais frequente na terra, é formada por fungos do solo pertencentes ao filo Glomeromycota e raízes da maioria das plantas terrestres. Mais de 80% das espécies das plantas conhecidas, incluindo as de interesse agrícola formam este tipo de micorrizas, podendo encontrar-se nos mais variados habitats (Smith & Read, 1997) desde desertos às florestas tropicais, em altitudes e latitudes elevadas, para além de ecossistemas aquáticos. As MA constituem uma simbiose mutualista em que o fungo obtém o carbono necessário ao seu metabolismo a partir da planta colonizada, representando 10 a 20% dos produtos resultantes da sua actividade fotossintética (Graham, 2000). O micélio extraradical produzido pelo fungo constitui uma ligação entre as raízes da planta e o solo, transportando nutrientes minerais do solo à planta e proporcionado desta forma a troca bidirecional entre simbiontes. Esta capacidade assume particular importância para os nutrientes que são transportados no solo por processos de difusão lentos e/ou são facilmente imobilizados, como acontece com o fósforo (P). O micélio extraradical desenvolvido faz com

que o volume de solo disponível para a absorção de P vá para além da zona de depleção que rapidamente se estabelece em torno das raízes activas em termos de absorção (Clark & Zeto, 2000). A planta micorrizada beneficia ainda de uma série de vantagens comparativas (Gupta *et al.*, 2000): alívio do stress hídrico, protecção contra patógenos da raiz (nemátodes, fungos, bactérias), tolerância a metais pesados tóxicos, tolerância a condições de temperaturas muito altas ou baixas, níveis de salinidade elevada no solo, pH elevado ou baixo, melhor adaptação após transplante ou ainda melhoria ao nível da agregação de partículas do solo.

A actividade agrícola provoca alterações químicas, físicas e da componente biológica ao nível do solo, interferindo deste modo na formação e desempenho das MA de um determinado local. Em solo sujeito a mobilização tem-se observado que a taxa de colonização micorrízica das plantas é menor, uma vez que a mobilização provoca a ruptura do micélio extraradical fazendo com que o estabelecimento de novas colonizações dependa de formas de inóculo de crescimento mais lento (esporos e fragmentos de raiz colonizados). Em solos não perturbados o aumento da colonização por MA está geralmente, embora nem sempre (McGonigle *et al.*, 1999) associada a uma vantagem comparativa das plantas desde os estados iniciais da cultura.

As práticas culturais que potenciam a utilização das simbioses que naturalmente ocorrem são desejáveis, não só devido à impraticabilidade de se fazerem inoculações em larga escala mas também à necessidade de conhecer melhor a diversidade dos fungos micorrízicos arbusculares (AMF) na região mediterrânica (Abbott *et al.*, 1995).

Alguns dos maiores desafios que actualmente se colocam à investigação na

área das MA prendem-se com a necessidade de encontrar métodos práticos que permitam descrever comunidades e identificar e avaliar a funcionalidade da biomassa micorrízica, relacionando esta informação com a eficiência na aquisição de nutrientes. Torna-se cada vez mais evidente que a resposta a estas questões implica abordagens multidisciplinares, começando agora a surgir resultados (Jakobsen *et al.*, 2004) que resultam da integração de estudos da componente molecular, fisiológica e ecológica.

Recorrendo a ensaios de campo, experiências em vasos e estudos de biologia molecular o presente trabalho procura saber se, em condições mediterrânicas e com um determinado tipo de rotação (trigo, triticales, girassol), a mobilização tradicional do solo e a sementeira directa têm algum efeito na taxa de colonização micorrízica de cereais de Inverno, na performance da planta e na diversidade dos AMF do campo em estudo.

O recurso a sistemas de mobilização do solo adequados permitirá tirar melhor partido do inóculo natural de AMF, conduzindo a sistemas agrícolas preferencialmente mais produtivos e seguramente mais sustentáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

Experiência 1

Na região do Alentejo (38° 28' N-7° 28' W) uma experiência de campo foi conduzida para avaliar o efeito da mobilização tradicional (MT) e da sementeira directa (SD) na evolução da colonização micorrízica de raízes de trigo e de triticales como culturas de Inverno de uma rotação, ao longo do período vegetativo. O solo é um Luvisolo (pH 5 a 6, P 14 a 28 ppm em MT e 18 a 44 ppm em SD). O ensaio foi delineado em blocos casualizados, com 3 repetições de

campo. Cada 2 semanas, entre Março e Junho, foram colhidas 4 plantas por talhão (6x35 m). As raízes foram isoladas, coradas com azul de tripano e a % de colonização micorrízica avaliada de acordo com Giovannetti & Mosse, (1980) em 3 subamostras por talhão.

Experiência 2

A variabilidade edafoclimática faz com que seja difícil avaliar a influência dos vários factores no desenvolvimento da planta. Assim estabeleceram-se ensaios em vaso, sob condições controladas, para avaliar o impacto das diferenças de colonização observadas em condições de campo. Adaptou-se um sistema desenvolvido por McGonigle & Miller (2000) em que a perturbação do solo induzida pela mobilização é reproduzida através da crivagem do solo por um crivo de 4mm. A indução de diferenças estruturais ao nível solo faz-se pela realização de ciclos sucessivos de 3 semanas de cultura, em que o solo a perturbar é crivado entre cada ciclo.

O solo foi recolhido no local da experiência de campo (pH-6,2, P-25 ppm, N total-0,06%, NO_3^- 14 ppm, MO-0,6%), seco ao ar e crivado (4 mm). A experiência foi conduzida em estufa em vaso de plástico de 6 l. Quatro sementes de trigo pré-germinadas foram colocadas em cada um dos 24 vasos e 5 dias depois eliminadas as excedentes de modo a ficarem apenas duas plantas por vaso. Três semanas após a emergência foram avaliados a altura das plantas e o peso seco. Em metade dos vasos removeram-se duas camadas de 10 cm que se passaram separadamente através de um crivo de 4 mm. Os pedaços de raiz que ficaram retidos no crivo foram cortados em fragmentos de 2 cm e misturado no solo da respectiva camada. O solo foi de novo colocado nos vasos respeitando a

posição inicial de cada uma das camadas. Nos restantes doze vasos o solo permaneceu sem qualquer perturbação. De novo, 4 sementes de trigo pré-germinadas foram colocadas em cada um dos 24 vasos, e um novo ciclo iniciado. Em cada ciclo, à excepção do último, uma semana após o transplante, foi aplicado nitrato de amónio ($50 \mu\text{g N g}^{-1}$ de solo seco). Após o último ciclo as raízes foram separadas, coradas com azul de tripano e foi avaliada a percentagem de colonização micorrízica (McGonigle *et al.*, 1990) em 3 subamostras por vaso.

Experiência 3

A amplificação de sequências de rDNA (DNA ribossomal) de Glomeromycota (van Tuinen *et al.*, 2004) a partir de DNA extraído directamente do solo permite uma percepção mais global da diversidade dos Glomeromycota de um dado local uma vez que evita o enriquecimento introduzido pelo estabelecimento de culturas armadilha que são normalmente usadas para isolamento e identificação de AMF (Jansa *et al.*, 2002). Esta metodologia foi a adoptada no presente estudo.

As amostras do solo foram recolhidas em dois talhões adjacentes do campo de ensaios. Um deles sujeito a mobilização tradicional, assumindo-se como solo perturbado (Per.) e o outro sujeito a sementeira directa desde há 9 anos, que se assumiu como solo não perturbado (N Per.). Em cada talhão (6x35 m) foram recolhidas dez amostras com sonda (0-15 cm), constituindo-se uma amostra composta que foi crivada e mantida a 4 °C até ser analisada. De cada tipo de solo retiraram-se 3 subamostras de 200 mg e o DNA total foi isolado de acordo com Martin-Laurent, *et al.* (2001).

O DNA purificado foi usado para executar a primeira amplificação de PCR da extremidade 5' da LSU (large sub-unit) do rDNA. Usaram-se os primers LR1 (van Tuinen *et al.*, 1998) específico de eucariotas, e FLR2 (Trouvelot *et al.*, 1999) específico de fungos. O produto da amplificação foi diluído e usado como “template” para a segunda PCR, com o primer específico de AMF FLR4 (Gollotte *et al.*, 2004) em combinação com LR1. Os produtos desta segunda amplificação foram clonados no vector (TOPO TA Cloning Kit for Sequencing, Invitrogen) de acordo com as instruções do fabricante. A preparação do plasmídeo foi feita usando o Nucleoplasmid kit (Macherey-Nagel) e a sequência feita pela MWG Biotech-AG (Alemanha). Todas as sequências foram verificadas quanto à presença de sequências quiméricas e alinhadas com recurso ao programa ClustalW. O alinhamento foi otimizado manualmente, com recurso ao software Se-Al v 2.0 (University of Oxford). Procedeu-se à análise filogenética usando o algoritmo de “neighbour joining”

(NJ) incluído no programa ClustalW, usando *Mortierella multidivariata* como “outgroup”. As posições com intervalos em aberto (gaps) foram ignoradas e a fiabilidade das ramificações internas do NJ foi avaliada usando o método de “bootstrap” com 1000 réplicas. Os ficheiros da árvore foram desenhados usando njplot (<http://biom3.univ-lyon1.fr>) e as sequências agrupadas em tipos ribossomais.

RESULTADOS

Experiência 1

Os resultados obtidos indicam que as plantas cultivadas em regime de SD evidenciam uma colonização micorrízica mais elevada do que as cultivadas em regime de MT e que o tritcale parece ser mais micotrófico que o trigo (Figura 1). A colonização micorrízica seguiu um padrão típico, mais evidente no tritcale, aumentado até à Primavera e decrescendo gradualmente a partir dessa altura.

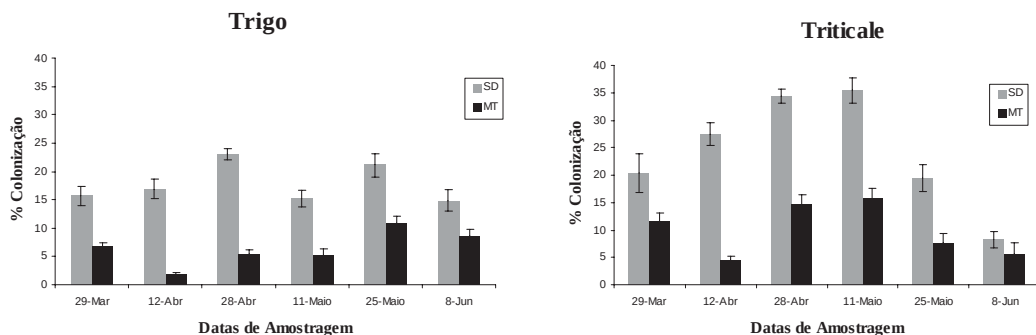


Figura 1 - % de colonização micorrízica de raízes de trigo e tritcale ao longo do ciclo vegetativo, em condições de campo. As barras representam o erro padrão da média

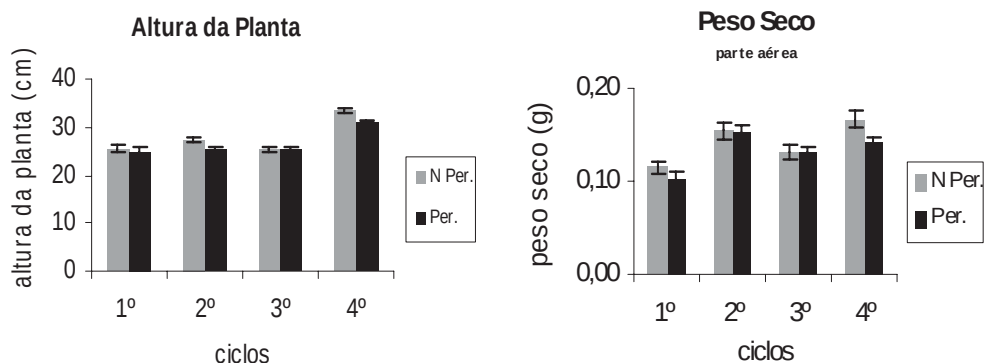


Figura 2 - Altura de planta (cm) e peso seco da parte aérea (g) ao longo dos 4 ciclos, em solo não perturbado (N Per.) e perturbado (Per.). As barras representam o erro padrão da média

Experiência 2

Após 4 ciclos de 3 semanas é perceptível, ao nível dos parâmetros da planta avaliados, o efeito da perturbação diferencial do solo. A altura da planta e o peso seco da parte aérea (Figura 2), são significativamente maiores em solo não perturbado.

A perturbação diferencial do solo afectou significativamente todos os parâmetros da colonização micorrízica (Figura 3). A colo-

nização de arbuscular (AC), vesicular (VC) e por hifas (HC) foi claramente maior em solo não perturbado. As diferenças observadas na AC e na VC em plantas com 3 semanas indicam que no solo não perturbado, onde o micélio extraradical não é quebrado, a colonização ocorre mais eficientemente/rapidamente (as vesículas são produzidas apenas quando a colonização está bem estabelecida) e em maior extensão.

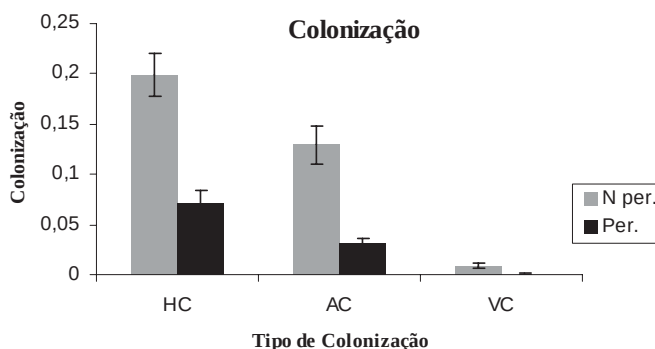


Figura 3 - Parâmetros da colonização micorrízica. AC - colonização arbuscular, VC - colonização vesicular, HC - colonização por hifas, em solo não perturbado (N Per.) e perturbado (Per.). As barras representam o erro padrão da média

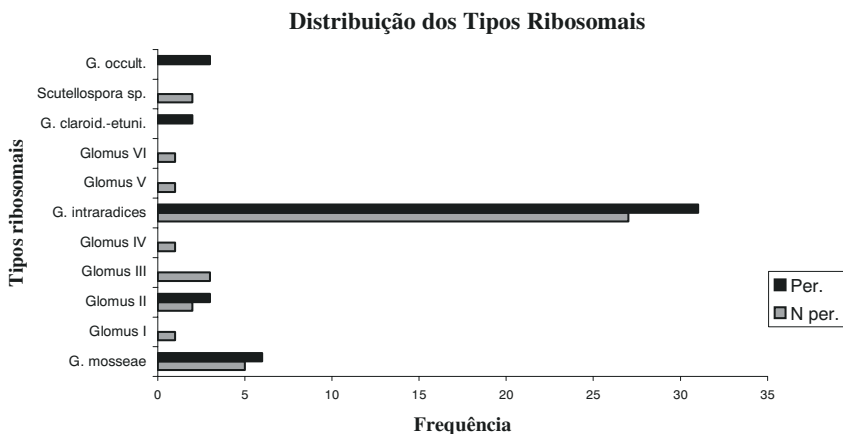


Figura 4 - Tipos ribosomais encontrados em solo perturbado (Per.) e não perturbado (N Per.) e suas frequências

Experiência 3

Após o alinhamento da extremidade 5' da LSU do rDNA que cobre a região de D1 D2 (616 bases) de 87 sequências foram detectados 11 tipos ribosomais, com diferentes frequências (Figura 4). À exceção de um tipo ribosomal, identificado como pertencendo ao gênero *Scutellospora*, todos os restantes pertencem à ordem Glomineae, nomeadamente à família Glomaceae. Quatro tipos ribosomais foram identificados ao nível da espécie, a saber: *G. mosseae*, *G. intraradices*, *G. claroideum-etunicatum* e *G. occultum*. O tipo ribosomal que corresponde a *G. intraradices* foi o mais abundantemente encontrado em ambas as condições experimentais estudadas. De acordo com os dados obtidos apenas 3 dos tipos ribosomais (*G. mosseae*, *G. intraradices* e *Glomus II*) foram identificados em ambos os tipos de solo, 6 foram apenas encontrados em solo não perturbado e 2 apenas no solo perturbado.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Vários estudos atestam que a ruptura do micélio extraradical de AMF influencia de forma negativa a subsequente taxa de colonização micorrízica das plantas (Fairchild & Miller, 1990; Douds Jr. *et al.*, 1995; Martins & Read, 1997; Goss & de Varennes, 2002). Contudo, a maioria destes estudos reconhece igualmente a necessidade de verificar esta tendência em situação de campo. Os resultados obtidos na experiência 1 parecem confirmar de forma clara que plantas de trigo e tritcale cultivadas em solo sujeito a sementeira directa evidenciam uma taxa de colonização micorrízica superior à observada nas mesmas espécies vegetais quando cultivadas em solo sujeito a mobilização tradicional.

A adaptação da metodologia dos ciclos com perturbação para indução de diferenças estruturais permitirá ultrapassar alguns dos constrangimentos do trabalho de campo, nomeadamente a variabilidade edafoclimática. Outra importante vantagem desta abor-

dagem consiste no facto de usar o inoculum natural de AMF, abrangendo toda a sua diversidade e formas. Esta metodologia está actualmente a ser usada para avaliar diferentes aspectos da micorrização, tais como a sobrevivência do inoculum ao longo do Verão e a sua capacidade para iniciar novas colonizações na época agrícola seguinte.

Considerando as diferenças observadas na frequência dos vários tipos ribossomais identificados em ambos os solos, os dados moleculares obtidos parecem confirmar que os AMF são diferencialmente susceptíveis à perturbação do solo, não só em termos da diversidade (Oehl *et al*, 2003), mas também ao nível da estrutura da comunidade (Franke-Snyder *et al*, 2001). A diversidade de tipos ribossomais encontrada em solo não perturbado é claramente mais elevada quando comparada com solo perturbado, indicando que a diversidade diminui com a perturbação do solo. Os dados obtidos permitirão o *design* de *primers* específicos de cada tipo ribossomal (Turnau *et al*, 2001), e assim perceber quais os tipos ribossomais que colonizam a planta ao longo do seu ciclo vegetativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, L.K., Robson, A.D. & Scheltema, M.A. 1995. Managing soils to enhance mycorrhizal benefits in mediterranean agriculture. *Critical Reviews in Biotechnology*, **15**:213-228.
- Clark, R.B. & Zeto, S.K. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, **23**:867-902.
- Douds Jr., D. D., Galvez, L., Janke, R. R. & Wagoner, P. 1995. Effect of tillage and farming system upon populations and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Agric., Ecosys. and Environment*, **52**: 111-118.
- Fairchild, G.L. & Miller, M.H. 1990. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and the soil-disturbance-induced reduction of nutrient absorption in maize. *New Phytol.*, **114**:641-650.
- Franke-Snyder, M., Douds Jr, D. D., Galvez, L., Philips, J. G., Wagoner, P., Drinkwater, L. & Morton, J. B. 2001. Diversity of communities of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi present in conventional versus low-input agricultural sites in eastern Pennsylvania, USA. *Applied Soil Ecology*, **16**:35-48.
- Giovannetti, M. & Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.*, **84**:489-500.
- Gollotte, A., van Tuinen, D. & Atkinson, D. 2004. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing roots of the grass species *Agrostis capillaries* and *Lolium perenne* in a field experiment. *Mycorrhiza*, **14**:111-117.
- Goss, M.J. & de Varennes, A. 2002. Soil disturbance reduces the efficacy of mycorrhizal associations for early+ soybean growth and N₂ fixation. *Soil Biology and Biochemistry*, **34**:1167-1173.
- Graham, J.H. 2000. Assessing costs of arbuscular mycorrhizal symbiosis agroecosystem fungi. In G.K. Podila & D.D. Douds Jr (eds) *Current Advances in Mycorrhizal Research*, pp 127-140. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Gupta, V., Satyanarayana, T. & Garg, S. 2000. General aspects of mycorrhiza. In K.G. Mukerji, B.P., Chamola & J. Singh (eds) *Mycorrhizal Biology*, pp 27-44. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Jakobsen, I., Munkvold, L., Smith, A. & Smith, S. 2004. Functional diversity in nutrient acquisition by arbuscular mycorrhizal fungi. In J. Baar and E.Josten

- (eds), *Programme and abstracts of the COST-Meeting Role of Mycorrhiza in sustainable land management*. Applied Plant Research, WUR, Netherlands.
- Jansa, J., Mozafar, A., Anken, T., Ruh, R. & Sanders, I.R., Frossard, E. 2002. Diversity and structure of AMF communities as affected by tillage in a temperate soil. *Mycorrhiza*, **12**: 225-234.
- Martin-Laurent, F., Philippot, L. Hallet, S. Chaussod, R. Germon, J. C. Soulas, G. & Catroux, G. 2001. DNA extraction from soils: old bias for new microbial diversity analysis methods. *Appl Environ Microbiol.*, **67**:2354-2359.
- Martins, M. & Read, D. J. 1997. Efeitos da distribuição do micélio externo de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento vegetal. *Pesq. Agropec. Bras.*, **32** (11):1183-1189.
- McGonigle, T. P., Miller, M. H. & Young, D. 1999. Mycorrhizae crop growth and crop phosphorus nutrition in maize-soybean rotations given various tillage treatments. *Plant and Soil*, **210**:33-42.
- McGonigle, T. P. & Miller, M. H. 2000. The inconsistent effect of soil disturbance on colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi: A test of the inoculum density Hypothesis. *Appl. Soil Ecol.*, **14**:147-155.
- McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. & Swan, J. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.*, **115**:495-501.
- Oehl, F., Sieverding, E., Ineichen, K., Mader, P., Boller, T. & Wiemken, A. 2003. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Appl Environ Microbiol.*, **69**:2816-2824.
- Smith, S.E. & Read, D.J. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London.
- Trouvelot, S., van Tuinen, D., Hijri, M. & Gianinazzi-Pearson, V. 1999. Visualization of ribosomal DNA loci in spore interphasic nuclei of glomalean fungi by fluorescence in situ hybridisation. *Mycorrhiza*, **8**:203-206.
- Turnau, K., Ryszka, P., Gianinazzi-Pearson, V. & van Tuinen, D. 2001. Identification of arbuscular mycorrhizal fungi in soils and roots of plants colonizing zinc wastes in southern Poland. *Mycorrhiza*, **10**:169-174.
- van Tuinen, D., Jacquot, E., Zhao, B., Golotte, A. & Gianinazzi-Pearson, V. 1998. Characterization of root colonization profiles by a microcosm community of arbuscular mycorrhizal fungi using 25S rDNA-targeted nested PCR. *Molecular Ecology*, **7**:879-887.
- van Tuinen, D., Charvolin, E. & Gianinazzi-Pearson, V. 2004. Ribosomal sequences as a tool to study and monitor arbuscular mycorrhizal fungi. In J. Baar and E.Josten (eds), *Programme and abstracts of the COST-Meeting Role of Mycorrhiza in sustainable land management*. Applied Plant Research, WUR, Netherlands.

Utilização de sistemas de aquecimento por ar e por água quente em estufas localizadas em zonas mediterrânicas

Utilisation of air and pipe heating systems in Mediterranean green-houses

J. Afonso¹, F. Baptista¹, V. Fitas da Cruz¹ & J.L. Garcia²

RESUMO

Um dos principais objectivos da produção em estufa é a obtenção de plantas, em quantidade e qualidade, que de outro modo não seria possível devido às condições adversas do meio exterior. No entanto, de modo a obter no interior da estufa as condições de temperatura e humidade adequadas é normalmente necessário recorrer a técnicas de condicionamento ambiental, como sejam, a ventilação e o aquecimento.

Neste trabalho pretendeu-se estudar a influência de diferentes sistemas de aquecimento, por ar quente e por água quente, nas condições de ambiência no interior de uma estufa localizada numa zona Mediterrânica continental. Além disso, pretendeu-se também comparar o efeito destes sistemas de aquecimento na ocorrência de condensação. Este é um aspecto de grande importância já que a condensação pode ser um factor favorável à proliferação de determinadas doenças criptogâmicas, responsáveis por avultadas perdas de produção.

O trabalho experimental foi realizado numa estufa localizada em Madrid na

Escola Técnica Superior de Engenheiros Agrónomos. A estufa era multiténel tendo o tecto a forma elipsoidal. A área da estufa era 132 m² e o material de cobertura metacrilato com 3 mm de espessura. O sistema de ventilação consistia em aberturas contínuas laterais e zenitais. Esta estufa estava equipada com dois sistemas de aquecimento, termoventiladores (ar quente) e solo radiante (água quente). Foram recolhidos dados relativos à temperatura e humidade relativa do ar no interior e no exterior, bem como da ocorrência de condensação na parte interna da cobertura da estufa. Todos os dados foram registrados com intervalos de 5 minutos, durante vários dias. Verificou-se que a humidade relativa e os períodos em que ocorreu condensação são bastante menores quando se utilizou o aquecimento por ar quente. Ambos os sistemas foram comparados relativamente ao consumo energético. Para as mesmas condições climáticas exteriores, o sistema de aquecimento por água quente apresentou maior consumo energético que o sistema de aquecimento por ar quente, nas condições testadas.

¹ Dep. Engenharia Rural e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554, Évora; e-mail: fb@uevora.pt ² Universidade Politécnica de Madrid, ETSI Agrónomos, Departamento de Ingeniería Rural, 28040 Madrid, Espanha

ABSTRACT

One of the main objectives of the greenhouse production is to obtain a good performance of the crops, which would not be possible outside due to adverse conditions of the environment. However, to achieve suitable internal air temperature and humidity it is usually necessary to use environmental control techniques, as ventilation or heating.

The objectives of this work were: 1. to study the effect of the different heating systems, pipe and air, in the climatic conditions in a Mediterranean greenhouse and 2. to study the influence of these different heating systems on the occurrence of condensation.

External and internal climatic data were collected as the occurrence of condensation on internal surface of the cover material. All data were registered in a Data Logger each 5 minutes, during several days. With air heaters, inside relative humidity was lower comparing to pipe heating. Both strategies were compared concerning the energy consumption. For the same outside conditions, pipe heating presented higher levels of energy consumption than air heaters. With air heaters, the condensation rate on the inner surface of the cover was strongly reduced.

INTRODUÇÃO

Uma característica da produção agrícola é que esta geralmente se realiza em zonas afastadas dos grandes núcleos de consumo. Nesta situação e para produtos de utilização em fresco, o seu carácter perecível e os custos de transporte, justificam a intenção de aproximar os centros produtivos aos de consumo. Esta alternativa requer frequentemente que se cultive em condições desfavoráveis para as plantas, o que exige a sua protecção em ambientes mais adequados ao seu

desenvolvimento, com um custo de operação compatível com o rendimento económico da produção. Enquadra-se aqui o cultivo em estufa (Navas, 1996).

Em contraste com a maioria dos sistemas de produção em agricultura, a produção em estufa permite manipular o crescimento e a produtividade (até certos limites) das culturas através da utilização correcta de técnicas de produção e de condicionamento ambiental (Baptista, 1996). O aquecimento é uma das técnicas de condicionamento ambiental que permite criar as melhores condições no interior da estufa, possibilitando a obtenção de elevada quantidade e qualidade das culturas.

O objectivo do aquecimento é conseguir uma temperatura ambiente próxima daquela que se considera óptima para o desenvolvimento da cultura e evitar a condensação, que poderá ser prejudicial para o estado sanitário das plantas (Pastor, 2004).

A condensação é um fenómeno não desejado que pode ocorrer em estufas, quer sobre a cultura, quer sobre a cobertura, devido a problemas de temperatura e humidade. Ocorre na superfície interna da cobertura logo que a temperatura desta seja inferior à temperatura do ponto de orvalho do ar. A condensação pode ocorrer nas primeiras horas frias do amanhecer, apesar de também se produzir condensação durante a noite e ao fim da tarde, quando a temperatura desce bruscamente e a estufa está com elevado teor de humidade devido à transpiração das plantas.

A condensação provoca efeitos indesejáveis, tais como a redução da transmissão da luz devido à reflexão e o possível gotejamento, que favorece o aparecimento de doenças provocadas por fungos (Baptista *et al.*, 2001). O ideal será manter a temperatura da superfície das folhas acima do ponto de orvalho, de modo a prevenir a ocorrência de

condensação e limitar o aparecimento de doenças nas plantas (Bartzanas *et al.*, 2005).

Para fornecer calor às culturas numa estufa existem várias opções, quer em termos de combustível a utilizar, quer em termos de sistemas de distribuição, dependendo a sua escolha do tamanho da estufa, da sua localização geográfica e do tipo de cultura, entre outros factores (Oliveira *et al.*, 1999).

O calor gerado numa caldeira central de gás ou gasóleo pode distribuir-se através de água quente ou de ar quente, utilizando termoventiladores. Estes equipamentos constam de um permutador de calor formado por uma rede de tubos e de um ventilador. O ventilador impele o ar ambiente da estufa através da rede de tubos, onde o ar é aquecido.

Dentro dos sistemas de aquecimento por água quente, é preciso distinguir o aquecimento da parte aérea da planta, onde as trocas de calor se dão por radiação ou convecção e o aquecimento da parte subterrânea (sistema radicular), cujas trocas são essencialmente por condução (Matallana & Moreno, 1989). A circulação de água quente em tubos localizados no interior da estufa é um dos sistemas de aquecimento utilizados em culturas protegidas. À entrada da estufa, a temperatura da água que circula pelos tubos pode oscilar entre 80/90° C, e no retorno a temperatura da água é aproximadamente 60° C.

Os sistemas de aquecimento com ar quente permitem uma rápida resposta a variações de temperatura e apresentam elevada eficiência térmica (Alvarez & Parra, 1998). As vantagens do ar em relação à água são essencialmente a sua baixa inércia térmica, o menor custo de instalação e a eliminação da condensação quando o jacto de ar é direccionado para a envolvente, bem como o facto dos ventiladores poderem ser utilizados no Verão para a ventilação (Baptista, 2000). No entanto, também tem alguns inconvenientes, tais como: alto consumo

energético, distribuição mais irregular do calor e também um aumento no consumo de energia eléctrica para o funcionamento dos ventiladores (Alvarez & Parra, 1998; Pastor, 2004). A água apresenta como grande vantagem a sua elevada inércia térmica, que permite que após paragem do sistema ocorra uma descida gradual da temperatura (Bernat *et al.*, 1990).

A realização deste trabalho teve como principais objectivos estudar a influência de dois sistemas de aquecimento, por ar quente e por água quente, nas condições de ambiência no interior de uma estufa localizada numa zona Mediterrânica continental. Além disso, pretendeu-se também comparar o efeito destes sistemas de aquecimento na ocorrência de condensação.

MATERIAL E MÉTODOS

A estufa onde foram testadas as estratégias a que se refere este trabalho localiza-se nos Campos de Práticas da ETSIA de Madrid, a 40° 26' 36" de latitude N, a 3° 44' 18" de longitude W e a uma altitude de 595 m.

A estufa é do tipo bi-túnel de tecto curvo e paredes rectas. As suas dimensões são de 20 m de comprimento e 6,6 m de largura (área de 132 m²). A altura de cumeeira e pé direito são 4,5 m e 3 m respectivamente. É formada por uma estrutura de aço galvanizado, com pilares a cada dois metros na parte lateral. O material de cobertura é o metalcristalato, com 3 mm de espessura. Dispõe de janelas zenital e lateral, écran térmico e dois sistemas de aquecimento: com água quente (solo radiante) e ar quente (termoventilador). No seu interior cultivava-se *Gerbera jamesonii* em vasos sobre o solo.

Os sistemas de aquecimento existentes na estufa são de dois tipos: 1. aquecimento por ar quente (termoventiladores) e 2. por água quente (solo radiante).

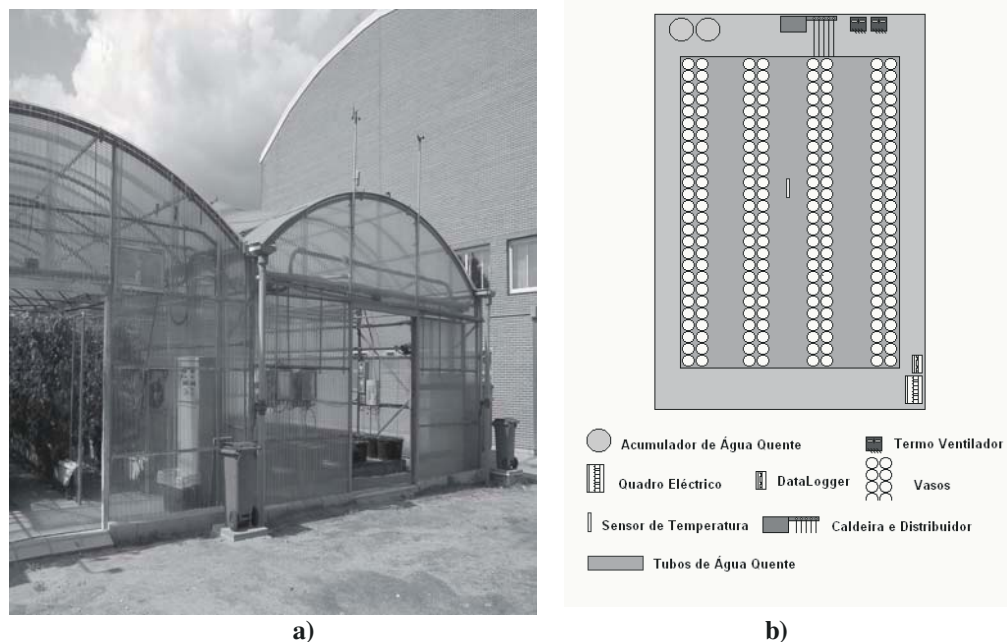


Figura 1 – Vista exterior da estufa (a) e esquema da configuração da estufa com os equipamentos experimentais (b)

1. É composto por quatro termoventiladores de 9 kW cada, dispostos em posições simétricas nas paredes frontal e traseira da estufa, a uma altura de 1,5 m do solo. As ligações eléctricas e automatismos utilizados para accionar o conjunto localizam-se no quadro eléctrico.

2. Consta de tubos enterrados onde circula a água quente e que ocupam uma superfície de 90 m². A sua instalação consistiu em colocar sobre o cimento da estufa, uma camada de isolante térmico, uma lâmina de plástico (que actua como barreira de vapor) e uma malha metálica para conduzir os tubos (540 m) de polietileno reticulado, através dos quais circula a água quente. Este sistema está alimentado por uma caldeira eléctrica de 15 kW.

O aquecimento da estufa realiza-se mediante dois interruptores horários, um

para cada sistema de aquecimento, variando os horários de funcionamento e a potência segundo a estação do ano.

Os dados climáticos exteriores e interiores foram recolhidos com o auxílio de um conjunto de sensores apropriados para o efeito e que permaneceram nas mesmas posições durante todo o período experimental.

As leituras destes sensores foram registradas e armazenadas por dois sistemas de aquisição de dados SAD1 e SAD2 - Equipamentos da marca Datataker modelo DT50-S2.

O SAD 1 foi instalado para armazenar as leituras de temperatura de 3 sensores: um de temperatura exterior, localizado a 1,5 m de altura, e dois para a temperatura do ar interior, a 1,5 m e 3,2 m de altura. Armazenou ainda as leituras do piranómetro, colocado no exterior, para medir a

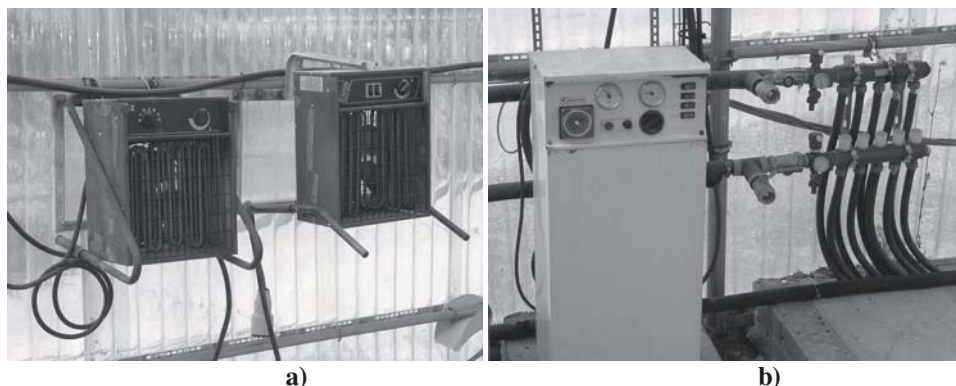


Figura 2 – Vista de termoventiladores da estufa (a) e vista da caldeira e equipamento de distribuição de água quente (b)

radiação solar global entre 0 e 1500 W/m^2 , num intervalo espectral entre 300 e 2800 nm, com uma precisão de $\pm 1,5\%$. O SAD 2 armazenou os valores de velocidade e direcção do vento exterior (sensores instalados 1 m por cima da cumeeira da estufa). Armazenou ainda os valores de humidade relativa exterior (0,25 m por cima da cumeeira da estufa), de humidade relativa interior, medida a 0,5 m de altura, por um higrómetro com um intervalo de medição entre 0 e 100% e uma precisão de $\pm 3\%$, da temperatura do tecto e a presença de condensação na cobertura. As leituras foram de 5 em 5 segundos, sendo armazenadas as médias a cada 5 minutos.

Os sensores de temperatura eram do tipo PT100, com intervalo de medida de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ e uma precisão de $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Durante todo o período experimental estiveram protegidos da radiação solar por uma película de plástico branco. Foi utilizado um computador portátil para descarregar os dados dos SAD 1 e 2 para os posterior análise.

Foram testadas 8 estratégias, divididas em 2 grupos: I (EST 1, 3, 4 e 6) – aquecimento por água quente e II (EST 7 a 10) – aquecimento por ar quente. Nas EST 1, 3, 7 e 8 foi utilizado um écran térmico,

formado por 5 bandas de 4 m, conferindo 75% de sombreamento e 60% de poupança energética. Este era estendido e recolhido mediante um interruptor horário.

Nos Quadros 1 e 2 apresentam-se as características das estratégias em estudo e as horas de funcionamento dos sistemas de aquecimento.

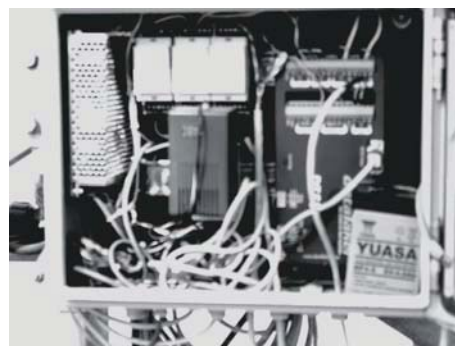


Figura 3 – Detalhe do equipamento de aquisição de dados, da marca Datataker, modelo DT50-S2

Este trabalho esteve inserido num projecto mais amplo, onde também se pretendia estudar diferentes estratégias de ventilação e técnicas de poupança de energia. No entanto,

QUADRO 1– Condições de realização das estratégias

Estratégias	Dias		Écran Térmico	Janela Zenital	Período de Abertura
1	14	Água Quente	Com	Fechada	-
3	13			Aberta (25 cm)	6h - 10h
4	10		Sem	Fechada	-
6	13			Aberta (25 cm)	6h - 10h
7	13	Ar Quente	Com	Fechada	-
8	19			Aberta (25 cm)	5h - 9h
9	17		Sem	Fechada	-
10	22			Aberta (25 cm)	6h - 10h

o objectivo específico deste trabalho era estudar a influência dos sistemas de aquecimento (por água quente e por ar quente) nas condições interiores da estufa. Para tal foi necessário fixar os restantes factores que poderiam influenciar este estudo. Assim, a comparação entre o sistema de aquecimento por água quente e por ar quente foi feita utilizando dados em que a única variável era o sistema de aquecimento utilizado, sendo todos os outros factores constantes.

QUADRO 2– Maneio dos sistemas de aquecimento

Estratégia		Ligado	Desligado
1	Água Quente	21:35 h	11:00 h
3		21:35 h	11:00 h
4		20:35 h	10:35 h
6		21:40 h	11:00 h
7	Ar Quente	21:25 h	11:00 h
8		21:30 h	11:00 h
9		21:30 h	11:00 h
10		21:30 h	11:00 h

Os dados utilizados para este trabalho correspondem a médias registadas de 5 em 5 minutos, num período de tempo entre as 20h da noite e as 11h da manhã. Para cada estratégia, após a recolha dos dados foi elaborado um quadro com os valores médios de

cada dia, para cada parâmetro estudado. Finalmente, obteve-se a média geral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução das condições climáticas interiores e exteriores: Temperatura e Humidade Relativa

Tal como foi referido anteriormente, neste trabalho pretende-se estudar o efeito dos diferentes tipos de aquecimento, pelo que foram comparadas as estratégias 1 e 7, 3 e 8, 4 e 9 e 6 e 10.

Uma vez que cada estratégia foi realizada em dias e até meses diferentes, foi necessário minimizar o efeito das condições climáticas exteriores. Para tal, recorreu-se à diferença de temperatura entre o interior e o exterior da estufa e também ao coeficiente experimental de transferência de calor (K). Este método está de acordo com outros trabalhos desenvolvidos por Bartzanas *et al.* (2005).

As Figuras 4 e 5 mostram a evolução da temperatura e da humidade relativa verificadas no interior e no exterior durante o período entre as 20h e as 11h, para as estratégias com o sistema de aquecimento por água quente e por ar quente, respectivamente.

Os gráficos A (EST 1), B (EST 3), C (EST 4), D (EST 6), E (EST 7), F (EST 8), G (EST 9) e H (EST 10), inseridos nas figuras representam dados relativos ao dia

médio para cada estratégia. Tratam-se de valores médios a cada 5 minutos, de todos os dias em que decorreu cada estratégia, durante o período de tempo estudado (das 20 h da noite às 11 h da manhã).

Nestas figuras é possível observar a subida da temperatura interior e exterior nas primeiras horas do dia, devido ao amanhecer e logo ao aumento dos ganhos de calor devido à radiação solar. No gráfico D e H verifica-se que, no período entre as 6h e 10h da manhã, ocorreu uma descida acentuada da temperatura interior, quando a temperatura exterior se mantém estável. Esta situação é explicada pelas perdas de calor devido à ventilação, já que a essa hora se abriram as janelas.

Em todos os gráficos da Figura 4 verifica-se que a humidade relativa interior é superior à humidade relativa exterior. Pelo contrário, em todos os gráficos da Figura 5, a humidade relativa interior é inferior à humidade relativa exterior. Estes resultados mostram que os sistemas de aquecimento por ar quente permitem controlar facilmente a humidade relativa, o que está de acordo com Perales *et al.* (2003). Outra característica comum nestes gráficos é a subida repentina e acentuada da temperatura interior após o momento em que se liga o sistema de aquecimento, o que se deve à baixa inércia térmica do ar, o que está de acordo com Alvarez & Parra (1998).

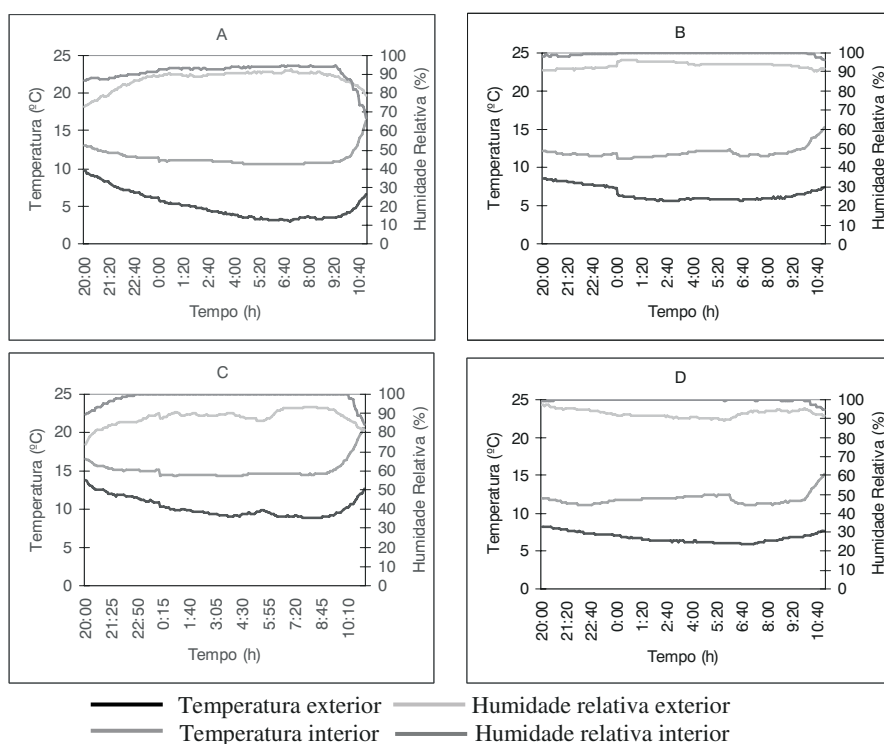


Figura 4 – Evolução da temperatura e da humidade relativa no interior e no exterior, quando se utilizou o sistema de aquecimento por água quente

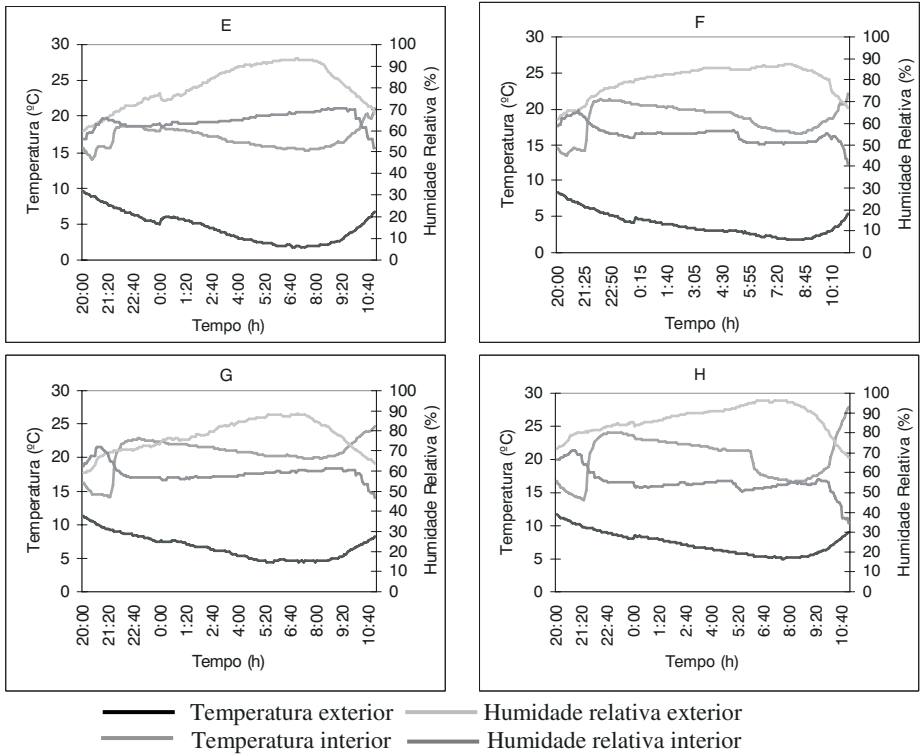


Figura 5 – Evolução da temperatura e da humidade relativa no interior e no exterior, quando se utilizou o sistema de aquecimento por ar quente

QUADRO 3 – Resumo dos valores máximos e mínimos de temperatura e humidade relativa, para o dia médio de cada estratégia

	SISTEMA DE AQUECIMENTO							
	Água Quente							
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	1		3		4		6	
t int (°C)	16,3	10,6	15,2	11,1	20,5	14,3	15,2	11,1
HR int (%)	95	67	100	96	100	84	100	95
t ext (°C)	9,7	3,1	8,6	5,7	13,8	8,8	8,2	5,9
HR ext (%)	93	73	96	90	93	74	97	89
	Ar Quente							
	7		8		9		10	
t int (°C)	21,1	14,1	22,1	13,5	24,7	14,2	28,0	13,9
HR int (%)	70	52	66	41	72	47	71	35
t ext (°C)	9,6	1,8	8,5	1,7	11,3	4,4	11,8	5,1
HR ext (%)	93	60	87	62	88	59	96	67

O Quadro 3 mostra os valores máximos e mínimos de temperatura e humidade relati-

va interior e exterior, obtidos para o dia médio de cada estratégia. A observação des-

te quadro permite identificar a maior facilidade com que se atingem valores de humidade relativa interior de 100%, utilizando o sistema de aquecimento por água quente. É também visível neste quadro que os valores de temperatura interior, nas estratégias em que se utiliza o aquecimento por ar quente, são de um modo geral, superiores. Com este sistema de aquecimento, os valores de humidade relativa interior são menores que os verificados com o sistema de aquecimento por água quente, o que está de acordo com os resultados obtidos por Pastor (2004). No entanto, estas diferenças podem ser devidas às diferentes condições verificadas no exterior.

No Quadro 4 apresentam-se os valores médios para cada estratégia realizada. Estes valores foram obtidos a partir das médias diárias de cada estratégia. A média diária resulta da média de todos os valores que constituem um dia (neste caso, os valores medidos no período entre as 20h da noite e às 11h da manhã). Foi calculado para cada um dos parâmetros estudados e representados neste quadro.

A temperatura exterior e a temperatura interior apresentaram valores médios a variar entre 2,7 e 10,2 °C e 11,3 e 21 °C, respectivamente.

O coeficiente experimental de transferência de calor (K), calculado através da expressão $K = Q/(t_i - t_e)$, apresenta valores superiores quando se utiliza o sistema de aquecimento por água quente. Este facto pode justificar-se com os baixos valores de diferença entre temperatura interior e exterior que ocorrem quando se utiliza este sistema de aquecimento.

A diferença de pressão de vapor (DPV), sendo $DPV = e_i^* - e_i$, onde e_i^* é a pressão de vapor em condições de saturação, função da temperatura e e_i a pressão de

vapor actual, função da temperatura e da humidade relativa.

Verifica-se que os valores mais baixos de DPV ocorreram quando se utilizou o sistema de aquecimento por água quente. Esta situação é natural, uma vez que os valores de humidade relativa interior obtidos com este tipo de aquecimento são bastante superiores aos obtidos com o sistema de aquecimento por ar quente.

Os valores relativos à condensação representam a percentagem de tempo, no período entre as 20 h e às 11 h, em que os sensores registraram condensação. Verifica-se que quando se utilizou o sistema de aquecimento por água quente, a percentagem de condensação foi nitidamente superior que quando se utilizou o aquecimento por ar quente. Este facto pode ser explicado pelo acentuado aumento de temperatura do ar ($\Delta t >$) quando se aquece com ar quente comparativamente a água quente. Estes resultados estão de acordo com trabalhos anteriores de Perdignes *et al.* (2005). Estes observaram que em climas mediterrânicos, os sistemas de aquecimento por ar quente melhoram significativamente o controlo do balanço de vapor, principalmente ao manter a temperatura do ponto de orvalho do ar interior abaixo da temperatura da cobertura, evitando assim a ocorrência de condensação.

Comparação da diferença de temperatura interior e exterior nas várias estratégias

Os gráficos da Figura 6 representam o dia médio e com eles pretende-se comparar os valores da diferença de temperatura entre o interior e o exterior ao longo do período em estudo (das 20 h da noite às 11 h da manhã), entre estratégias com sistemas de aquecimento por água e por ar quente. Em todos os gráficos é comum o facto de os valores

QUADRO 4 – Resumo das médias diárias para cada estratégia

EST	t_e	HR _e	VV*	Q	t_i	HR _i	DPV*	C*	K	Δt (°C)
	(°C)	(%)	(m/s)	(W/m ²)	(°C)	(%)	(kPa)	(%)	(W/m ² °C)	
1	5,0	87,7	0,33	101,68	11,3	91,3	0,116	13,70	16,139	6,3
3	6,6	93,5	0,32	101,68	11,9	99,5	0,006	4,90	18,829	5,4
4	10,2	88,1	0,43	104,50	15,1	98,7	0,024	25,00	21,326	4,9
6	6,8	92,7	0,44	101,33	11,8	99,7	0,004	6,90	19,869	5,1
7	4,5	80,7	0,43	124,39	16,9	64,9	0,710	0,70	10,031	12,4
8	2,7	87,7	0,26	162,66	17,9	61,7	0,799	2,62	10,701	15,2
9	7,0	78,5	0,99	202,64	21,0	61,5	1,000	2,47	14,372	14,1
10	7,3	85,6	0,72	199,01	20,1	63,1	0,891	0,70	15,548	12,8

* VV – Velocidade do vento; DPV – Diferença de Pressão de Vapor; C – Condensação;

da diferença entre temperatura interior e exterior serem menores quando se utiliza o sistema de aquecimento por água quente.

Verifica-se, claramente, que após iniciar o processo de aquecimento, ocorreu um grande salto térmico no caso do sistema de aquecimento por ar quente, enquanto que no sistema de aquecimento por água quente se registraram subidas graduais de temperatura. Este facto é explicado pela diferente inércia térmica do ar e da água. O ar permite uma rápida resposta a mudanças de temperatura pela sua baixa inércia térmica, tal como é referido por Bernat *et al.* (1990), enquanto que a água tem uma elevada inércia térmica (Alvarez & Parra, 1998).

Nas primeiras horas do dia registrou-se uma subida dos valores de diferença de temperatura, quer nas estratégias com água, quer nas estratégias com ar quente, devido ao aumento da radiação solar, como foi referido anteriormente.

Relativamente ao gráfico comparativo das estratégias 6 e 10, verifica-se uma descida brusca dos valores de diferença de temperatura, em ambas as estratégias, no período entre as 6h e as 10h da manhã, que tal como foi já referido se deve à abertura das janelas.

Comparação do consumo de energia nas várias estratégias

Com o objectivo de comparar o consumo de energia, de diferentes sistemas de aquecimento, em condições climáticas exteriores distintas, foi usado o coeficiente experimental de transferência de calor (K). Este coeficiente engloba as perdas por convecção entre o ar da estufa e o material de cobertura, condução através do material de cobertura, convecção cobertura-ar exterior e o balanço de radiação térmica.

Para os dois sistemas de aquecimento, o coeficiente K foi calculado a partir da média diária do consumo de energia ou aquecimento fornecido (Q) e diferença de temperatura entre o interior e o exterior, através da relação já mencionada anteriormente.

Na Figura 7 comparam-se os valores do coeficiente K obtidos para as diferentes estratégias.

Em qualquer dos gráficos representados verifica-se que, ao sistema de aquecimento por água quente correspondem os valores de K mais elevados. A menor diferença entre os valores de K com aquecimento por água quente e os valores de K com aquecimento

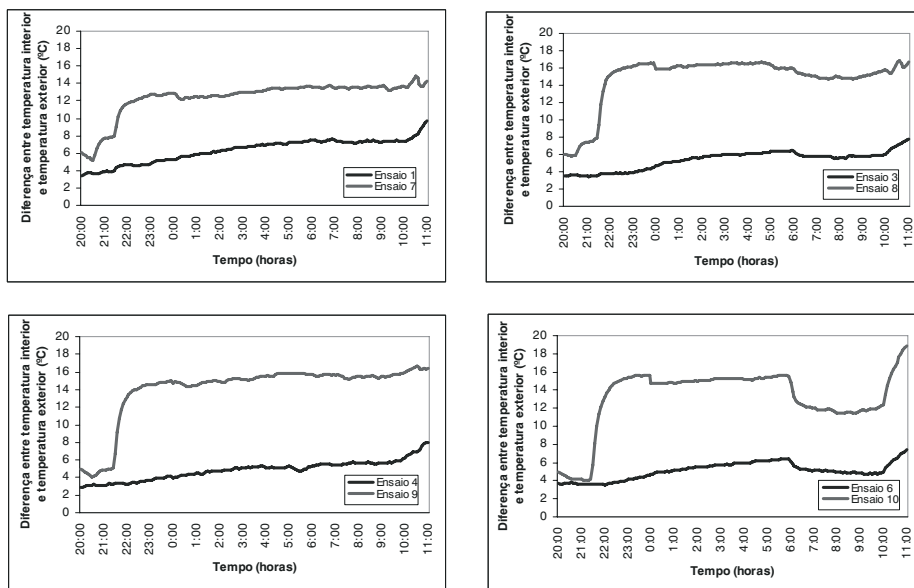


Figura 6 – Diferença entre a temperatura interior e exterior, com o sistema de aquecimento por água quente (—) e por ar quente (---)

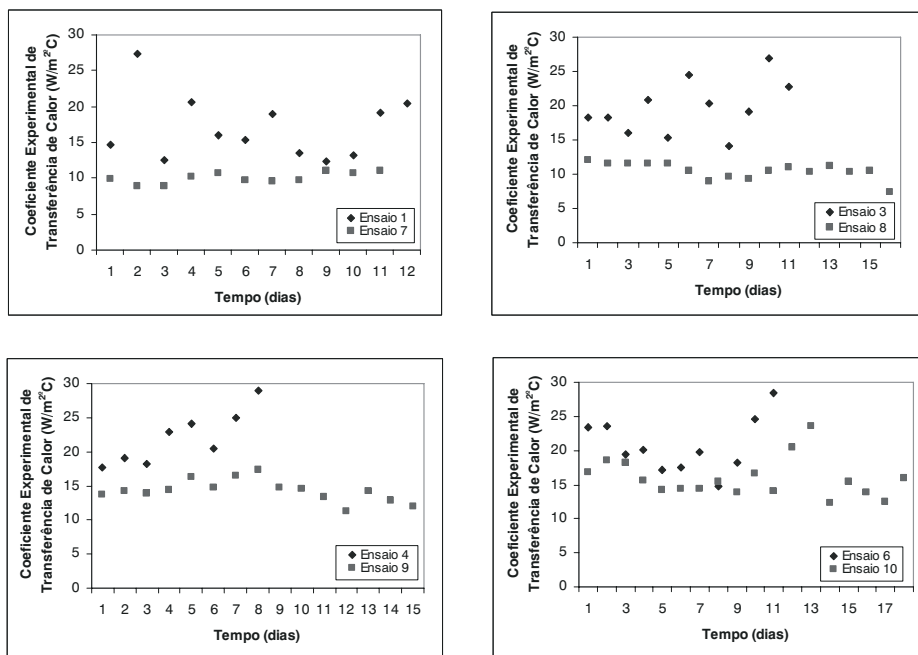


Figura 7 – Comparação entre os valores do coeficiente experimental de transferência de calor com o sistema de aquecimento por água quente (—) e por ar quente (---)

por ar quente registrou-se na comparação entre as estratégias 6 e 10, em que os valores médios K_6 e K_{10} são de 20,63 W/m²C e 15,92 W/m²C, respectivamente. Esta diferença permite dizer que, mesmo com as mesmas condições climáticas exteriores, o consumo de energia utilizando o sistema de aquecimento por água quente será, no mínimo, 30% mais elevado.

Diferença de Pressão de Vapor e Humidade Relativa Interior

A Figura 8 representa os valores médios da diferença de pressão de vapor e humidade relativa interior, para cada estratégia.

Verifica-se que a utilização do sistema de aquecimento por água quente conduziu a baixos valores de diferença de pressão de vapor, resultantes de valores de humidade relativa interior maior do que os registrados com o sistema de aquecimento por ar quente.

Ao contrário, a corrente de ar produzida pelo sistema de aquecimento por ar quente resultou num aumento da diferença de prés

ão de vapor, já que o ar aquecido produziu uma diminuição da humidade relativa no interior da estufa. Neste caso, os valores de diferença de pressão de vapor são sempre maiores que 0,5 kPa, valor que é considerado como mínimo para as condições óptimas de crescimento e produção de culturas em estufa e que frequentemente é utilizado como valor de referência em processos de desumidificação (Bartzanas *et al.*, 2005).

Ocorrência de condensação

Como consequência da situação anteriormente descrita, o sistema de aquecimento por água quente conduziu a maiores períodos com condensação na cobertura.

Por outro lado, o sistema de aquecimento por ar quente produziu uma melhoria no microclima da estufa através do aumento da diferença de pressão de vapor e da redução da condensação na superfície interna da cobertura, o que está de acordo com os resultados obtidos por Bartzanas *et al.* (2005).

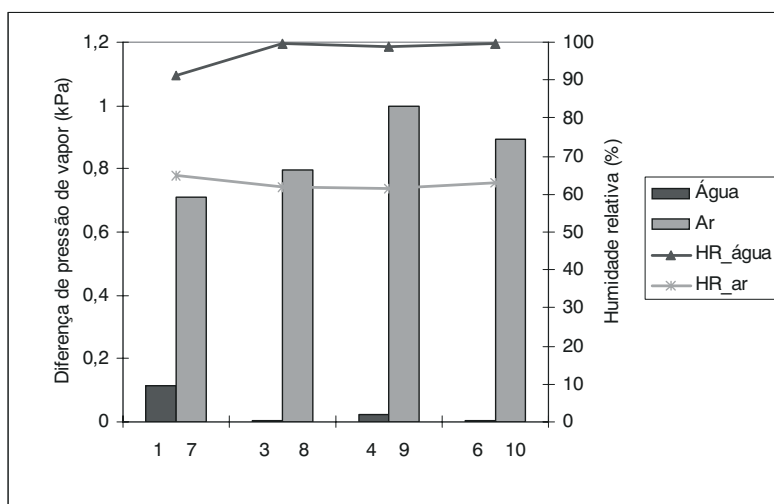


Figura 8 – Diferença de pressão de vapor e humidade relativa utilizando os sistemas de aquecimento por água e por ar quente

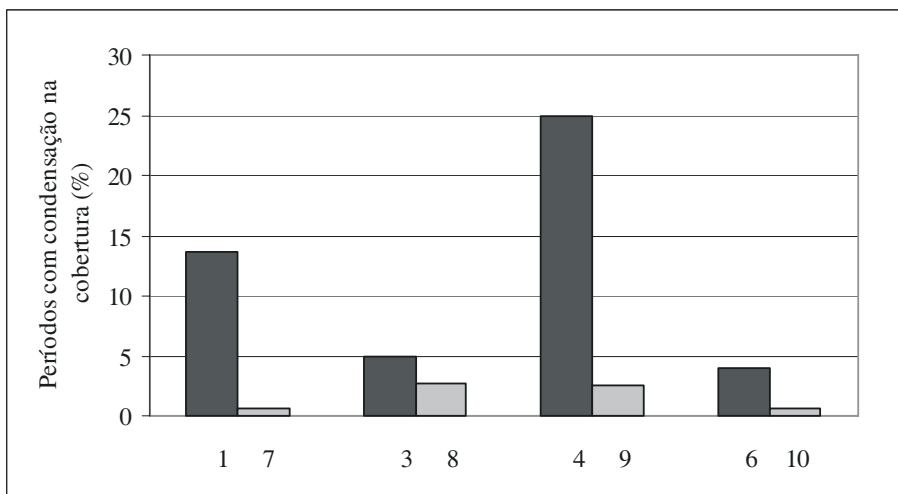


Figura 9 – Comparação dos períodos com condensação na cobertura utilizando os sistemas de aquecimento por água quente (■) e por ar quente (□)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Julgamos que de forma a completar este trabalho, terá todo o interesse a recolha de dados, utilizando simultaneamente os diferentes sistemas de aquecimento, de modo a que as condições exteriores sejam idênticas. Para as condições estudadas, apresentamos algumas considerações que em nossa opinião indicam o comportamento do clima da estufa sob influência de sistemas de aquecimento por ar e por água quente. Assim,

1 – Verificou-se claramente os diferentes saltos térmicos provocados quando se inicia o aquecimento. No caso do aquecimento a ar ocorre uma variação brusca da temperatura enquanto que no caso do aquecimento a água esta é gradual.

2 – O sistema de aquecimento por água quente originou um consumo de energia, no mínimo, 30% mais elevado do que o sistema de aquecimento por ar quente.

3 – A corrente de ar produzida pelo sistema de aquecimento por ar quente permitiu obter valores de diferença de pressão de

vapor bastante superiores aos obtidos com o sistema de aquecimento por água quente.

4 – O sistema de aquecimento por ar quente permitiu reduzir acentuadamente a ocorrência de condensação na cobertura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, D. J. R. & Parra, J. P. 1998. *Tecnología de Invernaderos II – Curso Superior de Especialización*. Edições Mundi Prensa. 512 pp.
- Baptista, F. J. 1996. Ventilação natural de estufas e métodos experimentais de determinação de caudais de ventilação. Provas de APCC, Universidade de Évora. 102 pp.
- Baptista, F. J. 2000. *Construção e Condicionamento Ambiental de Estufas*. Texto de apoio às aulas de estufas, Universidade de Évora. 40 pp.
- Baptista, F. J., Abreu, P. E., Meneses, J. F. & Bailey, B. J. 2001. Comparison of the

- climatic conditions and tomato crop productivity in Mediterranean greenhouses under two different natural ventilation management systems. Paper nº 3006, pp 112-124. *Proceedings of the Internacional Symposium Agribuilding 2001*, Campinas, Brasil.
- Bartzanas, T., Tchamitchian, M. & Kittas, C. 2005. Influence of the Heating Method on Greenhouse Microclimate and Energy Consumption. *Biosystems Engineering*, **91**(4):487-499.
- Bernat, C., Andrés, J. J. & Martínez, J. 1990. *Invernaderos: Construcción, Manejo, Rentabilidad*. Editorial AEDOS. Barcelona, Espanha.
- Matallana, A. & Moreno, J. I. 1989. *Invernaderos: Diseño, Construcción y Ambientación*. Edições Mundi Prensa, Madrid. 159 pp.
- Navas, L. M. 1996. *Ahorro Energético en la Climatización de Invernaderos con Cultivos Ornamentales: Establecimiento y Uso de Modelos Sobre el Clima del Invernadero y la Viabilidad de la Bomba de Calor con Accionamiento Eléctrico*. Tese de Doutorado, Universidade Politécnica de Madrid, 405 pp.
- Oliveira, C. E. L., Garcia, J. L., Benavente, R. M., Sirviente, B. & Munoz M. 1999. Calefacción de Invernaderos. *Vida Rural*, **89**:44-45.
- Pastor, M. 2004. *Efecto de las Estrategias de Control de la Ventilación y la Calefacción sobre el Clima Interior y el Consumo de Energia en Invernaderos*. Tese de Doutorado. Universidade Politécnica de Madrid.
- Perales, A., Perdignes, A., Garcia, J. L., Montero, J. I. & Antón, A. 2003. El control de la condensación en invernaderos. *Horticultura*, **168**:14-19.
- Perdignes, A., Garcia, J. L., Luna, L., Montero, J. I. & Munoz, P. 2005. Comparative Tests and Modelling of Humidity Control Strategies in Mediterranean Greenhouses Placed in Continental and Coastal Sites. *Acta Horticulturae*, **691**:195-202.

Efeito de doses reduzidas de um herbicida de pós-emergência no controlo de infestantes e na produção de trigo em sementeira directa

The effect of low post-emergence herbicide doses to control weeds and on the yield wheat in direct drilling

J. F. C. Barros^{1, 2}, G. Basch^{1, 2} & M. Carvalho^{1, 2}

RESUMO

O objectivo do presente trabalho foi o de estudar a eficiência do herbicida Mesosulfurão-metilo & iodosulfurão-metilo sódio & mefenepir-dietilo, no controlo, em pós-emergência, de infestantes mono e dicotiledóneas e na produção da cultura do trigo em sementeira directa, combinando doses inferiores às recomendadas com volumes de água também inferiores, em dois estádios de desenvolvimento das infestantes.

Assim, no ano agrícola de 2004/2005, realizou-se um ensaio numa herdade privada do Concelho de Évora, em que se estudou o efeito de 3 doses do herbicida anteriormente referido (0,20; 0,30 e 0,40 kg/ha) em interacção com 3 volumes de água (100; 200 e 300 l/ha) em duas fases de desenvolvimento das infestantes (início do afilhamento e afilhamento completo no caso das monocotiledóneas e, 3/4 e 5/6 pares de folhas para as dicotiledóneas). As doses recomendadas para este herbicida nas nossas condições climáticas e de infestação, são de 0,30; 0,35 e 0,40 kg/ha e os volumes de água variam de 350 a 600 litros por hectare.

Os resultados obtidos mostram ser este

herbicida bastante eficiente no controlo das monocotiledóneas (*Avena sterilis* L. e *Lolium rigidum* G.), com a 1ª época de aplicação a ser significativamente melhor do que a 2ª época. No entanto, quer para as infestantes monocotiledóneas quer para as dicotiledóneas, a interacção dose x volume x época, não foi significativa. Em relação às dicotiledóneas, a eficiência foi, para a generalidade dos tratamentos, inferior à das monocotiledóneas, continuando no entanto, a 1ª época de aplicação a ser significativamente melhor que a 2ª época. No que concerne à produção de grão, constatou-se que a antecipação da aplicação do herbicida, poderá permitir não só a redução da dose como também do volume de água aplicado.

ABSTRACT

The purpose of this work was to study the efficiency of the herbicide Mesosulfuron & iodosulfuron & mefenpyr – diethyl, to control grass and broad-leaved weeds at post-emergence in wheat under direct drilling, combining three doses of herbicide (0,20; 0,30 e 0,40 kg/ha) with three water volumes

¹ Departamento de Fitotecnia, Universidade de Évora, 7002 – 554 ÉVORA, PORTUGAL; e-mail: jfcb@dfit.uevora.pt; ² Instituto das Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM)

(100; 200 e 300 l/ha), in two different weed development stages (beginning and complete tillering for the grass weeds and 3-4 and 5-6 pairs of leaves for the broad-leaved weeds). For our climatic and infestation conditions, the recommended doses are 0,30; 0,35 and 0,40 kg/ha, and the recommended water volumes vary between 350 and 600 l/ha.

The study was carried out during the year of 2004/2005 on a private farm near Évora (South of Portugal).

The results showed a great efficiency of this herbicide to control grass weeds. The efficiency to control broad-leaved weeds was lower than to control grass weeds, but for both weed types, the first application timing was better than the second one. The results indicate the possibility of the anticipation of the application of this herbicide to allow both reduction of doses and water volumes while maintaining the crop yield.

INTRODUÇÃO

Muitos estudos científicos têm avaliado a utilização de herbicidas nas culturas em doses inferiores às recomendadas pelos fabricantes, tendo como objectivo a redução dos custos de produção para o agricultor, bem como a redução do impacto ambiental causado pela aplicação destes produtos (Zoschke, 1994; Bussan *et al.*, 2000). Segundo os mesmos autores, em muitos casos, a produção das culturas tem sido idêntica quer se utilize a dose máxima recomendada, quer doses reduzidas de herbicidas. No entanto, a maior probabilidade de mais infestantes poderem sobreviver e produzir sementes para os anos seguintes, tem atrasado a adopção em maior escala da aplicação de doses reduzidas de herbicidas (Jones & Medd, 2000).

Para Steckel *et al.* (1990) e Hamill & Zhang (1995), actualmente em termos de manejo das infestantes, o objectivo é conseguir um nível aceitável de controlo e não um controlo total das mesmas. Por sua vez, De Felice *et al.* (1989), Zhang *et al.* (2000) e Boström & Fogelfors (2002) referem ser possível obter-se um controlo bastante satisfatório das infestantes, mesmo quando se utilizam doses de herbicida inferiores às recomendadas pelos fabricantes.

Popay *et al.* (1994), Hakason (1995), Jensen (1995) e Vanhala & Pitkänen (1998), referem uma relação bastante significativa entre a intensidade de distúrbio provocado pelas mobilizações do solo e o número de infestantes emergidas, havendo um menor número de plântulas que geralmente emergem em solo não mobilizado ou mobilizado superficialmente do que sob mobilizações profundas. Também Pollard & Cussans (1976), Buhler *et al.* (1994) e Gill & Arshad (1995), constataram um aumento da população de infestantes anuais como resposta ao aumento da intensidade da mobilização do solo, enquanto as mesmas são desencorajadas com a mobilização reduzida ou com a sementeira directa.

A hipótese colocada para a realização do presente estudo baseou-se no facto da sementeira directa, ao não permitir uma germinação escalonada das infestantes, como se verifica noutros sistemas de mobilização do solo, possibilitar o controlo dessas infestantes numa fase mais temporã do seu desenvolvimento, ou seja, quando se encontrem mais sensíveis ao herbicida, o que, por sua vez, permitirá a redução das doses de aplicação do herbicida, mantendo a produção da cultura. Como não só a dose mas também o volume de água aplicado poderá ser importante na eficiência do controlo das infestantes, será igualmente importante estudar a interacção destes três factores (dose x volume x época).

MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio, com o objectivo de estudar o efeito de três doses do herbicida comercial designado por Atlantis (Mesosulfurão 3% + iodosulfurão 0.6 % + mefenepir-dietilo 9%), em interacção com três volumes de água e dois estádios de desenvolvimento das infestantes (início e afilamento completo das monocotiledóneas e, 3/4 e 6/7 pares de folhas nas dicotiledóneas), foi levado a cabo no ano agrícola de 2004/2005, numa herdade privada do Concelho de Évora.

O Atlantis é um herbicida indicado para controlar infestantes mono e dicotiledóneas em pós-emergência na cultura do trigo e as doses recomendadas pelo fabricante para as nossas condições, são 0,3; 0,35 e 0,4 kg/ha. Os volumes de água recomendados variam de 350 a 600 litros por hectare. As doses de herbicida utilizadas neste ensaio foram: D0 - controlo; D1- 0,2 kg/ha; D2 - 0,3 kg/ha e D3 - 0,4 kg/ha e os volumes de água usados foram: V1-100 l/ha; V2 -200 l/ha e V3 - 300 l/ha.

As infestantes monocotiledóneas em estudo foram o *Lolium rigidum* G. e a *Avena sterilis* L.. As dicotiledóneas estudadas foram: Pampilho –das -searas (*Chrysanthemum segetum* L.); Soagem (*Echium plantagineum* L.); sempre – noiva (*Polygonum aviculare* L.); Saramago (*Raphanus raphanistrum* L.); Labaça ordinária (*Rumex conglomeratus* M.); margaça (*Chamaemelum mixtum* L.); cabacinha (*Silene nocturna* L.); erva-vaqueira (*Calendula arvensis* L.) e Morugem branca (*Stellaria media* L.).

Os ensaios foram delineados em blocos casualizados, estando os tratamentos em combinação factorial.

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), variedade de ciclo longo (Avital) foi instalada, recorrendo à sementeira directa, em meados de Outubro e, dois dias antes da sementeira, aplicou-se um herbicida sisté-

mico, total e não residual, no caso, o glifosato. Para os tratamentos do controlo de infestantes em pós-emergência, os talhões do ensaio foram pulverizados com um equipamento próprio para ensaios, equipado com bicos de fenda (110° – 12), quando aproximadamente 90 % das infestantes se encontravam nos estádios de desenvolvimento anteriormente referidos. A dimensão dos talhões era de 10 m x 3 m e a área colhida foi de 15 m², tendo-se utilizado para o efeito, uma ceifeira própria para ensaios. As infestantes foram contadas duas vezes (antes do tratamento e cerca de dois meses após a realização do mesmo), numa área delimitada por um quadrado de 50 cm x 50 cm, colocado em cada um dos talhões e na parte central destes, quadrado esse que permaneceu no mesmo local e onde se efectuaram as duas contagens das infestantes (antes e dois meses após a aplicação do herbicida). A fertilização em N, P e K foi aplicada de acordo com as recomendações, para manter o nível de fertilidade. A produção de grão por unidade de área foi determinada directamente, depois da correcção da humidade.

A eficiência dos diferentes tratamentos é expressa como a percentagem de infestantes controladas e pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$Ef = 100 - ((C2 - d)/C1) * 100$$

em que,

Ef – eficiência do tratamento (%)

C1- número de infestantes por m² contadas antes do tratamento

C2- número de infestantes por m² contadas depois do tratamento

d – diferença no número de infestantes por m² contadas nos talhões testemunha (reinfestação).

Não obstante ensaios realizados em anos anteriores terem mostrado uma baixa reinfestação após a aplicação do herbicida, devido à utilização da sementeira directa

como sistema de mobilização do solo, neste ano agrícola (2004/2005), essa reinfestação ainda foi menor, consequência da baixa precipitação verificada. O Quadro 1 mostra a reinfestação verificada para as diferentes infestantes.

QUADRO 1 - Reinfestação (plantas m²) verificada para as infestantes mono e dicotiledóneas (2004/2005)

Infestantes	Época de aplicação	
	1 ^a	2 ^a
<i>Lolium rigidum</i> G.	0,66	0
<i>Avena sterilis</i> L.	0,30	0
Dicotiledóneas	6,53	1,5

O tratamento estatístico consistiu na análise de variância e no estabelecimento de equações de regressão simples. A análise de variância aplicou-se aos diferentes parâmetros estudados, sendo feita de acordo com o delineamento experimental do ensaio. A separação de médias foi efectuada sempre que o teste F revelou uma probabilidade do erro justificar diferença, menor ou igual a 5 % ($p \leq 5\%$), pelo teste de separação múltipla de médias de DUNCAN. O programa estatístico utilizado foi o MSTAT-C. As equações de regressão, relacionando a efi-

ciência dos tratamentos com a produção de grão, foram determinadas no programa estatístico do MS-Excel 98.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Quadros 2 e 3 mostram uma eficiência do herbicida bastante elevada no controlo das duas monocotiledóneas em estudo (*Avena sterilis* L. e *Lolium rigidum* G.) para a generalidade dos tratamentos, não havendo, contudo, diferenças significativas na interacção dose x volume x época. No entanto, para ambas as infestantes, a 1^a época de aplicação (início do afilhamento das infestantes) foi para a média dos tratamentos, significativamente mais eficaz que a 2^a época (afilhamento completo das infestantes).

Pelo Quadro 4, verifica-se para a generalidade dos tratamentos, que a eficiência do herbicida foi para as dicotiledóneas, inferior à eficiência obtida no controlo das monocotiledóneas (Quadros 2 e 3). No entanto, a 1^a época de aplicação continuou a ser mais eficaz que a 2^a época, para a média dos tratamentos.

QUADRO 2 - Efeito dos tratamentos na eficiência (%) do controlo da *Avena sterilis* L.

Época de aplicação	Doses	Volumes			Média
		V1	V2	V3	
1 ^o	D1	95.3	94.2	96.2	95.2
	D2	100.0	97.9	93.9	97.3
	D3	96.2	100.0	100.0	98.7
	Média	97.2	97.4	96.7	97.1 (a)
2 ^o	D1	83.8	93.8	89.2	88.9
	D2	94.8	90.3	93.1	92.7
	D3	96.1	93.6	96.9	95.5
	Média	91.6	92.6	93.1	92.4 (b)
3 ^o	D1	89.6	94.0	92.7	92.1 (b)
	D2	97.4	94.1	93.5	95.0 (ab)
	D3	96.2	96.8	98.5	97.1 (a)
	Média	94.4	95.0	94.8	

Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 % (Teste de separação múltipla de médias de Duncan)

QUADRO 3 - Efeito dos tratamentos na eficiência (%) do controlo *Lolium rigidum* G.

Época de aplicação	Doses	Volumes			Média
		V1	V2	V3	
1º	D1	98.0	100.0	90.2	96.1
	D2	95.4	100.0	99.0	98.1
	D3	100.0	97.0	88.1	95.0
	Média	97.8	99.0	92.4	96.4 (a)
2º	D1	85.7	94.3	92.5	90.8
	D2	96.4	90.5	87.9	91.6
	D3	93.6	98.1	90.6	94.1
	Média	91.9	94.3	90.3	92.2 (b)
3º	D1	91.9	97.2	91.4	93.5
	D2	95.9	95.3	93.5	94.9
	D3	96.8	97.6	89.4	94.6
	Média	94.9	96.7	91.4	

Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 % (Teste de separação múltipla de médias de Duncan)

QUADRO 4 - Efeito dos tratamentos na eficiência (%) do controlo das infestantes dicotiledóneas

Época de aplicação	Doses	Volumes			Média
		V1	V2	V3	
1º	D1	73.8	100.0	70.2	81.3
	D2	67.0	95.8	94.9	85.9
	D3	98.9	94.3	91.6	94.9
	Média	79.9	96.7	85.6	87.4 (a)
2º	D1	73.7	52.4	76.6	67.6
	D2	65.0	71.0	82.5	72.8
	D3	82.8	83.0	78.2	81.3
	Média	73.8	68.8	79.1	73.9 (b)
3º	D1	73.8	76.2	73.4	74.5
	D2	66.0	83.4	88.7	79.4
	D3	90.9	88.7	84.9	88.2
	Média	76.9	82.7	82.3	

Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 % (Teste de separação múltipla de médias de Duncan)

O herbicida em estudo mostrou ser bastante eficaz no controlo das monocotiledóneas *Avena sterilis* L. e *Lolium rigidum* G., mas esta eficiência reduziu-se no controlo das dicotiledóneas, consequência também duma eficiência bastante reduzida no controlo da infestante *Silene nocturna* L (caba-cinha). Tanto para as monocotiledóneas como para as dicotiledóneas em estudo, a eficiência dos tratamentos no controlo destas infestantes foi superior quando esses mesmos tratamentos se realizaram numa fase mais temporã do seu desenvolvimento,

ou seja, numa fase em que estas se encontram mais sensíveis ao herbicida. Os resultados obtidos neste ensaio parecem estar de acordo com De Felice *et al.* (1989), Zhang *et al.* (2000) e Boström & Fogelfors (2002)

O Quadro 5 mostra que não houve diferença significativa na interacção dose x volume x época, no que concerne à produção de grão da cultura por unidade de área. No entanto, verifica-se que a antecipação da época de aplicação poderá permitir não só uma redução da dose de herbicida como também uma diminuição do volume de água

aplicado, pois o tratamento D1V1 (0,2 kg/ha x 100 l/ha) na 1ª época de aplicação obteve uma produção de grão muito próxima e não significativamente diferente do tratamento mais produtivo (D2V2 – 0,3 kg/ha x 100 l/ha).

A diferença não significativa na correlação entre a produção de grão e a efi-

ciência no controlo das monocotiledóneas (Figura 1) e das dicotiledóneas (Figura 2) demonstra claramente que para se obter uma produção de grão máxima na cultura não se necessita dum controlo também máximo das infestantes, o que está de acordo com o observado por Zoschke, (1994) e Bussan *et al.* (2000).

QUADRO 5 - Efeito dos tratamentos na produção de grão (g m^{-2}) na cultura

Época de aplicação	Doses	Volumes			Média
		V1	V2	V3	
1º	D0	73.9	73.9	73.9	73.9
	D1	114.8	94.5	79.3	96.2
	D2	85.0	122.0	99.4	102.1
	D3	95.2	87.0	105.1	95.8
	Média	92.2	94.4	89.4	92.0
2º	D0	74.8	74.8	74.8	74.8
	D1	104.0	104.2	97.4	101.9
	D2	77.8	124.1	110.9	104.3
	D3	91.2	103.5	87.9	94.2
	Média	87.0	101.7	92.8	93.8
3º	D0	74.4 (d)	74.4 (d)	74.4 (d)	74.4 (b)
	D1	109.4 (ab)	99.3 (bc)	88.3 (bd)	99.0 (a)
	D2	81.4 (cd)	123.1 (a)	105.2 (ab)	103.2 (a)
	D3	93.2 (bd)	95.3 (bd)	96.5 (bd)	95.0 (a)
	Média	89.6	98.0	91.1	

Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 % (Teste de separação múltipla de médias de Duncan)

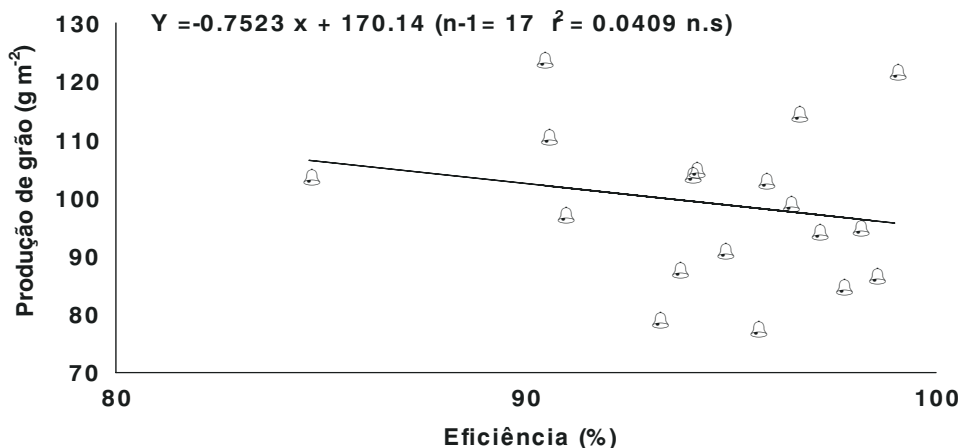


Figura 1 - Relação entre a eficiência dos tratamentos no controlo das monocotiledóneas e a produção de grão (doses, volumes e épocas)

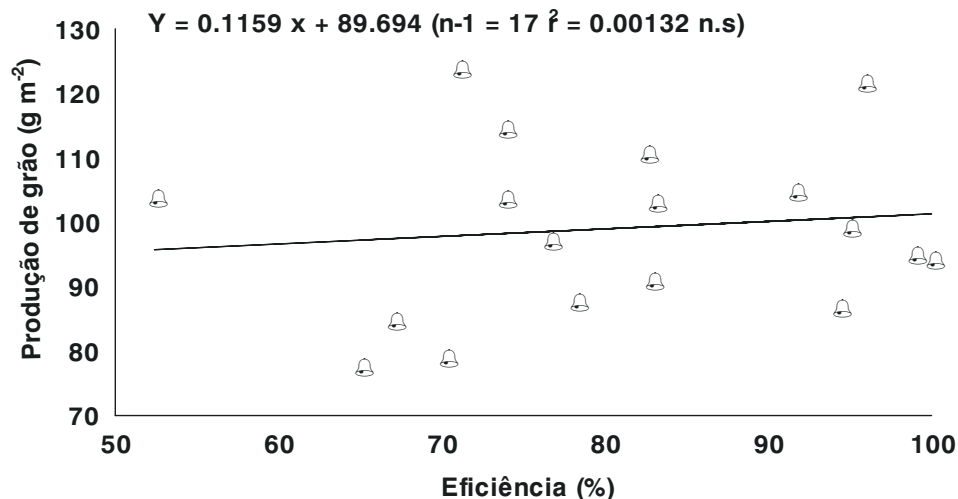


Figura 2 - Relação entre a eficiência dos tratamentos no controlo das dicotiledóneas e a produção de grão (doses, volumes e épocas)

CONCLUSÕES

Não obstante tratar-se apenas de um ano de investigação, podemos afirmar com alguma segurança que a antecipação da época de aplicação deste herbicida de pós-emergência na cultura do trigo em sementeira directa, conduz a uma maior eficiência no controlo das infestantes mono e dicotiledóneas em estudo. Apesar da eficiência não se ter relacionado significativamente com a produção de grão, pensamos no entanto que um maior controlo das infestantes conduzirá, a médio e longo prazo, a uma redução importante no banco de sementes do solo. Este primeiro ano de investigação com este herbicida deixa-nos indicações, bastante promissoras, de que a antecipação da época de aplicação do herbicida, para uma fase mais sensível das infestantes, permitirá não só uma redução da dose de herbicida como igualmente do volume de água aplicado, mantendo a produção de grão na cultura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade de Évora e à empresa Bayer Crop Science, a colaboração prestada na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boström, U & Fogelfors, H. 2002. Response of weeds and crop yield to herbicide dose decision – support guidelines. *Weed Sci.*, **50**: 186-195.
- Buhler, D.D., Stoltenberg, D.E., Becker, R.L. & Gunsolus, J.L. 1994. Perennial weed populations after 14 years of variable tillage and cropping practices. *Weed Sci.*, **42**: 205-209.
- Bussan, A.J., Boerboom, C.M. & Stoltenberg, D.E. 2000. Response of *Setaria faberi* demographic processes to herbicide rates. *Weed Science*, **48**: 445-453.

- De Felice, M. S., W. B. Brown, R. J. Aldrich, B. Sims, D. T. Judy, & D. R. Guethle. 1989. Weed control in soybeans (*Glycine max*) with below label rates of post emergence herbicides. *Weed Sci.*, **37**:365-3743.
- Froud-Williams, R.J. 1988. Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. In M.A. Altieri & Liebman, M. (eds.) *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*, pp. 213-236. CRC press, Boca Raton, FL.
- Gill, K.S. & Arshad, M.A. 1995. Weed flora in the early growth period of spring crops under conventional, reduced and zero tillage systems on a clay soil in northern Alberta, Canada. *Soil Tillage Res.*, **33**: 65-79.
- Hakason, S. 1995. Weeds in agricultural crops 1. Life-forms and occurrence under Swedish conditions. *Swedish J. Agri. Res.*, **25**: 143-154.
- Hamill, A. S & J. Zhang. 1995b. Quackgrass control with glyphosate and SC-0224 in corn and soybean. *Can. J. Plant Sci.*, **75**: 293-299.
- Jensen, P.K. 1995. Effect of light environment during soil disturbance on germination and emergence pattern of weeds. *Ann. Appl. Bio.*, **127**:561-571.
- Jones, R.E. & Medd, R.W. 2000. Economic thresholds and the case for longer term approaches to population management of weeds. *Weed Technology*, **14**: 337-350.
- Pollard, F. & Cussans, G.W. 1976. The influence of tillage on the weed flora of four sites sown to successive crops of spring barley. *Proc. Br. Crop Prot. Conf. Weeds*, pp. 1019-1028.
- Popay, A.I., Cox, T.I., Ingle, A., & Kerr. 1994. Effects of soil disturbance on weed seedling emergence and its long-term decline. *Weed Res.*, **34**: 403-412.
- Streit, B., Rieger, S.B., Stamp, P. & Richner, W. 2002. The effect of tillage intensity and time of herbicide application on weed communities and populations in maize in central Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **92(2-3)**: 211-224.
- Steckel, L.E., M.S. DeFelice, & B.D. Sims. 1990. Integrating reduced rates of post emergence herbicides and cultivation for broadleaf weed control in soybeans (*Glycine max*). *Weed Sci.*, **38**:541-545.
- Vanhala, P. & Pitkänen, J. 1998. Long-term effects of primary tillage on above-ground weed flora and on the weed seed bank. *Aspects of Applied Biology* 51, pp. 99-104. *Weed Seedbanks: Determination, Dynamics and Manipulation*.
- Zhang, Jianhua, Weaver, S. E. & Hamill, A.S. 2000. Risks and reliability of using herbicides at below-labeled rates. *Weed Technol.*, **14**: 106-115.
- Zoschke, A. 1994. Toward reduced herbicide rates and adapted weed management. *Weed Technology*, **8**: 376-386.

Avaliação de um distribuidor centrífugo de adubo na perspectiva de utilização em agricultura de precisão

The importance of a fertilizer spreader evaluation in the precision agriculture production system

J. M. Serrano¹, M J. O. Peça¹, J. R. Silva¹, H. Serrazina¹ & J. Mendes²

RESUMO

Neste trabalho procedeu-se à avaliação de um distribuidor centrífugo de adubo com vista à sua utilização no âmbito de um projecto de agricultura de precisão. Foram realizadas regulações diversas e ensaios estáticos e dinâmicos. Para além da garantia da homogeneidade de distribuição, entre discos e transversal, ficou demonstrada a capacidade do equipamento para se auto-regular perante variações na velocidade de avanço e em função da posição geo-referenciada na parcela, aspectos fundamentais para garantirem a aplicação diferenciada de fertilizante numa parcela.

ABSTRACT

In this article a fertilizer spreader was evaluated considering its use in precision agriculture production. Several regulations and several static and dynamic trials were performed. It was demonstrated that the fertilizer spreader had good distribution homogeneity, considering different working velocities and different positions in the parcel.

With these results one could confirm that the spreader can be used to spread any fertilizer differentially in space.

INTRODUÇÃO

A aplicação de fertilizantes pode considerar-se como um dos principais impulsionadores do conceito de Agricultura de Precisão, em termos económicos e, principalmente, ambientais. Por maiores desenvolvimentos que possam ocorrer quer nas tecnologias quer nos sistemas de apoio à decisão, são as máquinas de aplicação de sementes, fertilizantes e produtos fitossanitários que em última instância os concretiza, que fecha um ciclo. O conceito geral de racionalidade de gestão que se exige não se compadece com o fraco rigor que na maioria das vezes se encontra associado, por exemplo, com a distribuição de adubo. A imprecisão reflecte-se na prática na falta de correspondência entre as densidades de adubo pretendida e aplicada numa determinada parcela (Serrano *et al.* 2005).

As máquinas agrícolas sofreram uma evolução muito marcada nos últimos anos,

¹ Dep. de Engenharia Rural e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: jmrs@uevora.pt; ² Centro de Formação Profissional de Évora, Zona Industrial, Talhão 3, 7000 Évora

resultante em grande medida da incorporação de sensores e unidades de cálculo electrónicos. Os modernos distribuidores centrífugos de adubo apresentam sensores de força na base do depósito do adubo (tremonha), os quais medem a massa de adubo presente em cada instante na tremonha e informam uma unidade electrónica de gestão. Esta tem também possibilidade de receber as informações da velocidade de trabalho, fornecida por um radar montado no tractor, e da largura efectiva de trabalho, introduzida na consola pelo operador. Para além de informar, a unidade electrónica efectua a regulação automática da densidade de adubação aplicada, uma vez que permite a programação da densidade de adubação pretendida e se encontra ligado a um sistema eléctrico de comando da abertura das placas de dosagem do adubo. Estes distribuidores têm assim capacidade para se auto regularem perante variações na velocidade de deslocamento do tractor, as quais acontecem inevitavelmente e que, de outra forma, produziriam erros importantes de aplicação (Cemagref, 1997).

Actualmente, a sofisticação atingida permite já a ligação a interfaces e a sistemas de localização da máquina no terreno, normalmente o sistema DGPS (Differential Global Positioning System), permitindo a gestão diferenciada da aplicação em função das características da parcela e com base numa programação prévia assente em conhecimentos agronómicos.

O desenvolvimento ocorrido na tecnologia acarreta, naturalmente, maior responsabilização, tanto dos fabricantes do equipamento como dos agricultores, competindo-lhes quer a avaliação dos seus equipamentos quer o acompanhamento prático dos mesmos.

Este trabalho de divulgação insere-se no âmbito de um projecto de Desenvolvimento Experimental e Demonstração (DE&D)

financiado pelo programa AGRO (AGRO-390) e intitulado "Demonstração de tecnologias de aplicação diferenciada de fertilizantes e de sementes no melhoramento de pastagens no Alentejo".

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados ensaios de avaliação de um distribuidor de adubo Vicon RS-EDW, com dois discos, equipado com células de carga na base da tremonha, actuadores eléctricos para regulação da abertura das placas de dosagem e consola de controlo e comando "Ferticontrol". Foi também utilizado uma interface ("FieldStar") com ligação a um receptor "Garmin" DGPS.

Perspectivando-se a aplicação em pastagens permanentes, utilizaram-se os adubos Superfosfato 18% e Fertigafsa em ensaios que visaram avaliar: granulometria dos adubos; homogeneidade de distribuição entre discos; perfil transversal de distribuição; capacidade do sistema para se auto-regular em função da velocidade; capacidade do sistema para cumprir alterações da densidade de distribuição em andamento; capacidade do distribuidor para cumprir um plano de instruções programado em cartão de memória.

Avaliação da granulometria do adubo

A granulometria do adubo é um dos aspectos que mais condiciona a sua projecção pelo distribuidor. A maioria dos fabricantes de distribuidores fornece com o equipamento um medidor das fracções granulométricas do adubo. Este dispositivo é constituído por um conjunto de 3 crivos (2mm; 3,3mm; 4,75mm), permitindo identificar 4 classes de dimensões do adubo. O resultado desta avaliação é fundamental para estabelecer as regulações na máquina (especial-

mente do ponto de queda do adubo nos discos) de acordo com o manual da mesma e com vista a obter a densidade de aplicação pretendida.

Avaliação da homogeneidade de distribuição entre discos

À partida um distribuidor com dois discos, regulados de igual forma de fábrica, não apresenta diferenças no caudal entre discos. Todavia, podem ocorrer diferenças importantes de caudal entre discos, cujas causas poderão ter a ver, por exemplo, com a deficiente regulação da horizontalidade do distribuidor ou com a deficiente regulação dos actuadores responsáveis pela abertura/fecho das placas de dosagem do adubo, levando à desigual abertura das placas de um e outro disco. A divergência de caudal entre discos só poderá ser detectada em ensaios com a utilização simultânea de dois recipientes de calibração. A Universidade de Évora, para este efeito desenvolveu um depósito, dividido em dois compartimentos, que permite a recolha simultânea de adubo de ambos os discos. Nestes ensaios foi programada a densidade de aplicação pretendida e a largura de trabalho. A equação 1 relaciona a densidade de adubo distribuída (D , em kg/ha), com o caudal (q , em kg/minuto), com a largura de trabalho (ℓ , em m) e com a velocidade de deslocamento (v , em km/h):

$$D = \frac{q * 600}{\ell * v} \quad (1)$$

Nestes como em todos os restantes ensaios, foi registada a massa de adubo presente na tremonha no início e no final de cada ensaio, com base nas leituras na consola “Ferticontrol”, obtidas pelo sistema electrónico de pesagem do distribuidor. O adubo recolhido foi também pesado em balança de precisão como forma de confirmação da primeira medição. Foi ainda registada, em cada ensaio, a distância percorrida através

de leitura na consola “Ferticontrol” e por medição do radar. A equação 2 relaciona a densidade de adubo distribuída (D , em kg/ha), com a massa de adubo distribuída (m , em kg), com a largura de trabalho (ℓ , em m) e com a distância percorrida no ensaio (d , em m):

$$D = \frac{m * 10000}{\ell * d} \quad (2)$$

Avaliação do perfil transversal de distribuição

Para que a aplicação de fertilizantes corresponda ao rigor inerente ao conceito de Agricultura de Precisão, é necessário que todos os factores sejam devidamente controlados. Um desses factores prende-se com a distância entre passagens do conjunto tractor-distribuidor, a qual deve corresponder à efectiva largura de trabalho do distribuidor. Na utilização destes equipamentos, o agricultor habitualmente toma uma das seguintes decisões:

- i) Segue a indicação da largura de trabalho fornecida pelo manual do fabricante; esta, por mais completa que possa ser, não é exaustiva atendendo à grande variedade de adubos existentes e respectivas características (granulometria, teor de humidade, etc.) e ao elevado número de regulações específicas; por outro lado, são indicações obtidas em condições de ensaio controladas, que fazem com que a adaptação a condições reais se torne susceptível de erros importantes;
- ii) Realiza passagens operativas com o conjunto tractor-distribuidor e verifica no solo a largura total de distribuição, adaptando para largura efectiva de trabalho o valor de 60 a 70% da largura total de distribuição (DGHEA, 1989); todavia, este é apenas um valor indicativo, não admissível quando se pretende um aceitável grau de precisão.

A projecção do adubo aplicado por um distribuidor centrífugo depende de um conjunto muito diverso de factores, que vão desde o número de discos, o tipo de rotação, a regulação do ponto de queda do adubo no disco distribuidor, as características do adubo, etc., tendo como resultado diferentes curvas de aplicação. É habitual que maiores quantidades de adubo sejam distribuídas na zona central, mais próximas do distribuidor, do que nas extremidades. Para obter uma distribuição uniforme em toda a largura de trabalho é necessário fornecer na volta (passagem seguinte) a densidade complementar, sobrepondo parcialmente a passagem de ida, numa largura variável. A apreciação da regularidade é indispensável para determinar a sobreposição óptima. Devem ser realizados estes ensaios sempre que mudar a natureza do adubo e as regulações do distribuidor.

A medição da regularidade de distribuição transversal foi realizada recolhendo o adubo projectado em recipientes colocados sobre uma linha perpendicular ao eixo de avanço do conjunto tractor-distribuidor, de acordo com as recomendações da ASAE (ASAE Standards, 2003). A pesagem do conteúdo de cada recipiente permitiu traçar um diagrama com o perfil transversal de distribuição. O tratamento informatizado desta informação, através de uma simples folha de cálculo do “Excel”, com a simulação de diferentes larguras de trabalho e de sobreposição permite o estabelecimento da largura efectiva de trabalho, a qual deverá garantir a aplicação da densidade pretendida com o menor coeficiente de variação transversal possível.

Avaliação da capacidade do sistema para se auto-regular em função da velocidade

A capacidade do sistema para se auto-regular perante variações de velocidade foi avaliada no conjunto de ensaios em que se

percorreu uma determinada distância, metade com uma velocidade (cerca de 6 km/h) e a outra metade com outra velocidade (cerca de 8 km/h), obtida por alteração, em carga, da relação de transmissão da caixa de velocidades (caixa “power shift”). No final procedeu-se à avaliação do sistema através da pesagem do adubo distribuído.

Avaliação da capacidade do sistema para cumprir alterações da densidade de distribuição em andamento

Numa fase intermédia de desenvolvimento do conceito de gestão intra-parcelar pode ser interessante para o operador, em andamento e perante o seu conhecimento histórico da parcela, proceder a alterações em andamento da densidade de adubação pretendida. Para o efeito dispõe de um botão de comando que permite efectuar alterações da densidade a aplicar (++/--), numa proporção previamente programada. Esta capacidade do distribuidor estudado foi avaliada de duas formas: a) colocando um observador junto dos actuadores eléctricos, acompanhando o seu funcionamento perante instruções de alteração da densidade pretendida; b) recolhendo o adubo no recipiente de calibração correspondente a um percurso com extensão conhecida (leitura na consola do “Ferticontrol”), metade com uma densidade programada e a outra metade com outra densidade, alterada em andamento.

Avaliação da capacidade do distribuidor para cumprir um plano de instruções programado em cartão de memória

Numa parcela experimental, foram definidas duas zonas com diferentes densidades de aplicação de adubo: 100 e 400 kg/ha. Esta informação geo-referenciada foi gravada num cartão de memória introduzido no terminal “FieldStar”. A consola “Ferticon-

trol” foi programada com uma determinada largura de trabalho. Em cada zona de diferente densidade foi percorrida uma determinada distância com aplicação de adubo. Após a realização do trajecto em cada uma das zonas, procedeu-se à pesagem do adubo recolhido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da granulometria do adubo

No Quadro 1 são apresentados os resultados da avaliação da granulometria de dois adubos fosfatados, Superfosfato 18% e Fertigafsa, de utilização muito habitual nas pastagens do Alentejo.

Estes resultados mostram uma granulometria homogénea de qualquer dos adubos e um diâmetro médio dos grânulos que garante uma boa aptidão para a distribuição centrífuga.

Avaliação da homogeneidade de distribuição entre discos

Foram realizados ensaios de calibração manual com vista à obtenção de um caudal de referência em função do adubo e da posição de abertura das placas de dosagem do distribuidor. Esta referência é utilizada pelo microprocessador do sistema de comando do distribuidor (“Ferticontrol”) para regula-

ção automática do caudal que garante a densidade de distribuição pretendida.

O processo de calibração manual envolve apenas um dos discos do distribuidor e decorre durante 30 segundos. O adubo distribuído neste período é recuperado por um recipiente de calibração para posterior pesagem. O valor da pesagem deve ser fornecido ao microprocessador, o qual tem em memória a posição correspondente dos actuadores eléctricos responsáveis pela abertura das placas de dosagem (de 0 a 100). O sistema de informação “Ferticontrol”, no menu adequado, apresenta quer o valor da posição dos actuadores quer o valor correspondente de caudal, o qual corresponde a 4 vezes o valor pesado (por se tratar de um distribuidor com dois discos e por ter sido obtido em 30 segundos, quando o caudal se exprime em kg/minuto).

No Quadro 2 apresentam-se os valores das pesagens dos adubos ensaiados e respectiva regulação “Posição – Caudal”.

No Quadro 3 apresentam-se os resultados de dois ensaios de confirmação da calibração manual. Estes consistiram no deslocamento do conjunto tractor-distribuidor, com a seguinte programação do sistema “Ferticontrol”: densidade programada de distribuição (Dp) de 100 kg/ha; largura de trabalho (ℓ) de 28m para o adubo Superfosfato 18% e de 24m para o adubo Fertigafsa; calibração automática (tendo como referência os valores do Quadro 2).

QUADRO 1 - Distribuição das classes granulométricas dos adubos Superfosfato 18% e Fertigafsa 26,5%

Classes de granulometria	Massa de Superfosfato 18%	Massa de Fertigafsa
< 2mm	6,657g (4,2%)	7,726g (5,3%)
<3,3mm e ≥2mm	41,332g (26,4%)	43,449g (29,9%)
<4,75mm e ≥3,3mm	102,784g (65,6%)	94,271g (64,8%)
≥4,75mm	5,964g (3,8%)	0g (0%)

QUADRO 2 - Calibração manual do distribuidor com os adubos Superfosfato 18% e Fertigafsa

Adubo	Massa recolhida num disco durante 30 segundos (kg)	Regulação "Posição dos actuadores-Caudal de adubo"
Superfosfato 18%	7,0	"POS 29- 28 kg/min"
Fertigafsa	5,5	"POS 29- 22 kg/min"

QUADRO 3 - Ensaios de confirmação da calibração estática do distribuidor

Adubo	Leitura "Ferticontrol"		Cálculos	
	Distância (d, em m)	Massa (m, em kg)	Densidade aplicada* (Da, em kg/ha)	Da/Dp (%)
Superfosfato 18%	54	15	99,2	99,2
Fertigafsa	51	13	106,0	106,0

* De acordo com a equação 2; Onde: Da - Densidade de adubação aplicada (kg/ha); Dp - Densidade de adubação programada (kg/ha).

Estes resultados demonstram a capacidade do sistema para cumprir a densidade de aplicação programada pelo operador na consola do sistema de informação "Ferticontrol".

Foram realizados 4 ensaios de calibração estática envolvendo a recolha de adubo em simultâneo de ambos os discos. Os resultados são apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4 - Resultados obtidos na calibração estática do distribuidor de adubo Vicon RS-EDW com o adubo Superfosfato 18%

Ensaio	Massa de adubo recolhida no depósito de calibração		
	D.E. (kg)	D.D. (kg)	DD/DE (%)
1	10,55	9,45	89,6
2	10,45	9,35	89,5
3	10,60	10,05	94,8
4	11,05	10,35	93,7

Onde: D.E. - Disco Esquerdo; D.D. - Disco Direito.

Estes resultados mostram que o disco esquerdo apresenta um maior caudal de distribuição (cerca de 8%, em média) do que o disco direito, resultante de uma desafinação do actuador eléctrico respectivo. Este aspecto foi corrigido por um técnico especializado procedendo ao ajustamento do curso da haste do actuador.

No Quadro 5 são apresentados os resultados de um conjunto de 8 ensaios realizados na presença de um técnico especializado na regulação do distribuidor. É observável a variação do caudal de um e outro disco perante diversas regulações efectuadas ao nível dos apoios dos actuadores eléctricos respectivos. Estes ensaios tiveram lugar com o tractor imobilizado, embora com simulação de velocidade de deslocamento (programada na consola "Ferticontrol" a 6 km/h), com uma largura de trabalho de 28m e com uma densidade programada de 100 kg/ha. Nos ensaios 7 e 8 a diferença percentual entre discos, inferior a 3%, confirma a adequada regulação ao nível dos actuadores eléctricos.

Os resultados também confirmam a excelente correspondência entre a pesagem manual e a pesagem efectuada pelo sistema electrónico do distribuidor.

Avaliação do perfil transversal de distribuição

Os Quadros 6a e 6b mostram a distribuição transversal do adubo Superfosfato 18% recolhido em 25 recipientes (em plástico, com forma rectangular e com dimensões 0,565m×0,365m×0,080m), dispostos transversalmente à passagem do conjunto tractor-

QUADRO 5 - Resultados obtidos na calibração dinâmica do distribuidor Vicon RS-EDW com o adubo Superfosfato 18% (calibração automática; constante de calibração = “POS 29 – 28 kg/min”).

Ensaio	Leitura “Ferticontrol”		Pesagem manual		Cálculos			
	d	m	D.E.	D.D.	DD/DE	m'	Da*	Da/Dp
	(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(kg/ha)	(%)
1	51	14	6,35	7,35	115,7	13,70	96	96
2	53	15	6,45	7,35	114,0	13,80	93	93
3	70	19	8,95	9,70	108,4	18,65	95	95
4	36	10	5,30	5,45	102,8	10,75	106	106
5	69	20	9,45	10,70	113,2	20,15	104	104
6	71	20	9,65	10,75	111,4	20,40	103	103
7	70	21	10,80	10,75	99,55	21,55	110	110
8	36	11	5,40	5,55	102,8	10,95	109	109

**De acordo com a equação 2.*

Onde: d- Distância (m); m- Massa (kg); D.E. - Disco Esquerdo; D.D. - Disco Direito; m' - Massa total (kg); Da - Densidade de adubação aplicada (kg/ha); Dp - Densidade de adubação programada (kg/ha).

-distribuidor, com um espaçamento entre si de 2m, numa largura total de 48m. A massa de adubo apresentada corresponde a 3 passagens sucessivas do conjunto tractor-distribuidor, todas na mesma direcção e sentido, como forma de diminuir o erro de amostragem perante reduzidos valores de massa recolhidos em cada recipiente.

Estes resultados permitiram determinar a largura efectiva de trabalho do distribuidor

(28 m) para o adubo Superfosfato 18% e para uma densidade de aplicação pretendida de 250 kg/ha, valor da ordem de grandeza das densidades de aplicação programadas para a parcela de ensaio. O valor de largura de 28m foi eleito com base em dois critérios: a) coeficiente de variação mínimo (14,8%); b) densidade de aplicação mais próxima da densidade pretendida (98%).

QUADRO 6a - Massa de adubo Superfosfato 18% recolhida em ensaios de distribuição transversal (recipientes do lado esquerdo da linha de passagem do tractor e recipiente central)

Distância ao centro (m)	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0
Massa recolhida (g)	1	2	4	5	5	9	11	14	10	12	10	17	16

QUADRO 6b - Massa de adubo Superfosfato 18% recolhida em ensaios de distribuição transversal (recipiente central e recipientes do lado direito da linha de passagem do tractor)

Distância ao centro (m)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Massa recolhida (g)	16	13	12	12	16	11	12	8	5	3	1	0	0

QUADRO 7- Ensaios de avaliação do sistema “Ferticontrol” perante alteração da velocidade de deslocamento

Ensaio	Leitura “Ferticontrol”		Pesagem manual		Cálculos			
	d	m	D.E.	D.D.	DD/DE	m'	Da*	Da/Dp
	(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(kg/ha)	(%)
1	83	20	9,50	9,75	102,6	19,25	96,6	96,6
2	83	20	10,30	10,00	97,1	20,30	101,9	101,9

**De acordo com a equação 2.*

Onde: d- Distância (m); m- Massa (kg); D.E. - Disco Esquerdo; D.D. - Disco Direito; m' - Massa total (kg); Da - Densidade de adubação aplicada (kg/ha); Dp - Densidade de adubação programada (kg/ha).

Avaliação da capacidade do sistema para se auto-regular em função da velocidade

No Quadro 7 são apresentados os resultados de 2 ensaios, realizados com o adubo Fertigafsa, no decorrer dos quais se procedeu à alteração da velocidade de deslocamento do conjunto tractor-distribuidor (passando, sensivelmente, a meio do percurso, de 6,8 para 8,0 km/h), com a seguinte programação do sistema “Ferticontrol”: “POS-29 - kg/min 22”; Dp = 100 kg/ha; largura de trabalho = 24 m, calibração automática.

Os resultados comprovam não só o que se pretendia, ou seja, a capacidade do sistema para ajustar automaticamente a abertura das placas de dosagem perante variações de velocidade, garantindo a densidade de distribuição programada, como ainda a excelente aproximação entre o caudal dos dois discos.

Avaliação do sistema Ferticontrol” em resposta a alterações em andamento da densidade adubação pretendida

Neste ensaio foi utilizado o adubo Fertigafsa, com a seguinte programação do sistema “Ferticontrol”: “POS-29 - kg/min 22”; Dp = 100 kg/ha; largura de trabalho = 24 m; calibração automática. Foi efectuada uma programação de alteração da densidade pretendida de 50 kg/ha ao premir o comando “++/--”. O tractor percorreu 25m em distribuição com a densi-

dade inicialmente prevista (100 kg/ha), altura em que, em andamento, se premiu duas vezes o comando “++/--”. A partir deste momento, o visor do sistema “Ferticontrol” assumiu como densidade programada 200 kg/ha, tendo o conjunto percorrido no total 51 m. O recipiente de calibração recolheu 17,90 kg, que correspondem, para uma largura de trabalho de 24 m, a uma densidade de 146,2 kg/ha, valor intermédio entre as duas densidades programadas, comprovando, assim, a capacidade do sistema para se auto-regular em andamento perante diferentes instruções de densidade de distribuição.

Avaliação da capacidade do distribuidor para cumprir um plano de instruções programado em cartão de memória

Numa primeira fase foram efectuadas as ligações físicas entre o sistema “Ferticontrol” e uma interface para agricultura de precisão “FieldStar”, com ligação a GPS. Num computador de bancada com o “software” “FieldStar” foi elaborado um mapa da parcela de ensaio, tendo sido definidas duas zonas de diferentes densidades de aplicação: 100 e 400 kg/ha. Este mapa foi transferido através de um cartão de memória para o terminal “FieldStar”. O distribuidor, com o depósito de recolha simultânea de adubo de ambos os discos foi comandado primeiro na zona identificada no cartão de memória com a Dp=100 kg/ha

QUADRO 8 - Resultados dos ensaios realizados para comprovar a capacidade do sistema “Ferticontrol” para assumir a programação em cartão de memória

Ensaio	Leitura “Ferticontrol”		Pesagem manual		Cálculos			
	d	m	D.E.	D.D.	DD/DE	m'	Da*	Da/Dp
	(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(kg/ha)	(%)
1	26	7	3,30	3,20	97,0	6,50	104,2	104,2
2	27	28	13,40	13,70	102,2	27,10	418,2	104,6

*De acordo com a equação 2.

Onde: d- Distância (m); m- Massa (kg); D.E. - Disco Esquerdo; D.D. - Disco Direito; m' - Massa total (kg); Da - Densidade de adubação aplicada (kg/ha); Dp - Densidade de adubação programada (kg/ha)

(ensaio 1), em calibração automática, “POS-29 - kg/min 22”, onde percorreu 26m. Durante este percurso, o sistema “Ferticontrol” assumiu a densidade de 100 kg/ha; em seguida, depois de pesado o adubo recolhido na caixa, o distribuidor foi conduzido para a zona de densidade pretendida de 400 kg/ha, onde percorreu 27m (ensaio 2), tendo o sistema “Ferticontrol” assumido a densidade de 400 kg/ha. Os resultados obtidos nas pesagens e respectivos cálculos são apresentados no Quadro 8.

Ficou demonstrada a capacidade do sistema “Ferticontrol” para se auto-regular em função de instruções geo-referenciadas, baseadas no conhecimento agronómico da parcela e programadas num cartão de memória, tendo garantido uma diferença entre as densidades aplicada e programada inferior a 5%.

CONCLUSÕES

A aplicação de fertilizantes representa um encargo importante na manutenção das culturas. Exige-se, por isso, a avaliação rigorosa dos equipamentos de forma a cumprir os planos de recomendação para cada parcela.

Os resultados da avaliação de um distribuidor centrífugo de adubo de dois discos em ensaios estáticos mostrou uma importante diferença no caudal entre discos. A correcção desta situação permitiu a obtenção de um perfil transversal de distribuição homogéneo, com reflexo positivo em termos económicos e ambientais na futura utilização do equipamento.

O potencial demonstrado pelo distribuidor testado permite ilustrar o desenvolvimento ocorrido na tecnologia de aplicação de fertilizantes. Estas inovações na mecanização agrícola levantam novos desafios aos agricultores e abrem novas perspectivas no âmbito da prestação de serviços. Tal como

já acontece noutros países da Europa, nomeadamente em França e em Inglaterra, onde existem já empresas especializadas na avaliação de distribuidores de adubo, fornecendo ao agricultor um serviço de apoio e recomendação, esta pode ser uma oportunidade para os nossos jovens licenciados. O levantamento expedito das parcelas, o apoio à tomada de decisão, o estudo agronómico de cada caso e a aplicação diferenciada dos factores de produção constituem etapas deste novo conceito de agricultura e representam um campo aliciente e com grande potencial que importa incentivar.

AGRADECIMENTOS

Os autores querem manifestar o seu agradecimento ao programa AGRO pelo financiamento do projecto nº 390.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE Standards. 2003. S341.3 FEB99 - Procedure for Measuring Distribution Uniformity and Calibrating Granular Broadcast Spreaders. In *ASAE Standards*, 198-201.
- CEMAGREF. 1997. *Les Matériels de Fertilisation et Traitement des Cultures: Technologies de l'agriculture*. Collection Formagri, 51-102.
- DGHEA. 1989. *Distribuidores centrífugos de adubo: Regulações e Manutenção*. Direcção Geral de Hidráulica e Engenharia Agrícola, Boletim Técnico, Ano 2, Nº 6, Maio de 1989.
- Serrano, J. M., Peça, J. O., Mendes, J. & Serrazina, H. 2005. Novas perspectivas na utilização de distribuidores de adubo: inovação e avaliação. *Revista da Associação Portuguesa de Mecanização Agrária*, 2: 40-44, 46.

Interacção da salinidade e da fertilização azotada na produtividade do milho-grão

Relationship between different levels of salinity and nitrogen and maize production

M.C. Gonçalves¹, J.C. Martins¹, N. Castanheira²; F.L. Santos², M.J. Neves¹, J. Reis², A. Prazeres¹, T. Ramos¹, S. Fonte¹, F. Pires¹, M. Bica¹ & J. Bica¹

RESUMO

Instalaram-se, em 2004 e 2005, dois ensaios de campo (Évora e Alvalade), em solos diferentes, com mobilização convencional e a cultura de milho-grão regada com sistema gota-a-gota, em fonte tripla linear. Neste sistema existem 3 fontes: *água salina, água de rega e solução fertilizante*, de modo a obter dois gradientes, um de salinidade (adição de NaCl), e outro de fertilizante (adição de solução azotada). Pretende-se avaliar o efeito da interacção da aplicação da água da rega salina e da fertilização azotada, sem deixar de se conseguir níveis de produção aceitáveis. Cada área experimental integrava 4 grupos (I a IV), com três repetições, tendo-se utilizado um gradiente decrescente de fertilizante do Grupo I para o IV, sem solução azotada neste último grupo. Dentro de cada grupo estabeleceram-se 4 modalidades de salinidade em 2004 e apenas 3 em 2005, através da distribuição de diferentes quantidades de água salina ao longo das linhas da cultura. O conjunto de gotejadores debitava 18 L/h em cada ponto de rega e cada metro linear de cultura de milho. Nos dois anos em

estudo, as regas com as soluções salina e azotada decorreram de Junho a Setembro, com frequência trisemanal no início, passando a diária.

Nos dois anos monitorizou-se a solução do solo (condutividade eléctrica, teores em cationes solúveis e nitratos) às profundidades de 20, 40 e 60 cm. Recolheram-se amostras de solo antes, durante e no fim dos ciclos de rega, nos 4 Grupos a 3 profundidades (0-20 cm; 20-40 cm; 40-60 cm), para determinação de vários parâmetros do solo, entre os quais a condutividade eléctrica do extracto de saturação do solo. Avaliou-se a produtividade do milho-grão nas diferentes modalidades e determinaram-se funções de produção e as curvas de resposta em função das quantidades totais de sais e de fertilizante azotado aplicados nos dois anos do ensaio ($R^2=0.62$ $n=55$). Os resultados apontam para um efeito positivo da salinidade da água de rega, para aplicações de N inferiores a 4.83 g m^{-2} . Este efeito benéfico da salinidade da água de rega, quando ocorre carência de fertilização azotada, pode ser explicado pela substituição, ou troca, no complexo coloidal do solo do ião NH_4^+ , lá existente, pelo ião Na^+ , da

¹Dep. Ciência do Solo, EAN, Av. República, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras mc.goncalves@netc.pt;

²Dep. Eng. Rural, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Apartado 94, 7000-554 Évora

água de rega, ficando o primeiro disponível para a planta. Apresentam-se ainda resultados que mostram as tendências da evolução da salinidade do solo e da produtividade do milho em função dos tratamentos aplicados.

ABSTRACT

Two experimental fields in Herdade da Mitra and Alvalade do Sado, were installed in different soils, using conventional field operations. The crop was *Zea Mays* irrigated with a triple emitter source irrigation system. In this layout scheme there are 3 sources of water with different water quality: *salty water* (water source with NaCl dissolved), *irrigation water+fertilizer* (water source with NH_4NO_3 added) and *irrigation water only* (fresh water). With the layout it is intended to obtain two gradients: one with different levels of salinity and another with different levels of nitrogen fertilizer, in order to be able to observe the responses of soil and culture to different levels of salinity and fertilizer.

The objective of this work is to evaluate if different irrigation water salinity levels can be compensated by nitrogen, and still be able to achieve acceptable crop production levels even with low quality irrigation water. In the process soil solution (EC, soluble cations and nitrates) was monitored in the groups, at 20, 40 and 60 cm depth. At the beginning, at the middle and at the end of the irrigation periods, soil samples were also collected at the four Groups and 3 depths (0-20cm; 20-40cm; 40-60cm) to measure soil parameters like the electrical conductivity of the soil saturation extract.

Maize harvest was done in a way to evaluate the different production in the various treatments and the paper shows results related with the impact of treatments on the

soil solution and crop production, and reveals tendencies of the soil salinity progression in time and the productivity of maize. Multiple regression analysis was done relating yields with the total amount of salts and nitrogen applied in the two years of the experiments ($R^2=0.62$, $n=55$). The production functions obtained point to a positive effect of salinity up to nitrogen content less than 4.83 g m^{-2} . This useful effect of irrigation water salinity during nitrogen scarcity could be due to the replacement, and consequent availability for the crop, of the ion NH_4^+ , adsorbed in the soil exchange complex, by the ion Na^+ .

INTRODUÇÃO

O aumento da concentração de sais na solução do solo faz aumentar a energia dispendida pela planta para extrair do solo a água que necessita, reduzindo em simultâneo a transpiração (Alvim, 1975). A partir de certo limite de concentração atinge-se a fase em que a planta morre por não poder vencer, por extracção radical, a pressão negativa total com que a água é retida pelo solo. Contudo, Heimann (1966) refere que, dentro de limites bastante largos de concentração e pressão osmótica, os efeitos prejudiciais da salinidade são causados por razões iónicas desequilibradas e não propriamente pela pressão osmótica. Ainda refere que equilibrando convenientemente essas razões iónicas, muitas plantas podem ser produzidas economicamente com níveis de salinidade elevados no solo. Segundo a FAO (1998), em presença de sais a cultura de milho mantém níveis de produção aceitáveis até um limiar em que a condutividade eléctrica do extracto de saturação do solo na zona das raízes atinge $1,7 \text{ dS m}^{-1}$. Acima deste valor limite, os decréscimos nas produções ocorrem de modo directamente pro-

porcional aos acréscimos de salinidade, a uma taxa expressa pelo declive da recta, em que por cada dS m^{-1} de aumento da condutividade eléctrica do extracto de saturação há um decréscimo na produção de 12%.

Os estudos clássicos da aplicação de diferentes níveis de salinidade e de fertilizante às culturas, envolviam geralmente o uso de esquemas de rega por sectores, com bombas de injeção de soluções com diferentes concentrações. O esquema de Fonte Tripla Linear permite simplificar esse processo muito laborioso e observar a resposta do solo e da cultura a diferentes níveis de salinidade e de adubação azotada. O esquema de Fonte Tripla Linear é uma adaptação, com três fontes de alimentação, do esquema Fonte Dupla Linear de Malach *et al.* (1995, 1996). Beltrão (1998) refere, que a introdução de esquemas experimentais de gradientes de rega gota a gota oferece uma ferramenta muito vantajosa na obtenção de dados para a definição das funções de produção e de contaminação ambiental.

O objectivo deste estudo é avaliar se a variação da salinidade da água da rega pode ser compensada com a variação de nutrientes azotados, conseguindo-se obter bons níveis de produção mesmo regando com águas de rega de qualidade inferior (salinas), sem, por outro lado, provocar a salinização e/ou sodicização do solo. Pretende-se obter e divulgar a combinação adequada do binómio sais-fertilizante azotado que melhor responda às necessidades do milho-grão, maximizando a sua produtividade e minimizando os impactes ambientais da rega e do uso de azoto no solo e nas águas subterrâneas e superficiais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios experimentais e de demonstração foram realizados na Herdade da Mitra e

no Posto de Culturas Regadas de Alvalade do Sado, em 2004 e 2005, prevendo-se prosseguir em 2006. Instalaram-se dois campos experimentais, com cerca de 200 m^2 cada, em solos diferentes, usando sistemas de mobilização convencional e tendo como cultura o milho-grão, regado com o sistema de rega gota a gota em fonte tripla linear. Este sistema de rega é alimentado por **3 fontes de água**: *água salina* (água de rega com NaCl dissolvido), *água de rega* (não salina) e *água+fertilizante* (água de rega com adição de NH_4NO_3), o que permite obter **dois gradientes**, um de *salinidade* (com adição de NaCl), e outro de *fertilizante* (com adição de solução azotada – NH_4NO_3).

Cada área experimental é composta por 4 grupos (I a IV), com três repetições em cada um deles (que correspondem a 3 linhas de milho regadas). A injeção de água salina permite estabelecer um gradiente de salinidade ao longo da linha da cultura obtendo-se, em função do caudal dos gotejadores 4 níveis de concentração de sal (Quadro 1), correspondentes às 4 modalidades estudadas no 1º ano dos ensaios. No 2º ano (2005), fizeram-se algumas alterações ao esquema experimental (Quadro 2), nomeadamente ao nível do número de modalidades por linha de cultura, tendo-se passado de 4 (A, B, C e D) para 3 (A, B e C), aumentando os locais de monitorização, para uma melhor interpretação dos resultados. Os débitos nas modalidades extremas (A e C) mantiveram-se em 12 L/h e 0 L/h, tendo sido alterado o débito da modalidade B para 6 L/h (Quadro 2). O gradiente de fertilizante foi estabelecido ao longo dos 4 grupos, isto é, do Grupo I para o IV, com a aplicação da maior dotação de fertilizante no Grupo I e nenhuma solução azotada no Grupo IV. Assim, cada linha de cultura é regada por três tubagens com três conjuntos de gotejadores, cuja dotação aplicada é sempre constante em cada ponto

de rega debitando 18 L/h por metro linear de cultura de milho.

Na Figura 1 encontra-se representado o esquema da rede total de rega instalada nos dois ensaios, tendo cada linha 8 pontos de rega (modalidades A a D no 1º ano e modalidades de A a C no 2º ano), distanciados entre si de 1 m na linha.

A *água salina* e a *água+fertilizante*, existentes em soluções concentradas preparadas previamente foram injectadas na tubagem através de uma bomba doseadora. A solução salina foi obtida por dissolução de 10 kg de sal em 70 L de água, tendo-se atingido uma condutividade eléctrica de cerca de 150 dS m⁻¹. A solução com fertilizante foi conseguida pela diluição de 8,3 L de nitrato de

amónio em 50 L de água atingindo-se 90 dS m⁻¹. As quantidades totais de sais aplicadas nos dois anos de ensaios são apresentadas no Quadro 3, tendo sido calculadas com base na concentração em sais e fertilizante da água aplicada em cada modalidade durante o ciclo de rega.

Nas campanhas de rega de 2004 e de 2005, iniciadas em Julho, a água aplicada à saída dos gotejadores de sal apresentavam, em média, uma condutividade eléctrica entre 7 e 8 dS m⁻¹ em Alvalade e entre 5.5 e 7 dS m⁻¹ na Mitra. A qualidade das duas origens da água de rega é apresentada no Quadro 4. As dotações totais de rega aplicadas em 2004 e 2005 foram 1066.5 e 725.1 L/m² na Mitra, e 997.3 e 1012.0 L/m² em Alvalade.

QUADRO 1 - Esquema dos campos experimentais no primeiro ano (2004). Podem observar-se os 4 grupos e os débitos dos gotejadores nas linhas e diferentes modalidades

		Grupo I			Grupo II			Grupo III			Grupo IV		
		Sal	N	Água	Sal	N	Água	Sal	N	Água	Sal	N	Água
		*12	6	0	12	4	2	12	2	4	12	0	6
Modalidade	A	12	6	0	12	4	2	12	2	4	12	0	6
		8	6	4	8	4	6	8	2	8	8	0	10
	B	8	6	4	8	4	6	8	2	8	8	0	10
		4	6	8	4	4	10	4	2	12	4	0	14
	C	4	6	8	4	4	10	4	2	12	4	0	14
		0	6	12	0	4	14	0	2	16	*0	0	18
	D	0	6	12	0	4	14	0	2	16	0	0	18
		18 L/h			18 L/h			18 L/h			18 L/h		

* - Localização das cápsulas porosas e tensiómetros (20, 40 e 60 cm de profundidade)

QUADRO 2 - Esquema dos campos experimentais no segundo ano

		Grupo I			Grupo II			Grupo III			Grupo IV		
		Sal	N	Água	Sal	N	Água	Sal	N	Água	Sal	N	Água
		12	6	0	12	4	2	12	2	4	12	0	6
Modalidades	A	*12	6	0	†12	4	2	*12	2	4	*12	0	6
		12	6	0	12	4	2	12	2	4	12	0	6
		6	6	6	6	4	8	6	2	10	6	0	12
	B	6	6	6	†6	4	8	6	2	10	6	0	12
		6	6	6	6	4	8	6	2	10	6	0	12
	C	*0	6	12	0	4	14	*0	2	16	*0	0	18
		0	6	12	†0	4	14	0	2	16	0	0	18
		18 L/h			18 L/h			18 L/h			18 L/h		

* - Estações com Cápsulas Porosas (20, 40 e 60 cm de profundidade); † - Estações com Tensiómetros ou Sensores Watermark® (30, 50 e 70 cm de profundidade)

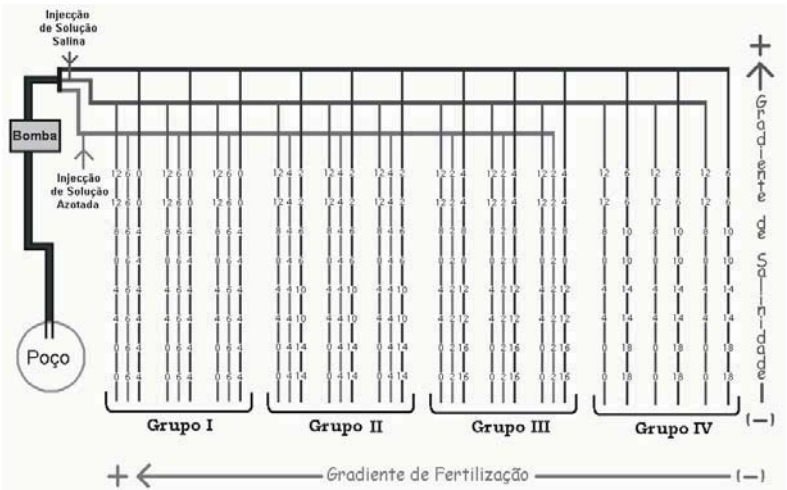


Figura 1 - Esquema experimental fonte tripla linear gota a gota podendo observar-se os quatro grupos, os débitos dos gotejadores nas linhas e os gradientes de salinidade e fertilizante (primeiro ano dos ensaios)

QUADRO 3 - Quantidade total de sais na água de rega salina e de fertilizante azotado (N), aplicados em cada Grupo e modalidade, nos dois anos de ensaio

Grupos	Mod.	Sal (g m ⁻²)				Fertilizante (g m ⁻²)			
		2004		2005		2004		2005	
		Alvalade	Mitra	Alvalade	Mitra	Alvalade	Mitra	Alvalade	Mitra
I	A	1365	1352	2055	962	12	6	13	10
	B	910	901	1027	481	12	6	13	10
	C	455	451	0	0	12	6	13	10
	D	0	0	-	-	12	6	-	-
II	A	1365	1352	2055	962	8	4	9	7
	B	910	901	1027	481	8	4	9	7
	C	455	451	0	0	8	4	9	7
	D	0	0	-	-	8	4	-	-
III	A	1365	1352	2055	962	4	2	4	3
	B	910	901	1027	481	4	2	4	3
	C	455	451	0	0	4	2	4	3
	D	0	0	-	-	4	2	-	-
IV	A	1365	1352	2055	962	0	0	0	0
	B	910	901	1027	481	0	0	0	0
	C	455	451	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	-	-	0	0	-	-

Usaram-se cápsulas porosas, instaladas às profundidades de 20, 40 e 60 cm nos grupos e modalidades indicadas nos Quadros 1 e 2 para o 1º e 2º ano, respectivamente, para a monitorização da solução do

solo. As recolhas de amostras de solução do solo foram realizadas 2 vezes por semana, durante os ciclos de rega, e mais esporadicamente durante o resto do ano, para avaliação da condutividade eléctrica, teores

em catiões solúveis (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+), azoto nítrico e amoniacal (N-NO_3^- , N-NH_4^+).

Recolheram-se ainda amostras de solo no início do ensaio, durante e no fim dos ciclos de rega nos 4 Grupos, a 3 profundidades (0-20cm; 20-40cm; 40-60cm), para determinação de vários parâmetros do solo, entre os quais a condutividade eléctrica do extracto de saturação do solo que é um indicador da salinidade do solo.

No final de cada ciclo da cultura de milho-grão foram avaliadas as produções nas várias modalidades e grupos, separadamente, de forma a poder analisar-se,

QUADRO 4 - Caracterização química da água de rega de Alvalade do Sado e da Herdade da Mitra

Parâmetros	Alvalade do Sado	Herdade da Mitra
pH	8,12	7,58
CE (dS m^{-1})	0,843	0,50
N-NO_3^- (mg/L)	0,51	2,830
N-NH_4^+ (mg/L)	0,21	2,030
Cl ($\text{mmol}_{(\text{e})}/\text{L}$)	2,83	0,64
Na	2,9	1,040
Catiões Ca	1,61	2,54
(meq/L) Mg	2,29	1,38
K	0,07	0,03
Σ Catiões (meq/L)	0,687	0,50
SAR	2,077	0,74

QUADRO 5 - Características físicas e químicas médias das amostras dos perfis 82 (Herdade da Mitra) e 83 (Alvalade-Sado)

Prof. (cm)		Perfil 82 - Mitra				Perfil 83 - Alvalade		
		0-30	30-50	50-90	90-110	0-30	30-75	75-160
Textura		Fr. Aren.	Fr. Aren	Fr. Aren	Fr. Aren	Franca	Fr. Lim.	Franca
Areia Grossa (%)		46,1	43,1	42,3	45,5	8,3	6,5	5,8
Areia Fina (%)		35,9	38,2	39,1	35,0	52,4	46,2	42,0
Limo (%)		10,1	10,2	9,2	9,3	26,3	29,3	27,6
Argila (%)		7,9	8,5	9,4	10,2	13,0	18,0	24,6
pH (H_2O)		6,63	6,59	7,11	7,41	7,00	7,13	7,33
CE (dS m^{-1})		0,483	0,632	0,248	0,260	0,423	1,224	0,959
SAR ($\text{mmol}_{(\text{e})} \text{L}^{-1}$) ^{0,5}		0,25	0,22	0,46	0,57	3,25	3,87	2,96
M. O. (g kg^{-1})		33,26	38,06	8,25	2,41	26,46	17,30	11,69
Cs ($\text{cmol}_{(\text{e})} \text{kg}^{-1}$)	Ca	0,066	0,096	0,018	0,020	0,023	0,094	0,083
	Mg	0,030	0,038	0,008	0,008	0,016	0,070	0,071
	Na	0,009	0,009	0,007	0,100	0,083	0,204	0,163
	K	0,020	0,024	0,009	0,006	0,008	0,003	0,002
Ce ($\text{cmol}_{(\text{e})} \text{kg}^{-1}$)	Ca	7,600	7,900	5,150	5,200	6,000	6,950	6,700
	Mg	1,400	1,300	1,250	1,100	1,850	2,350	3,250
	Na	0,095	0,090	0,078	0,115	0,363	0,533	0,508
	K	0,650	0,600	0,535	0,390	0,450	0,240	0,160
Ct ($\text{cmol}_{(\text{e})} \text{kg}^{-1}$)	Ca	7,534	7,804	5,132	5,180	5,977	6,856	6,617
	Mg	1,370	1,262	1,242	1,092	1,834	2,280	3,179
	Na	0,086	0,081	0,070	0,105	0,280	0,329	0,345
	K	0,630	0,576	0,526	0,384	0,442	0,237	0,158
CTC ($\text{cmol}_{(\text{e})} \text{kg}^{-1}$)		13,72	13,74	10,59	11,91	13,59	15,64	16,01
ESP (%)		0,629	0,587	0,664	0,884	2,059	2,103	2,152
N inorgânico (mg kg^{-1})	N-NO_3^-	4,87	10,67	0,88	0,64	3,87	4,02	4,30
	N-NH_4^+	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
N total (g kg^{-1})		1,28	1,39	0,45	0,23	1,15	0,92	0,26

com maior detalhe, os resultados das produções em função dos vários tratamentos aplicados. As plantas foram separadas em folhas, colmos, carolo e grão os quais foram secos na estufa a 65°C., para avaliação da respectiva matéria seca.

Efectuou-se uma análise de regressão múltipla relacionando as produções obtidas nos dois locais, com as quantidades totais de sal (NaCl) e de fertilizante azotado (N) aplicados em cada grupo e modalidade nos dois anos do ensaio. A função de produção obtida foi analisada, os seus máximos calculados e determinadas as curvas de resposta.

Características dos solos

Os solos apresentavam uma textura franco-arenosa na Herdade da Mitra e franca a franco-limosa em Alvalade do Sado, tendo sido classificados como mistura de terras ou Antrossolo de origem granítica (Antrossolo, FAO 2001) e Aluviosolo moderno não calcário de textura mediana (Fluvisolo éutrico, FAO 2001), respectivamente. No Quadro 5 apresentam-se as propriedades do solo consideradas relevantes para este estudo, que foram determinadas pelos métodos utilizados no DCS da EAN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros químicos da solução do solo

Nas Figuras 2 e 3 apresentam-se os resultados, relativos ao 1º ciclo de rega - 2004, considerados mais representativos da monitorização da solução do solo nos Grupos I e para a modalidade A (máximos de salinidade e de fertilizante na água de rega) e IV, modalidade D (sem salinidade e sem fertilizante na água de rega),

obtidos através das cápsulas porosas colocadas às profundidades de 20, 40 e 60 cm, nos ensaios em Alvalade do Sado e na Herdade da Mitra.

Relativamente a Alvalade, e para o Grupo I, o solo apresenta os valores mais elevados de CE (entre 3 e 8 dS m⁻¹) e de sódio solúvel à profundidade de 40 cm, e os valores mais baixos à profundidade de 20 cm (Figuras 2A e B). No Grupo IV, em que não se aplicou água salina e fertilizante azotado, os correspondentes valores aí encontrados são inferiores, embora com alguns mais elevados devido à ocorrência de escorrimentos superficiais das modalidades adjacentes. Observa-se que a CE e o Na tiveram um comportamento semelhante, como era esperado, visto que a CE é um indicador da salinidade do solo que integra a totalidade dos catiões solúveis, dos quais o Na é, neste caso, o mais relevante. Até Janeiro de 2005 não foi evidente a lavagem do solo pela água da chuva, certamente pela fraca pluviosidade ocorrida em fins de 2004 e pelas características do solo (Quadro 5). Relativamente ao azoto nítrico (Figura 2C), a solução do solo apresenta valores bastante elevados, entre 25 e 150 mg/L em todas as profundidades, ainda que se tenham observado valores entre 150 e 350 mg/L à profundidade de 20 cm, reflexo da aplicação do fertilizante azotado efectuado em finais de Julho.

Na Herdade da Mitra não foi possível recolher a solução do solo a 40 cm de profundidade. Os valores mais elevados de CE durante o período da rega verificaram-se a 20 cm de profundidade e situam-se entre 4 e 6 dS m⁻¹. Após este período, e devido à pluviosidade ocorrida em Outubro e à textura franco-arenosa do solo, verificou-se lavagem dos sais, tendo a salinidade da solução do solo a 20 cm baixado para valores inferiores a 1 dS m⁻¹ e a

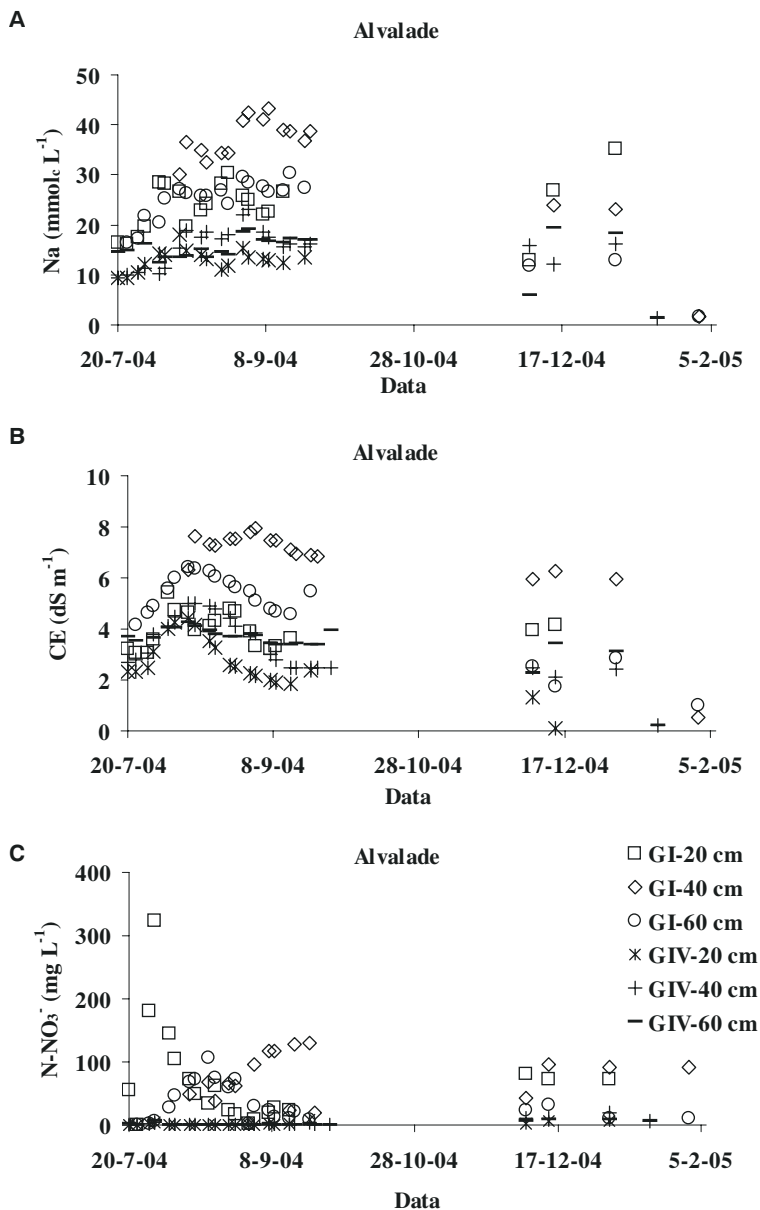


Figura 2 - Monitorização da solução do solo a 3 profundidades (20, 40 e 60 cm) nos Grupos I e IV em Alvalade. **A**- Sódio solúvel (meq/L); **B**- Condutividade eléctrica (dS m^{-1}) e **C**- Azoto nítrico (mg/L)

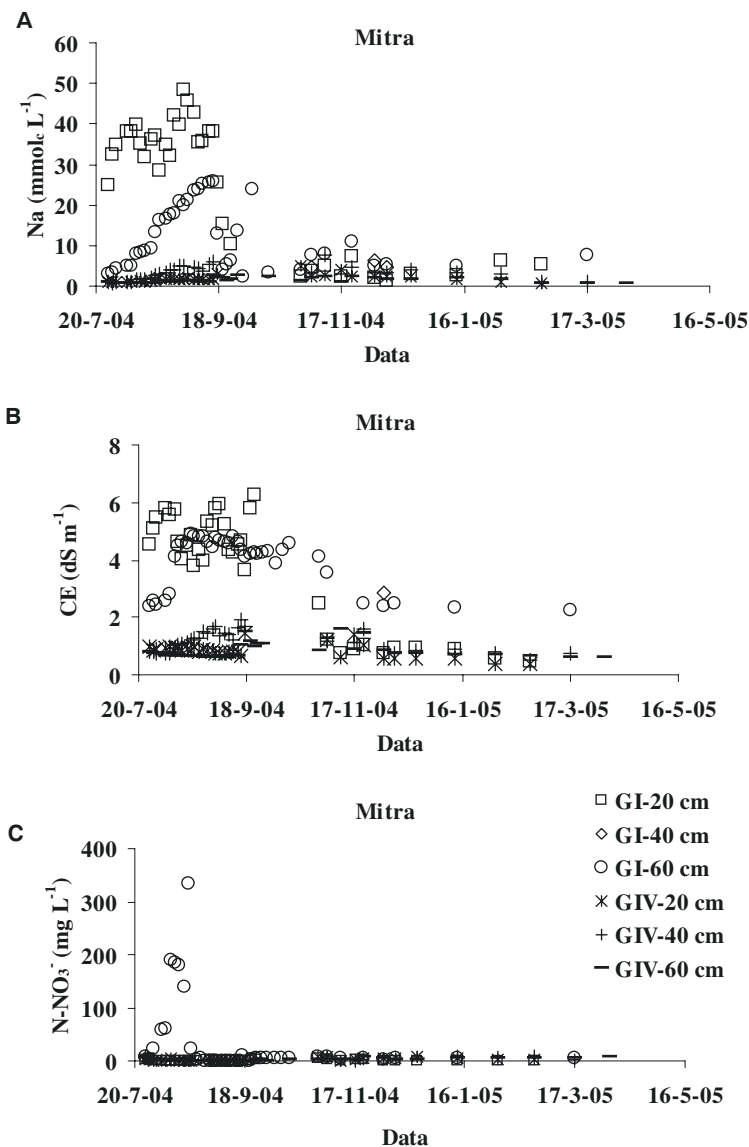


Figura 3 - Monitorização da solução do solo a 3 profundidades (20, 40 e 60 cm) nos Grupos I e IV na Mitra. **A**- Sódio solúvel (meq/L); **B**- Condutividade eléctrica (dS m⁻¹) e **C**- Azoto na forma nítrica (mg/L)

60 cm descido para valores entre 2 e 3 dS m⁻¹. O Grupo IV onde o solo também

apresentava boa infiltrabilidade e sem escorrimientos superficiais, a salinidade da solu-

ção do solo (traduzida pela CE e Na solúvel) foi manifestamente mais reduzida. Quanto ao azoto nítrico só se encontraram valores na solução do solo bastante elevados (entre 25 e 350 mg/L) no período correspondente à adubação azotada (fins de Julho).

Salinidade do solo

A salinidade do solo foi avaliada pela condutividade eléctrica do extracto de saturação do solo. Na Figura 4 encontram-se

representados os resultados obtidos para aquele parâmetro nas 3 datas de amostragem do 1º ano dos ensaios.

A Figura 4 mostra que a salinidade inicial do solo não ultrapassava 0.6 dS m^{-1} , mas após a rega de 2004 aumentou, nomeadamente na camada superficial, para valores de cerca de 4 dS m^{-1} , em Alvalade e na Mitra, embora neste último local tenham sido registados alguns valores entre 4 e 5 dS m^{-1} . Os resultados obtidos em Alvalade mostram um decréscimo de salinidade

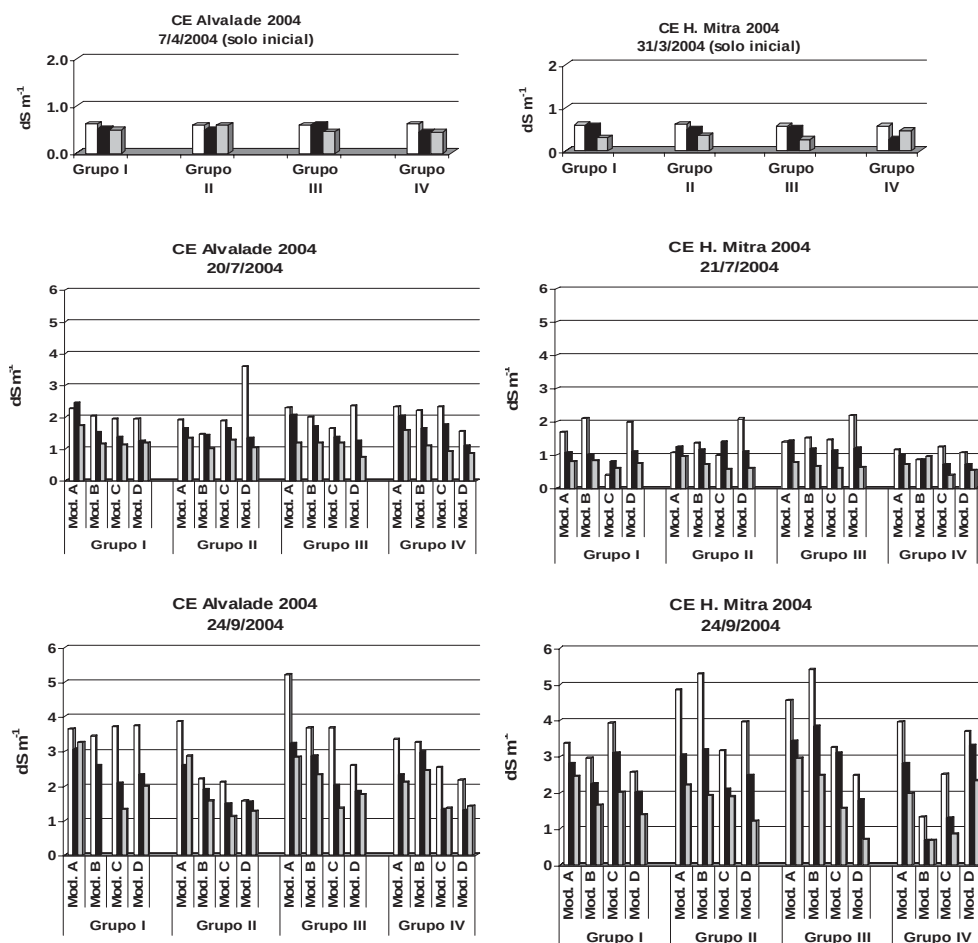


Figura 4 – Evolução da condutividade eléctrica do solo em Alvalade e Herdade da Mitra, em 2004

nas várias modalidades de cada Grupo e com a profundidade. Este comportamento não é tão evidente na Mitra, talvez pela natureza dos solos que apresentam uma menor capacidade de retenção e de troca catiónica. Verificou-se ainda que, por vezes, a modalidade D (sem água salina) mostra valores de salinidade elevada, especialmente na Herdade da Mitra. Estes valores são explicáveis pela ocorrência de escoamentos superficiais entre modalidades adjacentes devido à existência de um micro relevo no solo. Esta situação foi ultrapassada no 2º ano dos ensaios reduzindo as modalidades em cada campo para 3, com aumento das respectivas áreas, e ainda com a construção de camalhões separadores das modalidades.

Produções

Verificou-se, como esperado, variações nas produções (Figuras 5 e 6), grão e palha, conforme as diferentes modalidades estudadas, de acordo com os gradientes de salinidade e fertilizante estabelecidos, tendo-se observado no Grupo IV os valores mais baixos de produção em ambos os campos experimentais e nos dois anos, assim como altura média das plantas, o que era expectável por este grupo não ter tido adubação azotada.

As produções foram, de um modo geral, mais baixas em 2005 do que no ano anterior, nomeadamente na Mitra, devido provavelmente ao facto do Inverno e da Primavera terem sido extremamente secos, o que condicionou o estado de humidade do solo à sementeira, a emergência das plantas e o seu desenvolvimento posterior, e por o solo apresentar salinidade acumulada proveniente do 1º ciclo de rega. De facto, em Setembro de 2004 (fim do 1º ciclo de rega), o solo apresentava uma salinidade entre 2 e 4 dS m⁻¹, em Alvalade, e entre 3 a 5 dS m⁻¹ na Mitra. Ora, como ocorreu uma precipita-

ção escassa, de cerca de 200 mm, no período Setembro de 2004 a Maio de 2005, a lavagem dos sais retidos no solo não foi efectuada, embora na Mitra se tenha verificado um decréscimo de sais na solução do solo. Esta situação só poderá ser esclarecida após a determinação laboratorial, ainda não concluída, da salinidade e da solução do solo no início do 2º ciclo de rega.

Comparando as produções de milho-grão obtidas em 2004 (Figuras 5 e 6), em Alvalade, observa-se que para o Grupo I se registou um decréscimo, de 2004 para 2005, de cerca de 4000 kg/ha na modalidade A e de cerca de 3000 kg/ha na modalidade D (em 2004), a qual equivale à C em 2005. Para as modalidades B e C (2004) as produções foram semelhantes às registadas na modalidade B em 2005. No Grupo II, as produções em 2004 foram equilibradas em todas as modalidades (entre 12500 e 13800 kg/ha), e em 2005 oscilaram entre 8600 e 11000 kg/ha. No Grupo III, para 2004, notou-se um rendimento máximo de 15500 kg/ha na modalidade A, mas um decréscimo para cerca de metade, em 2005. Esta redução drástica de rendimento deve ser consequência da salinidade do solo, pois em Setembro de 2004, a CE ultrapassava os 5 dS m⁻¹ (Figura 4) naquela modalidade. Finalmente no Grupo IV, verificou-se também um decréscimo de 2004 para 2005, mas essencialmente na modalidade A. A produção de palha foi, quase sempre, inferior à produção de milho-grão nos dois anos estudados.

Na Herdade da Mitra, os rendimentos em milho-grão em 2004 (Figura 5) atingiram os maiores valores na modalidade A do Grupo I e na modalidade C do Grupo II, com cerca de 12000 kg/ha, e ainda na modalidade A do Grupo III (13100 kg/ha). A produção de palha foi em regra ligeiramente inferior à produção de milho-grão. Porém, em 2005, verificou-se uma inversão da produção de milho-grão em relação à produção de palha,

em todos os Grupos. As produções de milho-grão, em 2005, foram bastante mais baixas que em 2004, com valores entre 3700 e 6800 kg/ha mas crescentes da modalidade A para a C, ou seja, com o decréscimo da salinidade da água de rega, em todos os Grupos. Esta situação também ocorreu para a produção de palha. Parece, assim, ter havido uma interacção positiva da aplicação da água salina com os teores mais baixos de solução azotada (grupos II e III), dado que em todas as modalidades em que foi aplicada a água salina conjuntamente com as menores doses de fertilizante azotado (4 e

8/9 g m⁻² em Alvalade e 2/3 e 4/7 g m⁻² na Mitra), as produções revelaram-se superiores.

Funções de produção

Obteve-se a seguinte função de produção: $Y=611.2+102.1N-6.7N^2+0.07NaCl-0.0145N \times NaCl$ ($R^2=0.62^{***}$, $n=55$), em que Y é a produção de grão no conjunto dos locais (g m⁻²), N e NaCl são os teores aplicados de azoto e de cloreto de sódio (g m⁻²). A equação justifica 62% da variação total da produção observada.

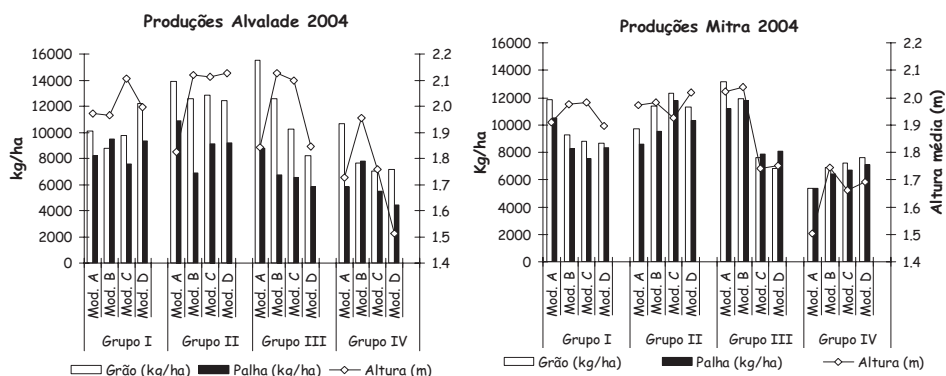


Figura 5 - Produções da cultura de milho, grão e palha (folhas, colmo e carolo) e altura média dos pés de milho por modalidade, em 2004, para Alvalade e Mitra

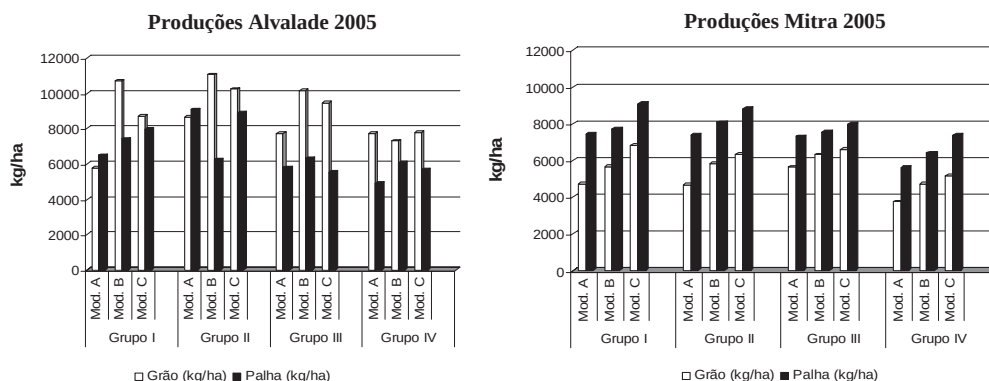


Figura 6 - Produções da cultura de milho, grão e palha (folhas, colmo e carolo) por modalidade, em 2005, para Alvalade e Mitra

QUADRO 6 - Máximos das curvas de resposta da produção em função dos teores de azoto e de sal (todos os valores em g m^{-2})
 ($\partial Y/\partial N = 0$ e $\partial Y/\partial \text{NaCl} = 0$)

NaCl	N	Y	N	Y
0	7.62	1000.2	4.83	947.9
500	7.08	981.9	4.83	947.9
1000	6.54	967.6	4.83	947.9
1500	6.00	957.1	4.83	947.9
2000	5.46	950.6	4.83	947.9

As curvas de resposta da produção de milho-grão em função dos teores de fertilizante azotado e de sal aplicados encontram-se na Figura 7. Os máximos das curvas da produção do milho-grão, obtidos a partir das derivadas das funções de produção, encontram-se no Quadro 6. Relativamente à produção de grão, a resposta do azoto seguiu a lei dos acréscimos decrescentes de produção e uma vez atingido o máximo, a lei de acréscimos negativos crescentes de produção (Figura 7A). A resposta à concentração salina foi sempre linear (Figura 7B). Devido ao facto da interacção $\text{N} \times \text{NaCl}$ ter sido negativa, o aumento da concentração salina antecipou de forma muito evidente o nível de N a que corresponde o máximo de produção e

de forma menos evidente o respectivo nível de produção (Figura 7A, Quadro 6). Pela mesma razão, a resposta à concentração salina começa por ser positiva para baixos níveis de azoto e torna-se negativa a partir de 4.83 g m^{-2} de N (Figura 7B, Quadro 6). O efeito benéfico da salinidade da água de rega, quando ocorre carência de fertilização azotada, já verificado no ponto anterior quando se analisaram as produções reais, poderá ser explicado pela substituição, ou troca, no complexo coloidal do solo do ião NH_4^+ , lá existente, pelo ião Na^+ , da água de rega, ficando o primeiro disponível para a planta. Segundo Nommik e Vahtras (1982), a fixação do N-NH_4^+ nos minerais de argila confere-lhe protecção contra a lixiviação e permite que, de forma gradual, vá sendo fornecido às plantas ao longo do ciclo vegetativo, à medida que for sendo substituído pelos cationes que expandem a malha, nomeadamente pelo Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ e H_3O^+ . De acordo com Stevenson (1986), o ião sódio expande o espaçamento dos minerais silicatos, permitindo a libertação dos iões NH_4^+ retidos.

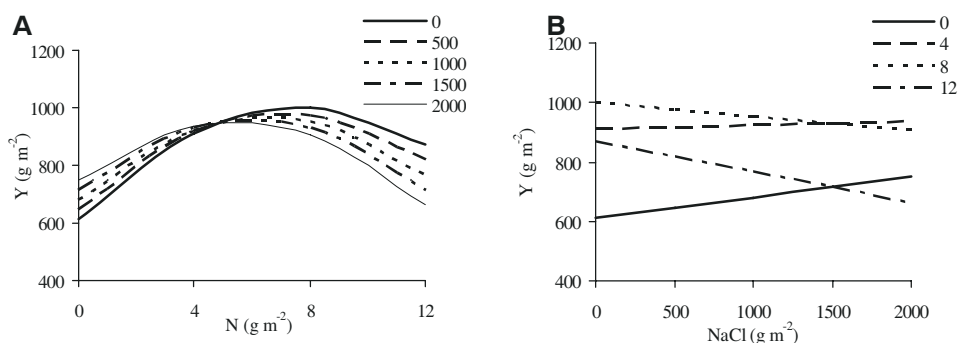


Figura 7 - Curvas de resposta da produção em função dos teores de fertilizante e de sal aplicados

CONCLUSÕES

Os valores mais elevados de salinidade da solução do solo, da ordem dos 8 dS m^{-1} , foram obtidos à profundidade de 40 cm no Grupo I dos ensaios realizados em Alvalade. Quanto à Herdade da Mitra, a salinidade foi ligeiramente inferior. De Setembro de 2004 (fim das regas) a Janeiro de 2005, a monitorização da água do solo mostra que, em Alvalade, o solo não sofreu lixiviação, facto que deverá estar relacionado com a reduzida precipitação ocorrida naquele período, bem como à relativamente baixa infiltrabilidade do solo. Pelo contrário, na Mitra houve uma lavagem de sais, com decréscimo da salinidade da solução do solo para valores de 1 dS m^{-1} .

Quanto à salinidade do solo, houve, com a rega de 2004, um acréscimo para valores máximos de 4 dS m^{-1} , em Alvalade, e de 5 dS m^{-1} , na Mitra. Observou-se ainda uma tendência para o decréscimo da salinidade das modalidades A para D, de cada Grupo, e com a profundidade, o que está de acordo com o decréscimo da salinidade da água de rega aplicada naquelas modalidades.

Os teores de azoto nítrico encontrados na solução do solo, no ciclo de rega de 2004, variaram, entre 25 e 150 mg/L, em Alvalade e entre 25 e 350 mg/L na Mitra, correspondendo os valores mais altos ao período da adubação azotada. A precipitação escassa ocorrida no período Outono/Invernal só promoveu a lavagem de nitratos do solo no caso da Mitra, devido às condições favoráveis de drenagem interna do solo.

Relativamente às produções obtidas neste dois anos de ensaios, infere-se que o efeito conjunto da água de rega mais salina ou de salinidade intermédia, e de adubação azotada (4 e $8/9 \text{ g m}^{-2}$ em Alvalade e $2/3$ e $4/7 \text{ g m}^{-2}$ na Mitra), deram origem aos valores de rendimento em milho-grão mais elevados. Pelo contrário, e como seria de

esperar, os valores mais baixos de produção, em ambos os ensaios, corresponderam ao grupo sem aplicação de fertilizante (Grupo IV). As produções de milho-grão, em 2005, foram, nos 2 campos experimentais, inferiores às de 2004, especialmente na Mitra. Presume-se que este decréscimo generalizado da produção de milho-grão tenha sido causado, por o solo, nos 2 campos experimentais, se apresentar salinizado, dado não se ter verificado a lavagem dos sais pela chuva, devido à escassez da precipitação ocorrida de Setembro de 2004 a Maio de 2005. Esta situação carece de confirmação, logo que estejam disponíveis os dados analíticos referentes à salinidade do solo em 2005 e os resultados a obter nos ensaios de 2006.

As funções de produção obtidas confirmam o efeito positivo que a salinidade da água de rega teve nas produções de milho-grão até uma aplicação de 4.83 g m^{-2} de N. A partir de teores de azoto mais elevado verifica-se um efeito oposto. Pensa-se que o efeito positivo do NaCl da água de rega será devido a fenómenos de troca catiónica entre o ião NH_4^+ retido no complexo coloidal do solo e o catião Na^+ da água de rega.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi realizado no âmbito do projecto AGRO 727.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvim, A.J. 1975. Factores elementares dos regadios alentejanos. A água. Curso de reciclagem de regadio. INIA – Oeiras, **5**: 5-18.
- Beltrão, J.G.T. 1998. *A Experimentação em Regadio*. Lição teórica incluída no pro-

- grama disciplinar de hidráulica agrícola. Universidade de Faro. Faro.
- FAO. 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements, Irrigation and Drainage paper, 56, Rome.
- Heimann, H. 1966. Plant growth under saline conditions and the balance of the ionic environment. In Bokyo, K. *Salinity and Aridity*. Dr W. Junk Publishers.
- Levy, Y., Columbus, D., Sadan, D. & Lifshitz, J. 1999. Trickle linear gradient for assessment of the salt tolerance of citrus rootstocks in the orchard. *Irrigation Science*, **18**: 181-184.
- Malach, Y., Ben-Asher, J., Sagi, M. & Alert, A. 1995. Double Emitter Source (DES): An adaptation of trickle irrigation to the double line source method. *International Water & Irrigation Review*, vol. 15, No 2, April, p. 34 a 39.
- Malach, Y., Ben-Asher, J., Sagih, M. & Alert, A. 1996. Double-Emitter Source (DES) for irrigation experiments in salinity and fertilization. *Agronomy Journal*, **88**: 987-990.
- Nommik, H. & Vahtras, K. 1982. Retention and fixation of ammonium and ammonia in soils. In Stevenson, F.J. (ed.) Nitrogen in Agricultural Soils. *Agronomy*, **22**: 123-171.
- Stevenson, F.J. 1986. Cycles of Soil. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients. John Wiley & Sons, New York, 380 p.

Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo

The potential of sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] for sustainable bioethanol production in Alentejo

M.E.V. Lourenço^{1,2}, V.M.L. Massa, P.M.M. Palma & A. E.M. Rato

RESUMO

Fazem-se algumas considerações sobre a importância dos biocombustíveis (biodiesel e bioetanol), num futuro próximo, e acerca das potencialidades do sorgo sacarino para a produção de bioetanol.

Apresentam-se resultados de um ensaio de quatro dotações de rega (1500, 2500, 3500 e 4500 m³/ha) aplicadas a uma variedade de sorgo sacarino. Avaliou-se a concentração em sólidos solúveis (°Brix) nos caules verdes e a altura das plantas ao longo do ciclo. Determinou-se a produção de matéria verde em caules e de matéria seca em caules, folhas e inflorescências. Estimou-se também a produção de açúcar e bioetanol por hectare.

Os dados revelaram que a dotação de rega mais aconselhável foi a de 4500 m³/ha pois conduziu aos melhores resultados em todos os parâmetros, excepto no que se refere ao Brix que foi semelhante à da dotação de 3500 m³/ha (17 e 16%, respectivamente). Com aquela dotação de rega, se os resultados se confirmarem, será de esperar que, no Alentejo, as produções de

bioetanol, da referida cultura, sejam superiores a 5000 l/ha.

ABSTRACT

The importance of biofuels (biodiesel and bioethanol) in the next future, and the potential of sweet sorghum for bioethanol production are discussed.

Results of a trial with four irrigation treatments (1500, 2500, 3500 e 4500 m³/ha) applied, to one variety of sweet sorghum, are presented. The soluble solids content (°Brix) of the fresh stalks and plant height were monitored along the life cycle of the crop. The yield of fresh stalks and the dry matter yield of stalks, leaves and inflorescences were determined. Sugar and bioethanol yields were also estimated.

The results showed that the 4500 m³/ha irrigation treatment conducted to the best results in all variables, except for the Brix values that were similar to the 3500 m³/ha treatment (17 and 16%, respectively). With that irrigation treatment, and if the results are confirmed in the future, it will be expected that bioethanol yields from sweet

¹ Departamento de Fitotecnia e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora; e-mail: melouren@uevora.pt

sorghum grown in Alentejo can be expected to be over 5000 l/ha.

INTRODUÇÃO

A legislação comunitária vai tornar obrigatória a incorporação de biocombustíveis no mercado. O livro verde da Comissão, subordinado ao título “Para uma Estratégia Europeia de Segurança do Abastecimento Energético”, aponta como objectivo a substituição de 20% dos combustíveis fósseis por biocombustíveis (biodiesel e bioetanol) até 2020. Por outro lado, a Directiva 2003/30/CE estabelece as taxas de 2% e 5,75% de incorporação dos biocombustíveis no mercado até 2005 e 2010, respectivamente.

Neste contexto, teremos que importar ou produzir biocombustíveis a partir de matérias-primas que poderão ser importadas ou de origem nacional. Esta última alternativa seria mais vantajosa em termos de benefícios sociais e ambientais. Do ponto de vista social, este tipo de indústria permitiria a continuidade da actividade do sector agrícola evitando assim o abandono dos campos. Também favoreceria a manutenção da actividade dos sectores industriais relacionados com a produção agrícola tais como indústrias de fertilizantes, maquinaria agrícola e de produção de sementes. No que se refere ao ambiente, a produção de matéria-prima a nível nacional permitiria sequestrar CO₂. Este aspecto poderá ser muito importante num futuro próximo quando o mercado de quotas de CO₂ for mais rigoroso.

Como matérias-primas para o bioetanol, que se destina a misturar com a gasolina ou a produzir um aditivo da gasolina (ETBE), podemos considerar a biomassa dos seguintes tipos: amiláceo, açucarado e celulósico. Como exemplo de biomassa do

tipo amiláceo poderemos referir os grãos dos cereais, sendo o milho e a cevada as culturas actualmente mais utilizadas, e a batata. Os EUA são o segundo maior produtor de bioetanol utilizando como matéria-prima o grão de milho. A nível da União Europeia, a Espanha é o maior produtor usando para o efeito o grão de cevada. No que se refere às matérias-primas do tipo açucarado, as mais utilizadas são a cana sacarina, no Brasil, que actualmente é o maior produtor de bioetanol, o sorgo sacarino e a beterraba sacarina. Como biomassa do tipo celulósico, podemos mencionar a madeira e os resíduos das culturas, sendo esta alternativa tecnologicamente mais complicada e provavelmente pouco viável, pelo menos a curto prazo.

Em Portugal, temos culturas tradicionais como o milho e a beterraba que poderiam ser utilizadas para esta finalidade. Porém, em nosso entender, estas têm custos de produção muito elevados o que constitui um grande constrangimento à sua utilização para esta finalidade. O sorgo sacarino por ser menos exigente em água e azoto (Anderson *et al.*, 1995) do que o milho, poderá contribuir para a sustentabilidade de produção de bioetanol no Alentejo, como complemento de outras matérias-primas.

Esta espécie de sorgo acumula açúcares nos caules, cujo o valor pode variar entre 10%-23% da matéria verde (<http://indutourismnews.com/sweet.html>), e é mais resistente à secura e a pragas do que o milho. É uma cultura fácil de generalizar, pois a técnica cultural é semelhante à do milho, excepto no que se refere à colheita dos caules.

Conforme é referido por Chiaramonti *et al.* (s/ data), do sorgo sacarino tudo se pode aproveitar com diversas finalidades. O grão e os caules podem ser utilizados na

QUADRO 1 – Potencialidades da cultura do sorgo sacarino

Potencialidades da cultura	Referências
Produção de matéria verde total – 80-110 t/ha	Alexopoulou e Chatziathanassiou (1999), Fernandez (1998), Woods (2001)
Produção de matéria seca total – 20-35 t/ha	Alexopoulou e Chatziathanassiou (1999), Fernandez (1998), Luger (s/ data)
Produção de matéria verde em caules – 40-64 t/ha	Woods (2001)
Produção de matéria seca em caules – 16-20 t/ha	Fernandez (1998)
Concentração de açúcares na matéria verde – 10-23%	http://indutourismnews.com/sweet.html
Concentração de açúcares na matéria seca – 30-40 %	Alexopoulou e Chatziathanassiou (1999), Fernandez (1998)
Produção de açúcar – 10-12 t/ha	Fernandez (1998), Luger (s/ data)
Produção de etanol – 5000-7000 l/ha	Fernandez (1998), Woods (2001)
Produção de grão – 2-5 t/ha	Grassi (s/ data)
Produção de bagaço – 12-17 t/ha	Fernandez (1998), Rajvanshi e Nimbkar (2003)
Produção de folhas – 1,5-2 t/ha	Grassi (s/ data)
Capacidade para absorver CO ₂ ~ 45 t ha ⁻¹ por ciclo	Grassi (s/ data)

produção de bioetanol. O subproduto resultante do grão, o grão seco destilado (DDG), tem interesse para a alimentação animal e o dos caules, o bagaço, pode ser aproveitado para produzir energia. As folhas, por surgirem num período de grande escassez de alimento para animais, que é o início do Outono, poderão representar um valor acrescentado da cultura.

Resultados de ensaios realizados com o sorgo sacarino revelaram as potencialidades desta espécie de acordo com os valores que se apresentam no Quadro 1.

Como esta cultura está muito pouco estudada em Portugal, este trabalho teve por objectivo avaliar o seu comportamento quando submetido a diferentes dotações de rega já que a água se vai tornando cada vez mais escassa e cara.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Centro de Estudos e Experimentação da Mitra, em 2005. Utilizou-se um solo mediterrâneo (Pmg) cujos valores da análise sumária foram os seguintes: 762 mg kg⁻¹ de P₂O₅, 348 mg kg⁻¹ de K₂O, 2,18% de matéria orgânica, 7,01 de pH (H₂O), 46 mg kg⁻¹ de

nitratos e textura média. Em função destes resultados, só se aplicaram 100 kg/ha de azoto, repartidos em duas aplicações de 50 kg/ha, à sementeira e quando as plantas apresentaram cerca de 30 cm de altura.

Ensaiou-se uma variedade introduzida da Índia que foi submetida a quatro modalidades de rega: 1500, 2500, 3500 e 4500 m³/ha. Com esse objectivo, semeou-se a cultura em talhões, com 24 m² (8 m x 3 m) de área e quatro linhas distanciadas de 75 cm. A sementeira foi efectuada, manualmente, no dia 17 de Maio, colocando 3 sementes por covacho distanciados de 13,3 cm, de modo a assegurar o povoamento de 10 plantas/m², o que correspondeu a uma densidade de sementeira de 4 kg/ha aproximadamente. O sistema de rega utilizado foi de gota-a-gota. Os tratamentos de rega foram impostos a partir da data de sementeira, e aplicados através de uma rega diária de 1,3, 2,2, 3,0 e 3,9 l/m², respectivamente para as dotações de 1500, 2500, 3500 e 4500 m³/ha, assumindo que a cultura estaria no terreno cerca de 115 dias.

Os valores de temperatura e precipitação que se registaram durante os meses em que decorreu o ensaio e os respectivos valores médios do período 1951-1980 (INMG, 1991) são apresentados na Figura 1.

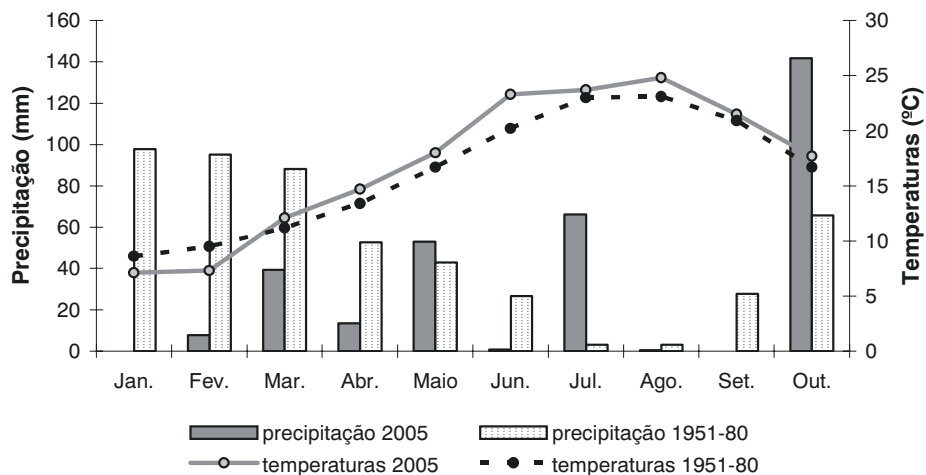


Figura 1 - Valores das temperaturas médias e da precipitação mensais para o período de ensaio e o trintênio 1951/80

Conforme se pode verificar, durante o período experimental as temperaturas foram mais elevadas do que as médias do trintênio considerado. No que se refere à precipitação, em 2005 choveu menos, excepto no que se refere aos meses de Maio e Julho.

Ao longo do ciclo da cultura, fizeram-se amostragens quinzenalmente, respectivamente nos dias 6 de Julho, 27 de Julho, 10 de Agosto, 24 de Agosto, 7 de Setembro e 21 de Setembro. Em cada amostragem, eram colhidas quatro plantas, aleatoriamente nas duas linhas centrais de cada talhão, procedendo-se seguidamente à medição da altura das plantas e da concentração de sólidos solúveis nos caules verdes. Este parâmetro foi determinado em subamostras dos caules, utilizando um refractômetro digital *Atago*, modelo PR-101.

Quando se verificou que as plantas estavam na altura da colheita, estágio de grão leitoso-pastoso, procedeu-se a semelhante amostragem e à colheita de 50 cm numa

das linhas centrais. Com base nessa colheita fez-se a avaliação da produção das matérias verde e seca em caules, folhas e inflorescências. Esta amostragem ocorreu a 24 de Agosto (100 dias) para as dotações de 1500 e 2500 m³/ha e a 7 de Setembro (115 dias) para as modalidades de 3500 e 4500 m³/ha. Como por lapso não se colheram 4 amostras de 50 cm em cada talhão, no sentido de ser possível fazer uma interpretação estatística dos resultados, procedeu-se a nova amostragem e colheita a 14 de Novembro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da percentagem de sólidos solúveis e da altura das plantas por dotação de rega são apresentados na Figura 2.

Conforme se pode constatar, o Brix aumentou ao longo do tempo, particularmente nos dois tratamentos com maior dotação de rega que, no final do ciclo, não

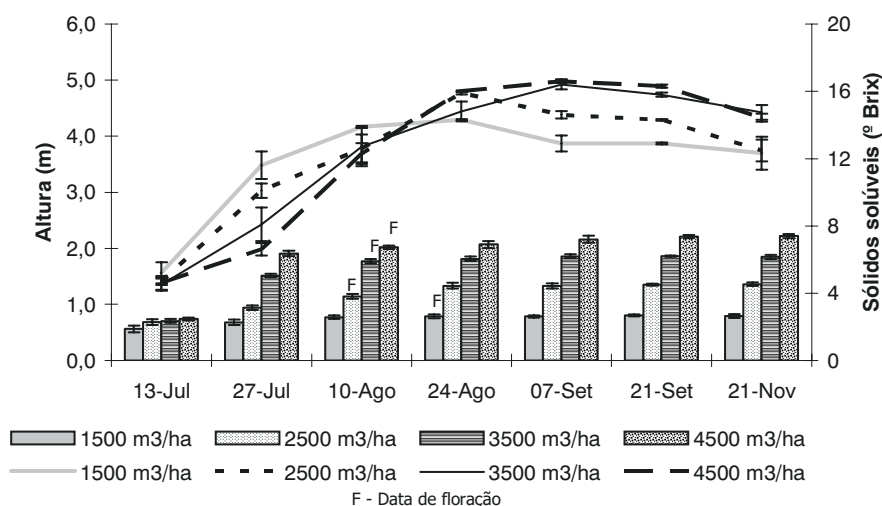


Figura 2 - Altura das plantas (em barras) e percentagem de sólidos solúveis (em linhas) por corte e por dotação de rega

apresentaram diferenças significativas. Na amostragem de 7 de Setembro, as dotações de 3500 e 4500 m³/ha apresentaram os valores mais elevados, 16% e 17%, respectivamente. A partir de 24 de Agosto, os valores só mostraram tendência para aumentar nas duas maiores dotações de rega, cujas plantas se encontravam no estágio de grão leitoso/pastoso. Nas outras dotações, particularmente na mais baixa, a formação de inflorescências foi muito afectada pela carência hídrica. A altura das plantas na maior dotação atingiu valores superiores a 2 m.

Os valores da produção de matéria verde e matéria seca em caules, por data de colheita e dotação de rega, são apresentados na Figura 3.

A produção de matéria verde em caules aumentou com a dotação de rega como seria de esperar. Esse aumento não foi tão evidente em termos de produção de matéria seca destacando-se, porém, dos restan-

tes, o valor da maior dotação que foi de 34 e 32 t/ha em 7 de Setembro e 14 de Novembro, respectivamente. Produtividades semelhantes foram reportadas por Fernandez (1998).

Neste primeiro ano de ensaio não foi possível determinar a concentração em açúcares, pelo que se efectuou apenas a sua avaliação indirecta através da determinação do teor de sólidos solúveis (°Brix). Contudo, se considerarmos o valor de 30%, referido no Quadro 1, para a concentração em açúcares nos caules secos, podemos inferir que a produção de açúcar para a dotação mais elevada, na primeira data de colheita, seria de 10 t/ha. Os valores da produção de etanol podem ser avaliados considerando que 2 kg de açúcar originam 1 l de etanol, segundo Fernandez (1998). Assim, o potencial de produção de bioetanol estimado para a referida dotação, na mesma data, atingiria o valor de 5000 l/ha. Em nosso entender, este valor está subestimado

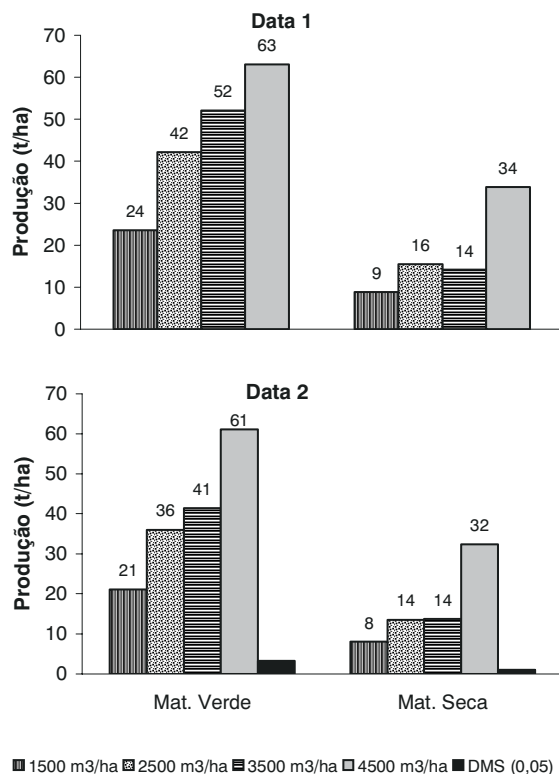


Figura 3 - Produção de matéria verde e matéria seca em caules por dotação de rega e datas de colheita (Data 1 - 24 de Agosto para as dotações de 1500 e 2500 m³/ha e 7 de Setembro para as dotações de 3500 e 4500 m³/ha; Data 2 - 21 de Novembro para todas as dotações). DMS (0,05) – diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$

subestimado já que na nossa abordagem considerámos o valor mais baixo da concentração de açúcar referido na bibliografia. De facto, resultados de experimentação realizada em Espanha (Fernandez, 1998) e na Grécia (Alexopoulou & Chatziathanassiou, 1999) apontam para produtividades de bioetanol superiores a 6000 l/ha.

Segundo Camps & Marcos (2002), a produção de bioetanol a partir da beterraba é cerca de 90 l/t de raiz e para o milho é de 370 l/t de grão. Admitindo uma produção de 60 t/ha de raízes e 11 t/ha de grão, a

produção de etanol destas duas culturas seria de 5400 e 4070 l/ha, respectivamente. Estes valores, comparativamente aos estimados para o sorgo, produzido neste estudo, não são muito diferentes, sendo superior o da beterraba e inferior o do milho. Como esta cultura é menos exigente em água, fertilizantes e tratamentos fitossanitários do que as referidas culturas de Primavera/Verão, será de esperar que a sua produção seja economicamente mais viável e de menor impacto ambiental.

Determinou-se também a produção de

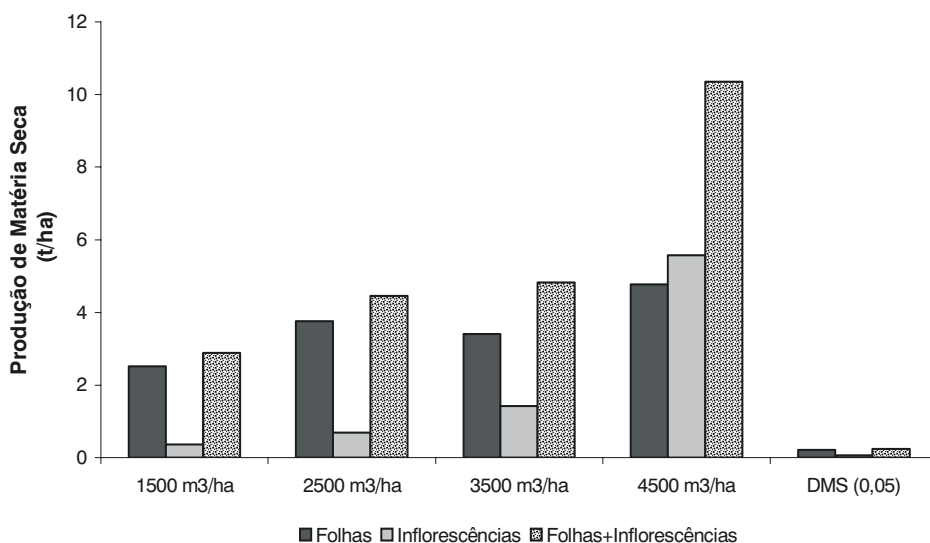


Figura 4 – Produção de matéria seca em folhas, inflorescências e folhas + inflorescências na data de 14 de Novembro. DMS (0,05) – diferença mínima significativa a $p \leq 0,05$

matéria seca em folhas e inflorescências, cujos valores são apresentados na Figura 4. A existência de um possível subproduto para a produção animal, pode ser uma mais valia para esta cultura, já que surge num período de escassez de alimentos nas explorações.

Durante o período experimental, pode observar-se que foi apenas na maior dotação de rega que se verificou um crescimento e desenvolvimento homogêneo das inflorescências, tendo estas produzido grão. Anderson *et al.* (1995) refere que as variedades diferem em termos de perfil de acumulação de açúcar. Algumas apresentam dupla aptidão, não diminuindo a concentração de açúcar nos caules após a formação do grão. Neste caso, a cultura pode fornecer matéria-prima adicional para a produção de etanol ou para a alimentação animal, incorporada nas rações.

CONCLUSÕES

A dotação de 4500 m³/ha parece ser a mais adequada, pois foi a que conduziu aos maiores valores de concentração de sólidos solúveis, à maior produção de caules e, consequentemente, de açúcares e bioetanol. Também maximizou a produção de folhas e inflorescências que têm interesse para a alimentação animal e, ainda, permitiu a produção de grão que pode ser uma fonte adicional de rendimento quando se trabalhar com variedades com um perfil de acumulação de açúcares nos caules, que não baixe consideravelmente com a formação do grão, como aconteceu com a que foi usada neste ensaio.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Projecto INTERREG III B – ‘Culturas energéti-

cas no espaço atlântico: oportunidades de implementação em larga escala’.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexopoulou, E. & Chatziathanassiou, A. 1999. *Description of growing experience on sweet sorghum in Greece*, acessado a 1 de Outubro de 2004 no sítio: <http://www.eeci.net/archive/biobase/B10214.html>
- Anderson I. C., Dwayne, R. B., Allam, A. & Hunter, E. 1995. *Biomass production and ethanol potential from sweet sorghum*, Leopold Center for Sustainable Agriculture, Competitive Grant Report, 91-46, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: http://www.leopold.iastate.edu/research/grants/1995/1991-46_Sweet_Sorghum_for_Ethanol_%5B_Energy_%5D.pdf
- Bellido, L. L. 2003. *Cultivos industriales*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Camps, M. & Marcos, F. 2002. Capítulo 10 – Alcoholes. In Ediciones Mundi-Prensa *Los Biocombustibles*, pp.312-342, Madrid, España.
- Chiaramonti, D., Grassi, G., Nardi, A. & Grimm, H. s/ data. *ECHI-T: Large bio-ethanol project from Sweet Sorghum in China and Italy*, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: <http://bioproducts-bionergy.gov/pdfs/bcota/abstracts/30/z160.pdf>
- Fernandez, J. 1998. *Outlooks of sweet sorghum crop for ethanol production in Spain based on varietal results in multi-local trials*, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: <http://www.eeci.net/archive/biobase/B10191.html>
- Grassi, G. s/ data. *Sweet Sorghum – one of the best world food-feed-energy crop*, acessado a 1 de Outubro de 2004 no sítio: http://www.etaflorence.it/Pdfs/Brochure/LAMNET_sweet_sorghum.pdf
- <http://indutourismnews.com/sweet.html>
- Luger, E. s/ data. *Energy crop species in Europe*, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: http://www.blb.bmlf.gv.at/vero/veroeff/0732_Energy_crops_species_e.pdf
- Rajvanshi, A. & Nimbkar, N. 2003. *Sweet sorghum ideal for biofuel*, Seed World, Vol.14, No. 8, acessado a 21 de Setembro de 2004 do sítio: <http://pune.sancharnet.in/nariphaltan/seedworld.htm>
- Woods, J. 2001. *The potential for energy production using sweet sorghum in Southern Africa*, Energy for Sustainable Development, Volume V No. 1, acessado a 21 de Setembro de 2004 no sítio: http://www.ieiglobal.org/ESDVol5No1/sweet_sorghum.pdf

Computação móvel em agricultura

Mobile computing in agriculture

M.C. Neto¹, J. Maia², L. Queiroz e Mello¹ & L. M. Fernandes¹

RESUMO

A adopção e utilização das novas tecnologias de informação e comunicação nos mais diversos sectores de actividade económica têm vindo a dar origem a novos e interessantes modelos de negócio. Entre as possibilidades com que hoje nos deparamos, e pelo especial interesse de que se reveste para os sectores agrícola, destacamos o denominado “m-Business”.

O “m-Business” pode ser definido como o uso de tecnologias móveis para promover a troca de bens, serviços, informação e conhecimento. Este modelo envolve um vasto leque de actividades móveis, incluindo a comunicação entre pessoas recorrendo ao correio electrónico, a possibilidade de receber informação relativa a produtos em alertas via serviço de mensagens curta (SMS) da telefonia móvel ou a recolha de informação de campo com assistentes pessoais digitais (PDA) sem fios. O “m-Business” inclui não só aplicações para os consumidores finais, mas também soluções empresariais que permitem às empresas operar de forma mais eficiente, servir melhor os seus clientes e gerar receitas adicionais. Ao nível interno das organizações, pode ainda afectar a forma como estas gerem as suas actividades, organizam os seus recursos

humanos e controlam a utilização dos seus recursos materiais.

O “m-Business”, ao apostar na convergência da telefonia móvel com as tecnologias da Internet, tendo em vista suportar a utilização das novas tecnologias de informação e comunicação em qualquer lugar e a qualquer momento, terá um elevado potencial de utilização para o sector agrícola, onde a componente espacial e a necessidade de acompanhar o negócio no terreno são uma realidade constante para os agentes que intervêm neste espaço.

Neste trabalho serão apresentadas algumas iniciativas nacionais que têm vindo a ser lançadas no sector agrícola tirando partido das soluções da computação móvel e tirar algumas conclusões sobre o potencial desta abordagem para o sector agrícola. Iremos, ainda, apresentar alguns desenvolvimentos que se estão a verificar neste campo, em especial na vertente das redes de comunicação, onde o advento da tecnologia denominada de “WiMax” leva a antever o acesso à Internet em banda larga no mundo rural.

ABSTRACT

The new information and communication technologies adoption and use in the differ-

¹ Agri-Ciência, Consultores de Engenharia, Lda., Rua dos Lusíadas, Nr. 52 – 1º, 1300-372 Lisboa, e-mail: mneto@agriciencia.com; ² Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, Quinta da Saúde, Apartado 354, 7801-904 Beja

ent economy sectors are being responsible for the generation of new and interesting business models. Amongst the possibilities we face today and by the potential it offers to the agricultural sector we call the attention to the “m-Business”.

The “m-Business” can be defined as using mobile Technologies to support goods, services, information and knowledge exchange. This model includes a wide range of mobile activities, namely communication between people using electronic mail, the possibility to receive products information through short messages services or collecting field information with wireless personal digital assistants. The “m-Business” refers not only to final consumers applications but also enterprise solutions that support organizations in their relations with the costumers and generate additional profits.

This model by using the convergence of mobile phone and Internet Technologies to support the new information and communication technologies use anywhere anytime has a high potential for the agricultural field where the spatial component and the need to follow the business in the field are the daily concerns of the managers acting in this field.

In this work we will present some national initiatives that are being launched in the agricultural field taking advantage from mobile computing solutions and draw some conclusions about their potential to the agricultural sector. We will also present some developments under way in this field specially in the communication networks field where the “WiMax” technology big promises can make us believe that in the near future we will have broad band access in the rural areas.

TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA AGROPECUÁRIA

As baixas taxas de adopção e utilização das tecnologias de informação e comunicação têm sido sempre vistas como um factor de constrangimento no sector agrícola. Tendo em consideração as características da computação móvel, talvez estejam reunidas as condições para mudar essa realidade.

Segundo estatísticas divulgadas pela Unidade de Missão Inovação e Conhecimento o uso de computadores em Portugal tem tido uma evolução francamente positiva, acompanhada por uma crescente utilização da Internet, como podemos observar no Quadro 1.

Apesar da escassez de informação sobre a sociedade da informação no sector agrícola, existem alguns dados que vale a pena referir, nomeadamente pela importância que dão a futuras acções de divulgação tendentes a promover a adopção e utilização de tecnologias de informação e comunicação (TIC) neste sector.

De facto, ainda segundo o Observatório da Inovação e Conhecimento (2005) e relativamente ao uso de computadores e acesso à Internet pelo grupo profissional “Agricultores e trabalhadores qualificados da agricultura e pescas”, sabemos que apesar do forte crescimento entre 2001 e 2004, de 4 para 21 por cento e de 1 para 8 por cento na percentagem de utilizadores de computadores e acesso à Internet, respectivamente, concluímos que as taxas de adesão são ainda muito reduzidas quando comparadas com os restantes sectores de actividade profissional.

Mais, quando se compara o perfil comumente aceite para o cibernauta português com o perfil do agricultor português é notória a grande distância que os separa.

Segundo um estudo recente (Cardoso *et al.*, 2005) o cibernauta nacional é na sua

QUADRO 1 – Sociedade da Informação em Portugal

	2000	2001	2002	2003	2004
Utilizadores de computadores (%)	36	46	45	53	54
Utilizadores de Internet (%)	20	29	30	39	43
Utilizadores de comércio electrónico (%)	1	3	3	5	7

Fonte: Observatório da Inovação e Conhecimento (2005)

maioria do sexo masculino (57%), solteiro (57%), tem entre 15 e 35 anos (70%), um grau de instrução apreciável (27% com curso superior e 34% com ensino secundário), nível sócio-económico elevado (mais de 50% tem um rendimento mensal médio superior a 850 €) e reside, sobretudo, no litoral. Em contraponto, o perfil do agricultor, segundo o Recenseamento Geral Agrícola de 1999 (INE, 2000), indica que a maioria dos produtores agrícolas singulares são do sexo masculino (77%), têm 55 ou mais anos de idade (65%), 95% possui, no máximo, o ensino básico e a SAU (Superfície Agrícola Útil) média da exploração é de 9,29 ha.

Estudos realizados a nível internacional têm demonstrado que a adopção e utilização de tecnologias de informação e comunicação na agricultura está, em grande medida, relacionada positivamente com a maior dimensão da exploração, a menor idade do empresário agrícola, o maior nível de instrução do empresário agrícola e é função da orientação produtiva da exploração (Putler & Zilberman, 1988; Fernandez & Cerda, 1998; Warren, 2000).

No entanto, esta realidade de baixa utilização das tecnologias de informação e comunicação não se pode considerar como sendo uma característica inerente ao sector agrícola, uma vez que quando se observa o panorama internacional tal não se verifica. Existem países, em particular do norte da Europa, onde as taxas de adopção são francamente elevadas e comparáveis com quaisquer outros sectores de actividade económica. Se olharmos com alguma atenção,

por exemplo, para os Estados Unidos da América (USDA, 2003), verificamos que em 2003 praticamente metade dos agricultores tinham acesso à Internet (48%), cinquenta e oito por cento tinham acesso a computadores e cinquenta e quatro por cento possuíam o seu próprio computador. Mais, 30% das empresas utilizavam computadores no negócio. Ainda em 2003, oitenta e dois por cento das empresas agrícolas com vendas e apoios governamentais iguais ou superiores a 250.000 dólares tinha acesso a computador, 79 por cento possuíam um computador, 67 por cento utilizavam o computador no negócio e 72 por cento tinham acesso à Internet.

Finalmente, visto que tem um papel importante no contexto da computação móvel, é de referir que Portugal apresenta valores muito elevados de penetração da telefonia móvel. Em 2004 nove em cada dez portugueses possuíam um telemóvel (Eurostat). Este facto, normalmente não referido nos indicadores estatísticos de tecnologias de informação e comunicação, mostra que se disponibilizarmos as denominadas “killer applications” os utilizadores irão adoptar a tecnologia.

COMPUTAÇÃO MÓVEL EM AGRICULTURA

A adopção e utilização das novas tecnologias de informação e comunicação nos mais diversos sectores de actividade económica tem vindo a dar origem a novos e interessantes modelos de negócio. Entre as

possibilidades com que hoje nos deparamos, e pelo especial interesse de que se reveste para os sectores agrícola e agro-industrial, destacamos o denominado “m-Business”.

O “m-Business” pode ser definido como o uso de tecnologias móveis para promover a troca de bens, serviços, informação e conhecimento. Este modelo envolve um vasto leque de actividades móveis, incluindo a comunicação entre pessoas recorrendo ao E-mail, a possibilidade de receber informação relativa a produtos em alertas via serviço de mensagens curta (SMS) da telefonia móvel ou a transmissão de encomendas de clientes com assistentes pessoais digitais (PDA) sem fios. O “m-Business” inclui não só aplicações para os consumidores finais, mas também soluções empresariais que permitem às empresas operar de forma mais eficiente, servir melhor os seus clientes e gerar receitas adicionais. Ao nível interno das organizações, pode ainda afectar a forma como estas gerem as suas operações, organizam os seus recursos humanos e controlam os seus inventários.

O “m-Business”, ao apostar na convergência da telefonia móvel com as tecnologias da Internet, tendo em vista suportar a utilização das novas tecnologias de informação e comunicação em qualquer lugar e a qualquer momento, terá um elevado potencial de utilização para os sectores agrícola e agro industrial. De facto, a componente espacial e a necessidade de acompanhar o negócio no terreno são uma realidade constante para os agentes que intervêm neste espaço. Neste contexto temos vindo a assistir ao desenvolvimento de diversas iniciativas neste sector a nível global para tirar partido das potencialidades oferecidas por este modelo tendo em vista estabelecer uma ponte entre os fornecedores de informação e de sistemas de apoio à decisão e os utilizadores finais (Zazueta & Vergot, 2003, Jensen & Thysen, 2003, 2004 and Bange *et al.*, 2004).

Um dos grandes desafios que enfrentamos consiste no facto da realidade do “m-Business” já estar presente e disponível a ser utilizada no mundo que nos rodeia actualmente, faltando agora aos agentes desenvolverem os sistemas e aplicações capazes de tirar partido deste modelo. Por outro lado, os custos associados às comunicações deverão decrescer consideravelmente, à medida que avança a tecnologia de redes e o número de utilizadores.

No caso concreto dos sectores agrícola e agro-industrial podemos já encontrar diversos exemplos, quer a nível internacional quer nacional, da utilização da abordagem caracterizadora do “m-Business”, como veremos de seguida.

Agricultura de precisão

A adopção deste conceito abrange soluções com níveis variáveis de complexidade, desde esquemas tão simples como a colocação de um GPS no tractor para conhecermos a sua localização na parcela, até abordagens complexas como a utilização do GPS para implementar uma estratégia de fertilização que cruza informação georeferenciada de diferentes origens (textura do solo, níveis de nutrientes, topografia, clima e produtividade, por exemplo). O grande desafio enfrentado pela agricultura de precisão nos dias de hoje consiste na aplicação da informação para suportar a tomada de decisão ao nível da parcela. A resposta poderia consistir, por exemplo, num sistema de informação móvel, instalado nas máquinas agrícolas (tractores, pulverizadores, ceifeiras, etc.), que cruzaria em tempo real informação de localização proveniente do GPS, com dados recebidos via rádio provenientes de um sistema de informação geográfica existente no assento da lavoura, e com informação meteorológica de uma rede regional de estações meteorológicas. Com base neste cru-

zamento de informação, o sistema de informação controlaria de forma automática o débito do factor de produção a aplicar (por exemplo, um pesticida).

Monitorização e Controlo

A utilização de sondas e estações meteorológicas automáticas tem vindo a ganhar expressão. Esta expansão deve-se ao facto dos equipamentos estarem a tornar-se mais compactos, fiáveis e baratos. A forma mais comum de funcionamento consiste na ligação via rádio ou via GSM, em que o agricultor acede periodicamente ao sistema e recolhe os dados. Com a evolução do “m-Business”, por exemplo com a introdução de comunicações via GPRS ou 3G, a monitorização poderá ser feita em tempo real e de forma permanente. Este tipo de equipamento poderá, assim, estar associado a um sistema de alarmes que, de forma automática e segundo regras pré-estabelecidas, enviará mensagens de texto para o telemóvel do agricultor.

Por último, e indo um pouco mais longe no controlo à distância, por vezes recorrendo a soluções de alarme via GSM, é de referir a utilização de detectores de movimento associados a câmaras fotográficas digitais, interligadas a sistemas de envio de mensagens multimédia para telemóveis, utilizados na segurança de instalações agrícolas, ou a abertura/fecho de instalações pecuárias à distância, utilizada no controlo à distância destas instalações.

Actualmente, os fabricantes de equipamento de rega de grandes dimensões, como é o caso dos pivots, têm vindo a incluir nestes equipamentos sensores associados a dispositivos de comunicação via rádio ou GSM, por forma a permitir a sua gestão remota recorrendo a aplicações que correm em computadores ligados à rede da empresa ou por GSM.

Identificação electrónica animal

A crescente preocupação com a segurança e qualidade alimentar tem levado à criação de sistemas de produção cada vez mais seguros e transparentes. A identificação electrónica animal é um exemplo da resposta a esta preocupação. Com o recurso a “transponders” e respectivos mecanismos de leitura via rádio, é hoje possível gerir a informação de um efectivo pecuário sem haver necessidade de forçar os animais a passarem por espaços confinados e à leitura dos brincos de identificação (no caso dos bovinos). Esta solução permite a integração da informação de campo directamente no sistema de informação da exploração de forma eficaz e eficiente, por exemplo recorrendo a um computador portátil ligado ao leitor de “transponders” com comunicação por “Bluetooth”, que comunica via rádio com o computador central da exploração. Esta abordagem permite manter informação individualizada de cada elemento do efectivo, nomeadamente a referente à genealogia, alimentação, sanidade, etc, podendo servir de base a soluções de rastreabilidade extremamente interessantes.

Assistentes pessoais digitais (PDAs)

A integração nos PDA's de soluções de comunicação móveis, como é o caso do “Bluetooth”, Protocolo 802.11 ou GSM/GPRS/3G, vieram abrir um leque vastíssimo de oportunidades para o desenvolvimento de aplicações móveis. Entre as possibilidades existentes destaca-se o acesso, em tempo real e independentemente do lugar onde o utilizador se encontra, a informação de mercado, a portabilidade das aplicações de gestão de informação, oferecendo ao empresário agrícola a possibilidade de poder recolher sob formato digital a informação de campo, ou a utilização de siste-

mas de apoio à decisão no momento e local em que são necessários, como por exemplo na identificação de uma infestante e na definição de uma estratégia para o seu controlo.

Neste campo, convém ainda referir a possibilidade de associar um GPS e instalar um sistema de informação geográfica no assistente pessoal digital, adicionando assim a componente espacial aos aspectos focados anteriormente.

Gestão de frotas

A vulgarização dos sistemas de posicionamento global associados à utilização da comunicação via GSM tem vindo a despoletar o desenvolvimento de sistemas de informação visando a gestão de frotas em tempo real. Esta abordagem é particularmente importante quando tratamos de bens perecíveis, realidade esta em que a optimização das rotas e a gestão das filas de espera na recepção das cargas são cruciais.

Veículos Aéreos Não Tripulados (UAVs)

Uma área que tem a ganhar relevo consiste na utilização dos denominados “UAVs” na agropecuária. Este tipo de dispositivos equipados com GPS e possibilidade de recolher imagens aéreas, vídeo, infra-vermelhos, etc. podem apoiar a tomada de decisão dos empresários agrícolas, nomeadamente na identificação de problemas sanitários, stress hídrico, determinação do momento óptimo de colheita, etc.

FEEDBACK DO MUNDO REAL

O envolvimento em diversos projectos que têm tentado promover a utilização da abordagem proposta pelo “m-Business” tendo em vista ultrapassar as baixas taxas de adopção das tecnologias de informação e

comunicação no sector agrícola permitiu criar algum conhecimento nesta área, sendo referidos de seguida dois projectos em que utilizador final da informação produzida foi sempre o agricultor. Estes projectos foram desenvolvidos num contexto em que, como foi exposto anteriormente, a utilização da Internet não é muito elevada e onde se constata que a telefonia móvel está amplamente difundida, pelo que é de momento, provavelmente, o melhor veículo de comunicação disponível para distribuir informação.

MOGRA

O Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR) lançou em linha o Modelo de Gestão da Rega para o Alentejo (MOGRA). O MOGRA, acessível em <http://www.cotr.pt>, (Figura 1), consiste num sistema de informação “Web” destinado a apoiar decisões no âmbito da gestão da rega, suportado por uma rede de estações agrometeorológicas automáticas e levando em consideração a informação introduzida pelo utilizador (localização, solo, e cultura, tecnologia de rega e data de sementeira). Disponibiliza na “Web” e em tempo real um calendário de rega óptimo. Paralelamente, o utilizador pode ter acesso a um calendário para a situação real, desde que forneça as suas datas e dotações de rega. A disponibilização de informação é efectuada em múltiplos formatos de “output”, nomeadamente através de uma interface “Web”, de um assistente pessoal digital com ligação à Internet ou através da telefonia móvel com o serviço de mensagens curtas.

A calendarização da rega no MOGRA é efectuada através do cálculo da evapotranspiração seguindo a metodologia recomendada pela FAO e o sistema de apoio à decisão é suportado por uma base de dados relacional onde os dados recolhidos pelas estações agrometeorológicas e os introduzidos

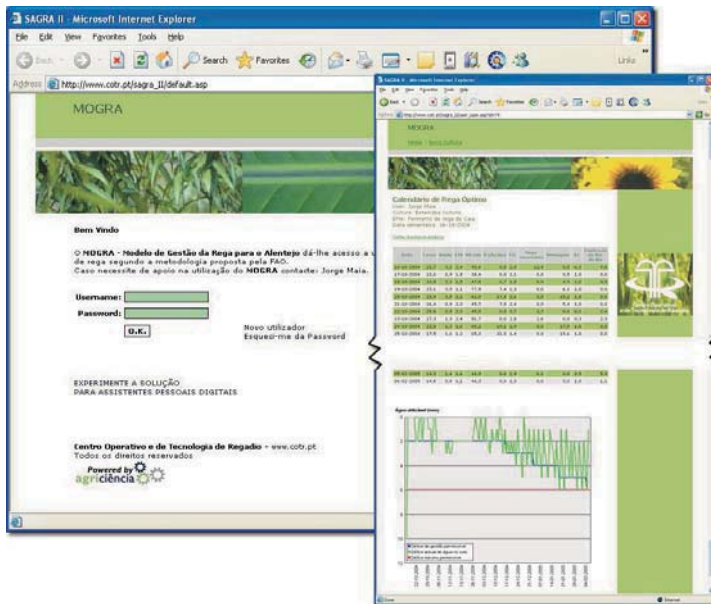


Figura 1 – Sítio Web do MOGRA



Figura 2 – Sítio Web do SIPPI

pelos utilizadores são armazenados. Nesta base de dados estão, também, armazenadas informações que caracterizam os solos, as culturas e as tecnologias de rega mais comuns da região. Estes últimos dados, caracterizadores da realidade regional, resultam de projectos de I&D realizados pelo COTR.

Numa primeira fase o sistema possuía apenas uma interface “Web”. No entanto, o “feedback” recebido dos utilizadores potenciais levou ao desenvolvimento de outras estratégias de comunicação especialmente relacionadas com a importância de utilizar o serviço de mensagens curtas da telefonia móvel, visto que todos os agricultores tinham um destes dispositivos.

SIPPI

Outro exemplo digno de nota é o Serviço de Informação da Produção e Protecção Integrada (SIPPI) lançado pela Associação dos Jovens Agricultores de Portugal (AJAP). Este serviço de informação, acessível em <http://www.ajap.pt/sipi.asp> (Figura 2), desenvolvido sobre o serviço “Web” da Internet e tirando partido das possibilidades oferecidas por este meio de comunicação, é suportado por um repositório de conhecimento na área da protecção e produção integrada construído especificamente para o efeito.

Neste repositório está armazenada informação de natureza diversa, incluindo notícias, documentos e apontadores relevantes, bem como informação relativa às principais pragas, doenças e infestantes que atacam as culturas mais relevantes no campo da protecção e produção integrada (vinha, olival e citrinos). Para além desta informação, e no caso da luta química, foi ainda recolhida informação relativa às substâncias activas autorizadas nestes modos de produção para combater as pragas, doenças e infestantes

registadas, bem como quais os produtos comerciais que as incluem e que empresas os comercializam.

Embora considerado de grande interesse e importância pelos agricultores associados da AJAP e pelos seus técnicos de campo, existiu um sentimento generalizado de que o veículo de comunicação não era o mais eficiente. De facto, foi opinião generalizada que sendo a informação temporalmente sensível, deveria tirar-se partido do potencial do SMS. No entanto, tendo em consideração os custos envolvidos com essa abordagem e a relutância tradicional dos agricultores em suportar, mesmo parcialmente, os seus custos, esta organização está neste momento a avaliar a viabilidade económica de tal serviço.

DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O modelo da computação móvel aqui apresentado terá, certamente, um papel importante na adopção de tecnologias de informação e comunicação no sector agrícola. Num futuro próximo assistiremos à disseminação de aplicações tirando partido deste modelo e utilizando outras tecnologias de comunicação para além das possibilidades assíncronas oferecidas pelo SMS e MMS. De facto, GPRS, 3G, “Wi-Fi” e mais recentemente “WiMax” terão certamente um papel fundamental nesta mudança.

Embora o serviço de mensagens curtas da telefonia móvel seja considerado actualmente uma das ferramentas de comunicação de maior sucesso, possui certas características que irão levar ao desenvolvimento de outras alternativas. Isto deve-se principalmente ao modelo de tarifação do serviço de mensagens curtas da telefonia móvel e às limitações de apresentação da informação nos ecrãs. O acesso à Internet através de redes sem fios, onde grandes promessas despontam no horizonte com as possibilidades ofe-

recidas pela tecnologia “WiMax”, irão certamente induzir uma mudança drástica nos padrões de adopção de TIC que existem hoje.

A tecnologia denominada de “WiMax” está a ser desenvolvida pela Intel e que pode ter uma importância extraordinária para o mundo rural, visto permitir ter acesso de banda larga à Internet em ambientes rurais, uma vez que irá permitir ligações sem fios a grandes distâncias, apontando-se para valores da ordem dos 50 km, o que é muito mais do que temos actualmente com a tecnologia “Wi-Fi”, que tem um raio de alcance máximo de 100 a 300 metros.

Esta tecnologia permitiria, por exemplo, ao empresário agrícola que tenha uma vinha observar o seu campo através de uma câmara de alta resolução ligada à Internet de banda larga sem fios. O empresário poderia estar na exploração, ou em qualquer outro lugar do mundo, sendo-lhe possível detectar, a presença de pragas, doenças ou infestante ou a necessidade de uma poda num determinado pé de videira sem necessidade de deslocação ao local.

Os especialistas acreditam que o “WiMax” irá aumentar a utilização da banda larga nas áreas rurais, assim como nos países em vias de desenvolvimento. No entanto, para que esta visão se torne realidade os constrangimentos do passado continuam a aplicar-se, nomeadamente restrições em termos de disponibilidade de tecnologia, de recursos económicos e de natureza social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bange, M. P., Deutscher, S. A., Larsen, D., Linsley, D. & Whiteside, S. 2004. A handheld decision support system to facilitate improved insect pest management in Australian cotton systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, **43**: 87-178.
- Cardoso, G., Firmino da Costa, A., Conceição, C. P. & Gomes, M. C. 2005. *A Sociedade em Rede em Portugal*. Campo das Letras, Lisboa.
- Fernandez, G. L. & Cerda, R. F. 1998. Individual and Organizational Factors Associated with the Adoption and Use of Computers in Mexican Agribusiness. *Proceedings of 7th International Conference Computers in Agriculture*, Orlando, Florida, USA, October.
- Instituto Nacional de Estatística. 2000. Principais Resultados do Recenseamento Geral da Agricultura 1999. Disponível em <<http://www.ine.pt/rga.html>> (acesso em: 30/11/2005).
- Jensen, A.L. & Thysen, I. 2003. Agricultural information and decision support by SMS. *Proceedings of EFITA2003*, Debrecen-Budapest, Hungary, July.
- Jensen, A.L. & Thysen, I. 2004. Agricultural information and decision support on smartphone. *Proceedings of AFI-TA/WCCA 2004*, Bangkok, Thailand, August.
- Observatório da Inovação e do Conhecimento. 2005. População Portuguesa – Inquérito à Utilização das Tecnologias de Informação e da Comunicação, Resultados 2004 (Resultados Provisórios). Unidade de Missão Inovação e Conhecimento. Disponível em <<http://www.umic.gov.pt>> (acesso em: 30/11/2005).
- Putler, D. S. & Zilberman, D. 1988. Computer Use in Agriculture: Evidence from Tulare County – California. *American Journal of Agricultural Economists*, November, **70**, 790-802.
- USDA - National Agricultural Statistics Service. 2003. Farm Computer Usage and Ownership. Disponível em <<http://usda.mannlib.cornell.edu/reports/>>

- nassr/other/computer/> (acesso em: 30/11/2005).
- Warren, M. F. 2000. E-farmins or E-folly ? Adoption of internet technology by farmers in England, University of Plymouth, Newton Abbot, Devon. Disponível em <<http://141.163.121.36/LearningResources/Telematics.html>> (acesso em: 30/11/2005).
- Zazueta, F.S. & Vergot, P. 2003. Use of handheld computers in agricultural extension programs. *Proceedings of EFITA2003*, Debrecen-Budapest, Hungary, 12-16.

Efeito da fertilização azotada na produção e na qualidade do grão de cevada para malte em condições mediterrâneas de regadio

Effect nitrogen rate on yield and quality of malting barley under irrigated Mediterranean conditions

M. Patanita¹ & L. López-Bellido²

RESUMO

A cultura da cevada para malte em condições Mediterrâneas de regadio permite a obtenção de rendimentos mais elevados e estáveis. Além disso, proporciona também baixos conteúdos de proteína no grão, uma vez que a cultura não está sujeita aos défices hídricos, particularmente durante o enchimento do grão, típicos das situações de sequeiro.

O critério mais importante para que o grão de cevada possa ter qualidade malteira e, com isso, benefícios complementares, é o teor de proteína do grão situar-se entre 9 e 12% da matéria seca. Esta característica depende, principalmente, dos níveis e épocas da fertilização azotada (N). A alteração da cultura da cevada para malte, tradicionalmente realizada em sequeiro, para sistemas de regadio, envolve o ajustamento dos itinerários técnicos, nomeadamente a dose e o fraccionamento da fertilização azotada.

Na região de Beja, Sul de Portugal, foram instalados no ano agrícola de 2003-04 ensaios de campo com a cultura da cevada

(*Hordeum vulgare* L. spp. *distichum*, cultivar 'Scarlett') numa situação de regadio, com dois factores. Cinco doses de N (0, 75, 100, 125 e 150 kg/ha) e cinco fraccionamentos/épocas de aplicação (sementeira, sementeira + afilhamento, sementeira + encanamento, afilhamento + encanamento e sementeira + afilhamento + encanamento).

Os resultados obtidos mostram que a maior produção de grão foi obtida com as mais altas doses de N (125 e 150 kg/ha) e com os fraccionamentos sementeira + afilhamento e sementeira + afilhamento + encanamento. O teor de proteína do grão aumentou com as doses de N mais altas e com as aplicações mais tardias (afilhamento + encanamento), mas dentro dos limites requeridos pela indústria. Observou-se um ligeiro decréscimo no tamanho do grão (calibre > 2,5 mm) com o aumento da dose e com as aplicações ao encanamento, principalmente, sementeira + encanamento e afilhamento + encanamento.

De acordo com os nossos resultados, as maiores doses de N ensaiadas, bem como as aplicações mais tardias, poderão ser

¹ Escola Superior Agrária de Beja, Rua Pedro Soares, Apartado 6158, 7801-908 Beja, e-mail: mpatanita@esab.ipbeja.pt; ²Departamento de Ciencias y Recursos y Forestales, Universidade de Córdoba, Espanha

usadas na cultura da cevada em condições Mediterrâneas de regadio, conduzindo ao aumento da produção de grão e à melhoria da qualidade do grão para malte, com evidentes benefícios para os produtores de cevada e para os industriais malteiros.

ABSTRACT

Malting barley varieties grown in irrigated Mediterranean conditions offers higher and stable profits. It provides also grains with lower protein contents, if barley is not submitted to water stress, particularly during grain filling, like as it usually happens under rainfed conditions.

The most important criterion for grain to be classified as having malting quality, and hence to achieve a price premium, is to have a protein concentration between 9,0-12,0% on a dry weight basis, fact that depends mainly on nitrogen (N) fertilization levels. Moving the barley production from traditional Mediterranean dry farming to irrigation takes technical adjustments, like rate and timing of N application.

In the Beja region, of South-Portugal, and in 2003-04, a two factorial irrigated field experiment was carried out with five N rate (0, 75, 100, 125 and 150 kg N/ha) and five application times and splitting (on sowing, sowing + tillering, sowing + stem elongation, tillering + stem elongation and sowing + tillering + stem elongation) with malting barley (variety 'Scarlett'; *Hordeum vulgare* L. spp. *distichum*).

The results show significantly higher grain yield on the 125 and 150 kg N/ha rates and with the N application divided by sowing + tillering and sowing + tillering + stem elongation. Grain protein levels increased with the increase in N rate, and later applications (tillering + stem elongation), but still between limits recom-

mended for the brewing industry. Slight reduction in grain size (grading > 2,5 mm) was observed with N rate increase and applications during stem elongation, sowing + stem elongation and tillering + stem elongation.

According to our results higher N rates and later applications can be used under irrigated Mediterranean conditions when growing malting barley. Relatively to the rainfed conditions, irrigation helps to increase grain yield and improve malting quality. Such fact will have the potential to raise barley farmer's profits and also provides better raw materials for Portuguese breweries.

INTRODUÇÃO

A cevada é uma cultura típica de sequeiro nas regiões mediterrâneas, mas que apesar da sua resistência à secura (López-Bellido, 1991), sofre com frequência stress hídrico no final do ciclo, com consequências negativas na produção e na qualidade do grão para a indústria malteira/cervejeira. A cultura realizada em regime de regadio permite a obtenção de rendimentos mais altos e seguros (López-Bellido, 1991), além de evitar o risco dos altos níveis de proteína, típicos da planta de sequeiro submetida a stress hídrico (Ruiter *et al.*, 1999).

Apesar de haver uma quantidade de informação bastante significativa sobre a cultura em regime de sequeiro, poucos estudos têm sido realizados, nas condições mediterrâneas, com a utilização da cevada em sistemas de regadio.

O ajuste dos níveis de aplicação de azoto e a dotação da água de rega, são os principais factores do crescimento da cevada para malte que podem, de maneira consistente, regularizar a produção de grão com

características malteiras (Ruiter *et al.*, 1999). Contudo, é difícil obter uma elevada consistência interanual da produção e da qualidade nas constantes flutuantes condições ambientais mediterrâneas, e em solos com diversos níveis de fertilidade e com influência de distintos precedentes culturais. Por isso, as relações entre produção, qualidade, ambiente e técnicas culturais não estão ainda definidas, nem tão pouco serão fáceis de estabelecer em condições de sequeiro.

A característica mais importante na qualidade malteira/cervejeira da cevada é o teor de proteína do grão (Hector *et al.*, 1996), relacionado negativamente com o rendimento em extracto (volume de mosto por quilograma de malte) (Ruiter & Haslemore, 1996; Molina-Cano, 1989; Vera-Núñez *et al.*, 2001). Os teores elevados de proteína levam ao aumento da viscosidade e instabilidade do mosto, o que provoca problemas na laboração do malte e na estabilidade da cerveja (Moreno & Moreno, 2002). Por outro lado, teores de proteína demasiado baixos reduzem a actividade enzimática. Assim, para satisfazer os padrões estabelecidos pela indústria malteira, o teor de proteína do grão deve situar-se entre 9 e 12% da matéria seca (Briggs, 1978; Hector *et al.*, 1996), sendo o intervalo óptimo de 10 a 11% (Moreno & Moreno, 2002).

A acumulação de proteínas no grão dos cereais está controlada geneticamente, mas também é muito influenciada por outros factores, tais como o tipo de solo, itinerários técnicos, condições climáticas, em especial a temperatura e a humidade (Nair & Chatterjee, 1990; Rao *et al.*, 1993; García del Moral *et al.*, 1995), e a dose e época de aplicação de fertilizantes azotados (García del Moral *et al.*, 1996).

Considerando o efeito negativo do azoto sobre a qualidade nas cevadas cervejeiras

(Molina-Cano, 1989), de acordo com Hector *et al.* (1996), a sua cultura deve realizar-se com baixos níveis de fertilização azotada, preferentemente em zonas com baixo teor de azoto no solo. No entanto, não se pode correr o risco de haver ocorrência de deficiências de azoto, que poderão limitar o rendimento da cultura, através de reduções no número de grãos, no desenvolvimento da área foliar, na interceptação da radiação e/ou sobre a eficiência de uso da radiação, que limitam o crescimento da cultura (Fischer, 1993; Abbate *et al.*, 1994), se bem que se tenham também observado efeitos directos sobre a fixação dos grãos (Abbate *et al.*, 1995).

Estudos sobre o efeito da dose de fertilização azotada (Agbede, 1987) e o regime de água (Clarke *et al.*, 1990) em cereais demonstraram que estes dois factores e a sua interacção influenciam a concentração de azoto (N) no grão, já que é um bom indicador de outras características de qualidade requeridas pela indústria malteira, por exemplo, a quantidade de extracto fermentável. Estudos de fertilização azotada na cevada demonstram que o aumento da dose de fertilização azotada aumenta o rendimento, a concentração de N e a proteína no grão (Agbede, 1987; Lauer & Partridge, 1990), em particular, durante a fase de enchimento do grão (Carreck & Christian, 1991). Ensaio realizados em Rothamsted, Inglaterra, demonstraram que a concentração de N no grão de cevada foi invariavelmente mais pequena quando o N se aplicou em estádios de precocidade, como a sementeira ou logo após a emergência (Widdowson *et al.*, 1986), devido a que quando é disponível rapidamente nesses estádios do ciclo de desenvolvimento da planta, se promove o crescimento vegetativo (Carreck & Christian, 1991). Também Molina-Cano (1989) refere que, em sequeiro, os fornecimentos azotados devem frac-

cionar-se a 50% entre sementeira e cobertura precoce (fase de 3 folhas), e nunca devem efectuar-se depois do final do afilhamento, pois isso conduziria a um aumento no teor de proteína do grão, tornando-o inútil para a malteria, sem que a produção se eleve significativamente (Molina-Cano, 1989).

Com base nestes trabalhos sobre a assimilação de azoto, tem-se demonstrado que é possível, mediante diferentes práticas culturais, obter grão de cevada com qualidade para a produção de malte (Vera-Núñez *et al.*, 2001). No entanto, em Portugal, existe pouca informação sobre o efeito da interacção da água de rega com a absorção de N na produção deste cereal.

Do ponto de vista físico pretende-se que o grão seja grande, arredondado, com glumelas finas e onduladas (Molina-Cano, 1989). Ainda, de acordo com este autor, o grão deverá ter elevada percentagem com calibre acima de 2,5 mm (90%) e pequena percentagem com calibre menor do que 2,2 mm (3%), facto muito importante do ponto de vista comercial.

Com este estudo pretende-se contribuir para a racionalização da fertilização azotada, ou seja, procura-se aplicar de forma correcta ao solo e/ou às plantas, em épocas apropriadas e nas formas adequadas, a quantidade de azoto de acordo com as ne-

cessidades da cultura, satisfazendo as exigências de qualidade da indústria malteira.

O objectivo do estudo é a avaliação do efeito da dose e do fraccionamento da fertilização azotada sobre a produção e qualidade do grão de cevada em regadio.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização

Os estudos realizaram-se em dois ensaios de campo instalados na Quinta da Saúde (Beja) e na Herdade do Outeiro em Canhestros (Ferreira do Alentejo), em solos classificados, respectivamente nas famílias Bpc+Pc (Barros pretos calcários muito descarbonatados de dioritos ou gabros + Solos calcários pardos de calcários não compactos) e Cp (Barros pretos calcários descarbonatados de rochas eruptivas ou cristalofílicas básicas), cartografadas nas Cartas de Solos de Portugal nº 43C (SROA, 1961) e 42D (SROA, 1962), respectivamente, e descritas por Cardoso (1965).

Na análise efectuada às amostras de solo recolhidas nos locais dos ensaios, e a 30 cm de profundidade, obtiveram-se os resultados descritos no Quadro 1.

QUADRO 1 - Características das amostras de solos colhidas nos locais dos ensaios de cevada, na Quinta da Saúde e no Outeiro (2003-04)

Características	Quinta da Saúde	Outeiro
pH (H ₂ O)	8,3 - pouco alcalino	8,5 - pouco alcalino
Matéria orgânica total (%) (Walkley-Black)	0,4 - muito baixo	0,5 - muito baixo
Fósforo extraível (ppm) (Egner-Riehm)	75 - médio	50 - médio
Potássio extraível (ppm) (Egner-Riehm)	107 - alto	157 - alto
Terra fina (%)	89	94
Densidade aparente	1,1	1,2
Textura	Franco-argilo-limosa	Franco-argilosa

Técnicas culturais

A sementeira e as restantes operações culturais (mobilizações de solo, fertilização, controlo de infestantes e controlo de doenças e pragas) e suas respectivas características são descritas no Quadro 2.

As datas nas quais se realizaram as adubações de cobertura correspondem aos estados descritos como Zadoks 21 e 31 (início do afilhamento e do encanamento) por Zadoks *et al.* (1974).

A cultura foi regada com água proveniente de uma captação subterrânea na Quinta da Saúde, e de uma ribeira no Outeiro, enquanto que, como equipamento de rega, foi usado, respectivamente, um «center-pivot» e uma rede de aspersores fixos. A monitorização da água no solo e a gestão da rega foi efectuada através de uma sonda de neutrões.

Foi utilizada a cultivar ‘Scarlett’ (*Hor-*

deum vulgare L. spp *distichum*), pela sua importância entre os produtores de cevada cervejeira, bem como na indústria malteira, tendo como precedentes culturais o trigo e a beterraba, respectivamente na Quinta da Saúde e no Outeiro.

Clima

A Figura 1 mostra o comportamento da temperatura média mensal e da precipitação total mensal na Quinta da Saúde (latitude 38°02'42" N, longitude 8°15'59" W e altitude 74 m) e no Outeiro (latitude 38°02'15" N, longitude 7°53'06" W e altitude 206 m) em 2003/04 (COTR, 2005), em comparação com um período de referência, 1950-86 (Regato *et al.*, 1993), desde o início do ano agrícola (Setembro/03) até ao mês da maturação/colheita da cultura (Junho/04).

QUADRO 2 - Operações, máquinas agrícolas utilizadas ou produtos aplicados e respectivas quantidades e substâncias activas e datas de execução nos ensaios de cevada, na Quinta da Saúde e no Outeiro (2003-04)

Operação	Máquinas ou factores de produção e quantidades	Substância activa	Data	
			Quinta da Saúde	Outeiro
Preparação do solo	Escarificador		02-12-03	10-12-03
	Vibrocultor		22-12-03	19-01-04
Sementeira	Semeador de linhas		23-12-03	20-01-04
	12 cm entre linhas			
Fertilização de fundo	450 sementes germináveis m ⁻²			
	500 kg/ha superfosfato 18%		22-12-03	20-01-04
	85 kg/ha KCl 60%			
Fertilização de cobertura	Afilhamento - nitrato de amónio		09-02-04	06-03-04
	27%, de acordo com os tratamentos			
	Encanamento - nitrato de amónio		23-02-04	07-04-04
	27%, de acordo com os tratamentos			
Controlo de infestantes	2,2 L/ha Iloxan y	«Diclofope metilo» e	14-02-04	13-04-04
	18 g/ha Sprinter	«Tribenurão metilo»		
Fungicida	1 L/ha Tilt top	«Fenopropimorfe» +	09-03-04	
		«Propiconazol»		
Rega	1 L/ha Tilt top		21-04-04	22-04-04
	1680 m ⁻³ na Quinta da Saúde		11-02 a 18-05-04	11-03 a
Colheita	2550 m ⁻³ no Outeiro			34-05-04
			24-06-04	13-07-04

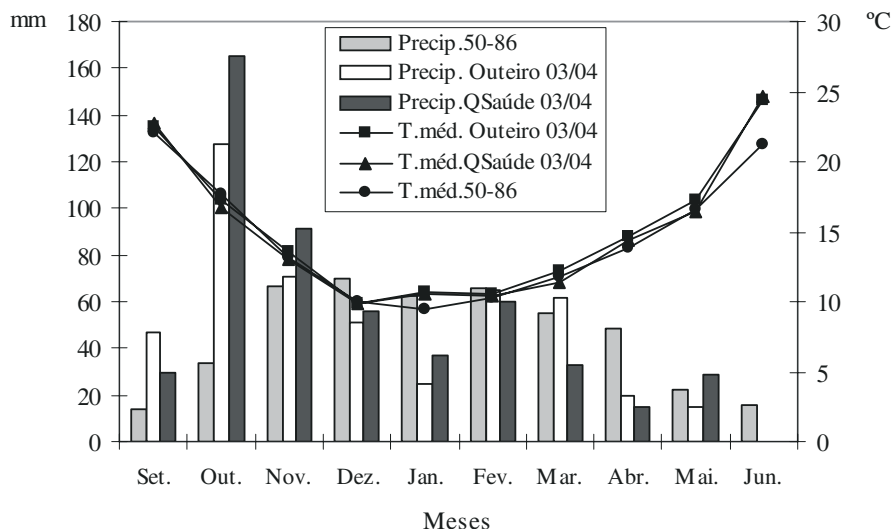


Figura 1 - Temperatura média e precipitação total mensais registadas nas Estações Meteorológicas do Outeiro e da Quinta da Saúde no ano agrícola de 2003-04 (COTR, 2005) e no período de 1950-86 (Regato *et al.*, 1993)

A temperatura no ano agrícola 2003/04 foi idêntica nos dois locais de ensaio e teve também um comportamento semelhante ao do período de referência, destacando-se apenas o mês de Janeiro de 2004 com mais 1 °C e o mês de Junho com mais 3 °C, relativamente a 1950-86 (Figura 1). Este comportamento da temperatura não terá tido particular influência no desenvolvimento da cultura, além do que é habitual e típico nos ambientes mediterrânicos, nomeadamente, temperatura superior ao óptimo na fase final do ciclo cultural.

A precipitação no ano agrícola 2003/04 (481,9 mm no Outeiro e 515,5 mm na Quinta da Saúde), embora tenha sido um pouco superior à registada no período 1950-86 (454,7 mm), foi mais mal distribuída (Figura 1). Nos meses de Setembro a Dezembro caíram mais cerca de 110 mm no Outeiro e 160 mm na Quinta da Saúde, relativamente ao período de referência, facto que não beneficiou directamente a cultura, dado que

ainda não tinha emergido (Quinta da Saúde) ou ainda não tinha sido semeada (Outeiro). Nos meses de Janeiro a Maio, que correspondem ao período cultural, excepto o mês de Fevereiro nos dois locais e o de Março no Outeiro, a precipitação foi inferior à do período considerado, a qual por sua vez já é escassa para um óptimo desenvolvimento cultural. Deste modo, as necessidades de água de rega terão sido maiores que o previsto, de forma a evitar situações de défice hídrico.

Desenho experimental

O desenho experimental utilizado foi um factorial em quatro blocos completos casualizados, com dois factores, cada qual com cinco níveis:

- dose de N - 0, 75, 100, 125 e 150 kg N/ha;
- fraccionamento de N – Sementeira (S), Sementeira + Afilhamento (S+A), Semen-

teira + Encanamento (S+E), Afilhamento + Encanamento (A+E), Sementeira + Afilhamento + Encanamento (S+A+E). Quando a fertilização azotada foi aplicada em duas fases significa que se aplicou 1/2+1/2 da dose pretendida e quando se aplicou em três fases significa que se aplicou 1/3+1/3+1/3.

As parcelas experimentais foram semeadas com uma área de 33,75 m² (13,5 m de comprimento e 2,5 mm de largura) que correspondeu a uma passagem do semeador de linhas (21 linhas com 0,12 m entre linhas).

Os dados obtidos foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA), determinando-se o grau de significância. As médias foram comparadas usando a diferença mínima significativa (Teste LSD) com $p < 0,05$. O «software» utilizado foi o MSTATC (*Michigan State University*). Para estudar as relações entre as variáveis, calcularam-se os coeficientes de correlação de Pearson.

Características analisadas

As características analisadas foram as seguintes:

- produção de grão (kg/ha) com 12% humidade;
- características qualitativas do grão;
- teor de proteína no grão (% da MS);
- calibre do grão superior a 2,5 mm.

A determinação destas características realizou-se da seguinte forma:

- produção de grão (12% de humidade) – foi determinada com base na área colhida de 27,5 m² (17 linhas $\times$ 0,12m $\times$ 13,5m), posteriormente corrigida para um teor de humidade de 12% e extrapolada para o hectare;
- teor de proteína no grão – determinado de forma expedita com recurso ao NIR Foss – Infratec, (programa 1241 Grain Analyzer - % proteína/MS);
- calibre do grão – determinado no calibrador Sortimat Pfeuffer durante 3 minutos,

separando-se 4 fracções/calibre: grãos > 2,8 mm, grãos > 2,5 mm, grãos > 2,2 mm e grãos < 2,2 mm.

RESULTADOS

A análise de variância da produção de grão revelou efeito significativo ($p < 0,001$) do factor dose e do factor fraccionamento, enquanto que a interacção dose $\times$ fraccionamento não foi significativa, o que indica que a forma de fraccionar não dependeu da dose (Quadro 3).

A produção de grão, para a média dos locais, variou de 3050 a 6036 kg/ha (88% MS), dependendo da dose de azoto aplicada e do fraccionamento. As produtividades mais elevadas verificaram-se nas doses de 125 e 150 kg N/ha, respectivamente, com 5998 e 6036 kg/ha (Figura 2) e nos fraccionamentos em que se efectuou a aplicação de azoto à sementeira e ao afilhamento (S+A e S+A+E), respectivamente, com 5246 e 5408 kg/ha (Figura 3).

Os resultados obtidos, concordantes com os referidos por Patanita *et al.* (2005), além de indicarem uma resposta positiva da cevada ao aumento da dose de N aplicada, revelam a importância da aplicação de N à sementeira e logo nas primeiras fases de crescimento da cultura. Esta aplicação precoce de N estimula o crescimento das gemas laterais e a formação de colmos (García del Moral & Ramos, 1989) proporcionando uma maior população produtiva e um maior número de grãos m⁻², componente esta estreitamente correlacionada com a produção de grão ($r = 0,986^{***}$). Esta componente, principalmente determinada pelo número de espigas, é a que melhor explica a produção de grão, tal como referem os trabalhos de Ramos *et al.* (1985), García del Moral & Ramos (1989) e García (2005).

QUADRO 3 - Análise de variância da produção de grão (kg/ha), do teor de proteína (% MS) e do calibre > 2,5mm, para a cultura da cevada (cv. 'Scarlett') sujeita a diferentes doses e fraccionamentos da fertilização azotada, na média dos locais (Quinta da Saúde e Outeiro, 2003-04)

Fonte	GL	Produção de Grão		Proteína		Calibre > 2,5mm	
		Quadrado médio	Teste F	Quadrado médio	Teste F	Quadrado médio	Teste F
Local (L)	1	20385390	129,9***	78,93	636,11***	8,95	4,22*
Dose (D)	4	61418938	391,3***	21,38	172,29***	179,10	84,40***
LD	4	9393973	59,9***	3,14	25,32***	14,26	6,72***
Fraccionamento (F)	4	828526	5,28***	3,13	25,22***	66,81	31,49***
LF	4	628457	4,00**	0,32	2,54*	81,57	38,44***
DF	16	176969	1,13	0,31	2,53**	8,03	3,79***
LDF	16	182204	1,16	0,15	1,24	9,34	4,40***
Erro	144	156949		0,12		2,12	
CV (%)		7,64		3,75		1,62	

*, **, *** nível de significância a $p < 0,05$, $p < 0,01$ e $p < 0,001$ respectivamente; CV – coeficiente de variação

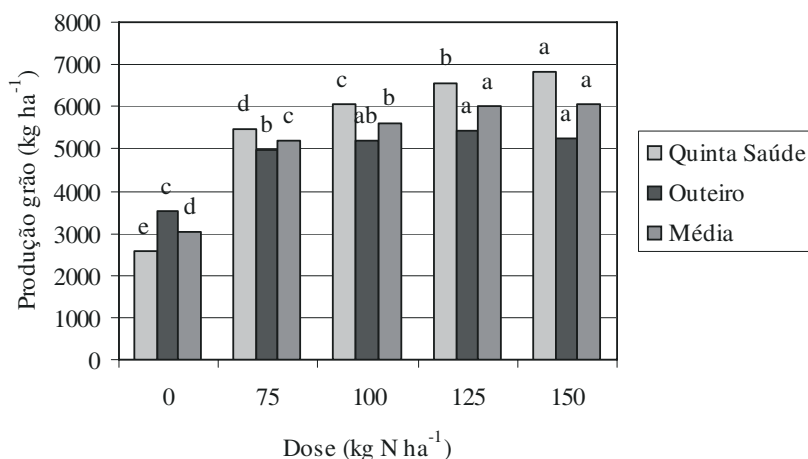


Figura 2 - Efeito da dose na produção de grão (kg/ha) para a cultura da cevada (cv. 'Scarlett'), na Quinta da Saúde e no Outeiro e na média dos locais, em 2003-04. Letras diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

No que respeita às características qualitativas, a análise de variância do teor de proteína e do calibre superior a 2,5 mm revelou efeito significativo dos factores dose e fraccionamento, bem como da interacção entre estes factores (Quadro 3).

O teor de proteína, característica decisiva na utilização do grão de cevada para malte, mostrou aumentos progressivos à medida que se aumentou a dose, tendo-se obtido

para a média dos locais o valor mais elevado (10,29%) à dose de 150 kg N/ha, mas dentro dos limites definidos pela indústria malteira (Quadro 4).

No que respeita ao fraccionamento, verificou-se que as aplicações mais tardias, nomeadamente o fraccionamento A+E, conduziram a valores de proteína mais elevados (9,84%), enquanto que o fraccionamento S, aplicação mais temporã

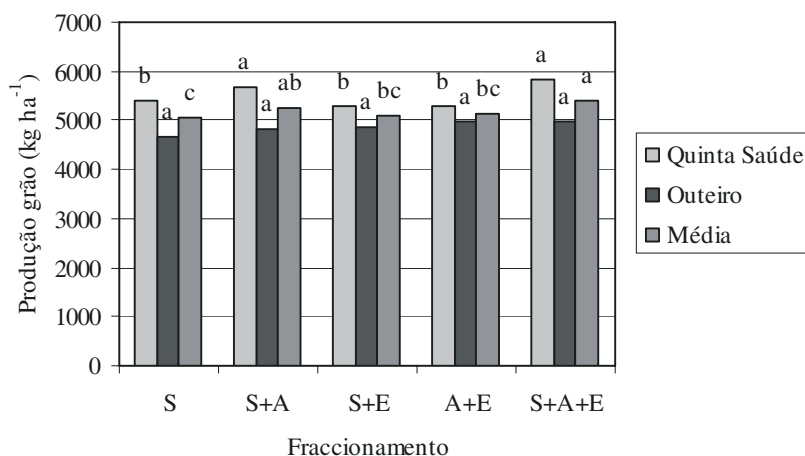


Figura 3 - Efeito do fraccionamento na produção de grão (kg/ha) para a cultura da cevada (cv. 'Scarlett'), na Quinta da Saúde e no Outeiro e na média dos locais, em 2003-04. Letras diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$). S - Sementeira, S+A - Sementeira + Afilamento, S+E - Sementeira + Encanamento, A+E - Afilamento + Encanamento, S+A+E - Sementeira + Afilamento + Encanamento

de N, foi aquele onde se registou o valor mais baixo com 9,12%, na média dos locais (Quadro 4). Estes resultados, concordantes com os obtidos por Garcia (2005) e Patanita *et al.* (2005), indicam que uma aplicação tardia de azoto, embora possa melhorar o rendimento em grão, conduz a aumentos substanciais de proteína do grão, tal como é referido Widdowson *et al.* (1986), Agbede (1987), Molina Cano (1989), Lauer & Partridge (1990), Carreck & Christian (1991) e López-Bellido (1991), pois a assimilação nutritiva é preferencialmente efectuada na direcção do grão. No entanto, estes aumentos de proteína, que em situações de sequeiro podem atingir valores demasiado elevados, nestas situações de regadio foram favoráveis, encontrando-se no intervalo de 10 a 11% de proteína, referido por Moreno & Moreno (2002) como o óptimo para a indústria malteira.

A interacção dose $\times$ fraccionamento representada na Figura 4, indica principalmente que, excluindo o fraccionamento com a aplicação de N mais tardia (A+E), o aumento da dose atenua as diferenças entre os restantes fraccionamentos, apresentando S, S+A e S+E, valores estatisticamente semelhantes na dose de 150 kg N/ha. Inclusivamente, os valores registados pelo fraccionamento S+A+E também se aproximaram, só diferindo estatisticamente ($p < 0,05$), nas doses mais elevadas, do fraccionamento S+A. Isto significa que para o teor de proteína do grão, a opção por um determinado fraccionamento será mais importante para as doses de N mais baixas.

No que respeita ao calibre superior a 2,5 mm, verificou-se que o aumento da dose de N conduziu a uma quebra do calibre (Quadro 4), tal como refere Garcia (2005), decorrente do aumento do número de grãos/m² e,

QUADRO 4 - Efeito da dose e do fracionamento no teor de proteína (% MS) e no calibre > 2,5 mm, para a cultura da cevada (cv. 'Scarlett'), na Quinta da Saúde e no Outeiro e na média dos locais, em 2003-04

Tratamentos	Proteína (% MS)			Calibre superior 2,5 mm		
	Quinta Saúde	Outeiro	Média	Quinta Saúde	Outeiro	Média
Dose						
0	8,25 d	8,50 e	8,38 e	93,4 a	92,2 a	92,8 a
75	8,33 d	9,83 d	9,08 d	90,7 b	90,2 b	90,4 b
100	8,64 c	10,12 c	9,38 c	89,0 c	90,0 b	89,5 c
125	9,06 b	10,61 b	9,84 b	87,9 d	88,9 c	88,4 d
150	9,55 a	11,03 a	10,29 a	86,4 e	88,1 c	87,2 e
Fracionamento						
S	8,45 d	9,79 b	9,12 d	92,0 a	89,6 a	90,8 a
S+A	8,48 cd	9,93 b	9,21 cd	92,1 a	90,1 a	91,1 a
S+E	8,93 b	9,95 b	9,44 b	87,0 c	89,8 a	88,4 c
A+E	9,28 a	10,40 a	9,84 a	86,4 c	90,4 a	88,4 c
S+A+E	8,68 c	10,03 b	9,35 bc	89,7 b	89,4 a	89,6 b
Média	8,76	10,02	9,39	89,4	89,9	89,7
DMS	0,20	0,24	0,16	0,9	1,0	0,6
CV (%)	3,65	3,81	3,75	1,55	1,70	1,62

Letras diferentes indicam médias estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

DMS – diferença mínima significativa; CV – coeficiente de variação. S - Sementeira, S+A - Sementeira + Afilhamento, S+E - Sementeira + Encanamento, A+E - Afilhamento + Encanamento, S+A+E - Sementeira + Afilhamento + Encanamento

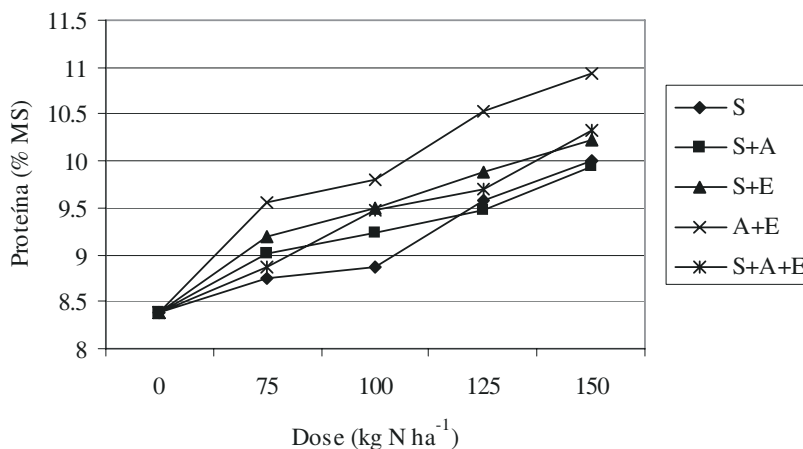


Figura 4 - Interação dose×fracionamento relativa ao teor de proteína (% MS) para a cultura da cevada (cv. 'Scarlett'), nos dois locais (Quinta da Saúde e Outeiro, 2003-04). S - Sementeira, S+A - Sementeira + Afilhamento, S+E - Sementeira + Encanamento, A+E - Afilhamento + Encanamento, S+A+E - Sementeira + Afilhamento + Encanamento

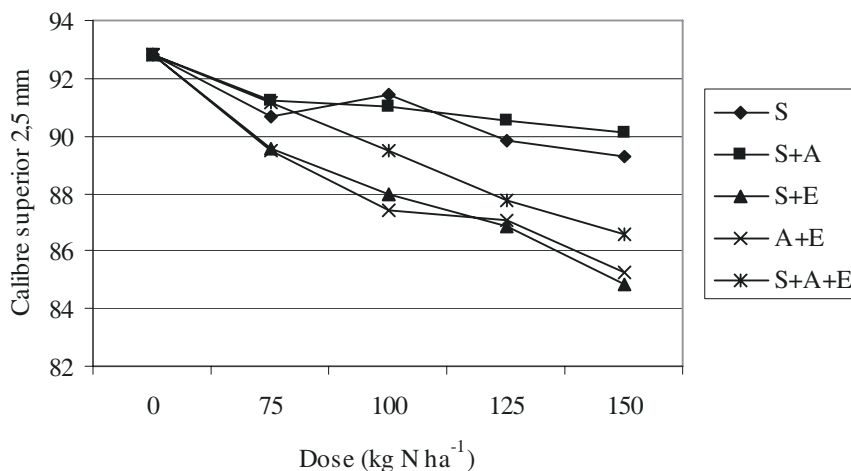


Figura 5 – Interação dose×fraccionamento relativa ao calibre superior a 2,5 mm para a cultura da cevada (cv. 'Scarlett'), nos dois locais (Quinta da Saúde e Outeiro, 2003-04). S - Sementeira, S+A - Sementeira + Afilhamento, S+E - Sementeira + Encanamento, A+E - Afilhamento + Encanamento, S+A+E - Sementeira + Afilhamento + Encanamento

consequentemente, da produção de grão, tendo-se verificado relações negativas entre estas características e o calibre ($r=-0,661^{**}$ e $r = -0,543^{*}$, respectivamente). Este menor calibre do grão nas doses de N mais altas, leva-nos a afirmar que a dose que maximizou o rendimento foi superior à que proporcionou melhor qualidade, facto que é concordante com os resultados de Moreno & Moreno (2002) quando referem que a dose que proporciona o melhor rendimento conduz habitualmente a uma depreciação da qualidade, pelo aumento do teor da proteína e pela diminuição do calibre.

A aplicação mais tardia de azoto, ao encanamento, e em maior quantidade, a que correspondem os fraccionamentos S+E e A+E, também conduziu a uma redução do calibre, facto que poderá estar relacionado com uma maior sobrevivência dos novos colmos produzidos no afilhamento e por

isso mais espigas e mais grãos. Assim obteve-se uma relação estreita negativa ($r=-0,869^{***}$) entre calibre e proteína, o que pode aumentar a dificuldade em estabelecer uma dose e um fraccionamento de compromisso para a produção de grão e para as características qualitativas.

A interação dose×fraccionamento para o calibre mostra que a aplicação mais tardia de N, correspondente aos fraccionamentos com aplicação de N ao encanamento, S+E, A+E e S+A+E, proporcionaram menores calibres à medida que se aumentou a dose (Figura 5). Apenas o fraccionamento S+A+E e na dose mais baixa (75 kg N/ha) apresenta valores estatisticamente semelhantes aos registados pelos fraccionamentos S e S+A. Esta situação revela que, nas doses de N mais altas, o calibre poderá ser beneficiado com aplicações mais precoces de N, nomeadamente tudo à sementeira ou

repartido entre a sementeira e o afilhamento.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo evidenciam, em termos produtivos, a vantagem da fertilização da cultura da cevada para malte e em regadio com as doses de 125 e 150 kg N/ha e com os fraccionamentos que incluem a aplicação à sementeira e ao encanamento (S+A e S+A+E). Para as características qualitativas, proteína e calibre, verificou-se entre elas um comportamento distinto. Enquanto que o aumento da dose de N conduziu ao aumento do teor proteico (150 kg N/ha proporcionou 10,29% de proteína) para valores dentro do intervalo óptimo definido pela indústria malteira, em relação ao calibre, as doses de N mais altas associaram-se a calibres > 2,5 mm menores, embora elevados (88,4 e 87,2%, respectivamente com 125 e 150 kg N/ha). Da mesma forma os fraccionamentos com aplicação de N mais tardia, proporcionaram maiores conteúdos proteicos e menores calibres.

Dada a extrema exigência da indústria para as características qualitativas, nomeadamente para o teor de proteína do grão, e nas condições em que decorreu o estudo, as doses mais altas, 125 e 150 kg N/ha e os fraccionamentos S+A e S+A+E parecem conduzir a um melhor compromisso entre a quantidade e qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbate, P.E., Andrade, F.H. & Culot, J.P. 1994. Determinación del rendimiento en trigo. INTA EEA, Balcarce. *Boletín Técnico* nº 13.
- Abbate, P.E., Andrade, F.H. & Culot, J.P. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *Journal of Agric. Sci. Cambridge*, **124**: 351-360.
- Agbede, O.O. 1987. Response of barley seedling to nitrogen and phosphorus rates on soils with various fertility levels. *Soil Sci.*, **143**:192-197.
- Briggs, D.E. 1978. *Barley*. Chapman and Hall, London.
- Cardoso, J. 1965. *Os Solos de Portugal: sua Classificação, Caracterização e Gênese: I – A Sul do Rio Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura, Lisboa.
- Carreck, N.L. & Christian, D. G. 1991. The effect of the previous crop on the growth nitrogen uptake and yield of winter barley intended for malting. *J. Sci. Food Agric. Soc. Chem. Ind. / Elsevier Applied Science*, **62**: 137-145.
- Clarke, J.M., Campbell, C.A., Cutforth, H.W., DePauw, R.M. & Winkleman, G.E. 1990. Nitrogen and phosphorus uptake, translocation, and utilization efficiency of wheat in relation to environment and cultivar yield and protein levels. *Can. J. Plant Sci.*, **69**: 1153-1147.
- COTR. 2005. *Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo (SAGRA)*. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR), Quinta da Saúde, Beja www.cotr.pt.
- Fischer, R.A. 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer: Physiology of grain yield response. *Field Crops Res.*, **33**: 57-80.
- García del Moral, L.F., Boujenna, A., Yáñez, J.A. & Ramos, J.M. 1995. Forage production, grain yield, and protein content in dual-purpose triticale grown for both grain and forage. *Agron. J.*, **87**: 902-908.
- García del Moral, L.F., García del Moral, M.B., Boujenna, A. & Ramos, J.M. 1996. Acumulación de proteínas en el

- grano de cebada en ambiente Mediterráneo. In Nutrición Mineral de las Plantas en la Agricultura Sostenible. *Congresos y Jornadas*, **40/97**:275-279. Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Junta de Andalucía.
- García del Moral, L.F. & Ramos, J.M. 1989. Fisiología de la producción de grano. In Molina-Cano, J. (ed) *La Cebada: Morfología, Fisiología, Genética, Agronomía y Usos Industriales*, pp. 137-178. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Garcia, P. 2005. *Fertilização Azotada em Cevada para Malte (Hordeum vulgare L. spp. distichum) em Regadio*. Relatório de Projecto do Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas e Ambientais, ramo Agricultura Industrial. Escola Superior Agrária de Beja, Beja.
- Hector, D., Fukai, S. & Goynes, P. 1996. Adapting barley growth model to predict grain protein concentration for different water and nitrogen availabilities. *Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference*, Toowoomba.
- Lauer, J.G. & Partridge, J.R. 1990. Planting date and nitrogen rate effects on spring malting barley. *Agron. J.*, **82**:1083-1088.
- López-Bellido, L. 1991. *Cultivos Herbáceos vol. I - Cereales*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Molina-Cano, J.L. 1989. Agronomía. Patología. In Molina-Cano, J. L. *La Cebada: Morfología, Fisiología, Genética, Agronomía y Usos Industriales*, pp. 179-198. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Moreno, A. & Moreno, M. 2002. El abonado nitrogenado de la cebada en Castilla-La Mancha. *Revista Agropecuaria*, **71(840)**:453-455.
- Nair, T.V.R. & Chatterjee, S. R. 1990. Nitrogen metabolism in cereals: Case studies in wheat, rice, maize and barley. In Abrol, Y.P. (ed.) *Nitrogen in Higher Plants, Research Studies Press Ltd.*, pp. 367-426. Somerset, England.
- Patanita, M., López Bellido, R., López Bellido, L. & Gonçalves, C. 2005. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdressing requirement and grain protein contents for malting barley. *Proceedings of the 30th European Brewery Convention Congress*, 14 a 19 Maio 2005. Prague, Czech Republic.
- Ramos, J., García del Moral, L. & Recalde, L. 1985. Vegetative growth of winter barley in relation to environment conditions and grain yield. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, **104**:413-419.
- Regato, J., Patanita, M., Garcia, F., Nobre, R. & Geadas, M. 1993. *Estudo dos sistemas de Agricultura Praticados na Zona Agrária de Beja. Parte I – Zonagem Agro-Ecológica da Zona Agrária de Beja*. Instituto Politécnico de Beja, Escola Superior Agrária, Beja.
- Rao, A.C.S., Smith, J.L., Jandhyala, V.K., Papendick, R.I. & Parr, J.F. 1993. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. *Agron. J.*, **85**:1023-1028.
- Ruiter, J., Armitage, J. & Cameron, B. 1999. Effects of irrigation and nitrogen fertiliser on yield and quality of malting barley grown in Canterbury, New Zealand. In *Proceedings of the 9th Australian Barley Technical Symposium*, 1999.
- Ruiter, J.M. & Haslemore, R.M. 1996. Role of nitrogen and dry matter partitioning in determining the quality of malting barley. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, **24 (1)**:77-87.
- SROA 1961. *Carta de Solos de Portugal nº 43C*. Ministério da Economia, Secretaria de estado da Agricultura, Lisboa.

- SROA 1962. *Carta de Solos de Portugal n° 42D*. Ministério da Economia, Secretaria de Estado da Agricultura, Lisboa.
- Vera-Núñez, J.A., Grageda-Cabrera, O.A, Vuelvas-Cisneros, M, A., & Peña-Cabriales, J. J. 2001. Absorción de nitrógeno (^{15}N) por el cultivo de cebada en relación con la disponibilidad de agua en "el bajío", Guanajuato, Mexico. *Terra*, **20**:57-64
- Widdowson, F.V., Darvy, R.J., Derwar, A.M., Jenking, J.F., Kerry, B.R., Lawlor, D.W., Plumb, R.T., Ross, C.J.S., Scott, G.C., Todd, A.D. & Wood, D.W. 1986. The effects sowing date and other factors on growth, yield and nitrogen uptake, and on incidence of pests and diseases of winter barley at Rothamsted from 1981-1983. *J. Agric. Sci. Camb.*, **106**:551-574.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.*, **14**:415-421.

Avaliação da produção de leite em bovinos utilizando diferentes sistemas de climatização

Evaluation of the production in dairy cattle in different climatization systems

M. Perissinotto¹, D. J. de Moura² & V. F. da Cruz³

RESUMO

O presente estudo avaliou a eficiência térmica de diferentes sistemas de arrefecimento evaporativo; aspersão (TA) e nebulização (TN), conjugados com a ventilação forçada, quanto à melhoria do microclima interior das instalações e na resposta produtiva dos animais. O estudo foi realizado numa vacaria em sistema de estabulação livre localizada no interior de São Paulo/Brasil, tendo sido utilizado 10 animais da raça Holstein Freisian por tratamento. A recolha de dados efectuou-se, durante 21 dias consecutivos. No interior da vacaria recolheram-se os dados climáticos, em cada tratamento, e calculou-se o Índice de Temperatura e Humidade (THI). Os sistemas de arrefecimento avaliados não diferiram estatisticamente ao longo do período de estudo. Os sistemas só foram accionados quando a temperatura ambiente ultrapassou os 24 °C. Ambos os tratamentos (TA e TN) mantiveram um ambiente com condições termohigrométricas acima das recomendadas pela literatura. O consumo alimentar foi semelhante em ambos tratamentos, porém, o sis-

tema de arrefecimento por aspersão (TA) promoveu um aumento na produção de leite de 8%, relativamente ao sistema por nebulização (TN).

ABSTRACT

This study evaluated the thermal efficiency of different systems of evaporative cooling; sprinkling (TA) and fogging (TN), conjugated with the forced ventilation, in the improvement of the internal microclimate of the installations and in the productivity of dairy cattle. The study it was carried through a cow house provided with free-stall system in the interior of Sao Paulo/Brasil. Ten animals of Holstein Frisian breed per treatment were used. Collection of data occurred in November of 2003 during 21 consecutive days. Outside and inside climatic data in each treatment were recorded and the Index of Temperature and Humidity (THI) was calculated. The system of evaporative cooling evaluate had not differed with relation to the climatic variables. Both systems (TA and TN) had kept an en-

¹ Dep de Engenharia Rural, Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Av. Pádua Dias, 11 CP. 09 CEP: 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil e ICAM – Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, e-mail: mperissi@esalq.usp.br; ² Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. ³ Dep. de Engenharia Rural e ICAM, Universidade de Évora

vironment with thermohygrometric conditions inside that recommended in the literature. The feed intake was similar with both cooling systems, however, the system of cooling by sprinkling (TA) leads to an increase of 8% in the milk production, compared with the fogging system (TN).

INTRODUÇÃO

O animal é uma máquina biológica que pode expressar todo o seu potencial quando trabalha em condições ambientais ótimas. Quando essas condições não são adequadas, geralmente ocorre um reflexo negativo na produtividade. Devido às diferenças climáticas existentes entre os diferentes países, e até mesmo entre suas regiões, os sistemas e a tecnologia existentes devem ser adaptados às condições locais. Segundo Silva (1999), não há uma tecnologia padrão que possa ser utilizada em todos os países, nem em todo o território nacional, pois para sua utilização deve-se considerar a raça dos animais, a fase de desenvolvimento, o nível tecnológico, o nível de produção, as características climáticas e de relevo das regiões, os sistemas e instalações já existentes, entre outros factores. Outro ponto importante é a antecipação dos problemas, evitando-se que se recorra a soluções somente na época mais crítica do ano, porém, em algumas áreas, o controle é necessário durante todo o ano, prevenindo os efeitos do acentuado calor do Verão. O problema principal está na adaptação às condições climáticas das raças leiteiras de origem europeia, que, devido aos seus altos padrões de produção, sofrem muitas vezes problemas de alterações fisiológicas e comportamentais provocadas pelo stress térmico, causando redução na produção de leite. As alternativas para manter ou melhorar o desempenho e o bem-estar dos animais em climas quentes envolvem, necessariamente,

os processos metabólicos de utilização de energia e sua transferência através dos processos de trocas de calor entre o animal e o ambiente (Johnson, 1987).

O arrefecimento evaporativo das instalações, particularmente as de confinamento de gado leiteiro, tem se expandido rapidamente devido à sua relativa simplicidade, exequibilidade técnica e relação custo/benefício, proporcionando incrementos significativos na produção de leite (Armstrong and Welchert, 1994). O arrefecimento evaporativo é, essencialmente, um processo de saturação adiabática. No ábaco psicrométrico esse processo desenvolve-se ao longo de uma linha adiabática, isto é, de temperatura de bolbo húmido e entalpia constantes. Os sistemas de arrefecimento evaporativo são classificados em “*misting*” (nebulização de baixa a média pressão), “*fogging*” (nebulização de alta pressão), “*sprinkling*” (aspersão) e “*pad cooling*” (painéis evaporativos). A diferença entre os sistemas “*misting*” e “*fogging*” é basicamente o tamanho das gotas. O sistema “*fogging*” é o método mais eficiente de arrefecimento do ar pelo menor tamanho das gotas, porém é mais caro do que o “*misting*” e requer maior manutenção (Bucklin & Bray, 1998). Nos sistemas de nebulização, pequenas gotas de água são aspergidas no ar, arrefecendo-o, ao evaporarem. Quando o animal contacta com o ar mais fresco, há troca de calor com o ar mais fresco e consequentemente remoção de calor do corpo. A grande vantagem do sistema de nebulização em relação à aspersão é que, quando bem ajustado, mantém o piso seco (Bucklin & Bray, 1998). No dimensionamento do sistema de nebulização, para cada tipo de instalação, calcula-se o tamanho e número de bicos, número de linhas, posicionamento das linhas e a intermitência de funcionamento do sistema, evitando-se assim, o aumento excessivo da humidade relativa do ar. A instalação aleatória, não

correctamente dimensionada, pode causar aumento da humidade relativa, prejudicando os animais (Silva, 1999). A aspersão não tem a finalidade de arrefecer o ar, pois usa gotas largas para molhar o pêlo e a pele das vacas. O animal perde calor devido à evaporação da água retida na superfície da pele e nos pêlos, permitindo que este processo seja mais eficiente do que quando a evaporação se dá apenas devido ao suor. Com o objectivo de reduzir a temperatura do ar, favorecendo as trocas de calor sensível, o sistema de arrefecimento evaporativo do ar visa a aumentar a dissipação de calor na forma evaporativa e convectiva. De acordo com Bucklin & Bray (1998), o principal benefício do uso de sistemas de chuveiros ou aspersores sobre animais, associados à ventilação forçada de ar, está baseado no aumento de consumo de alimento e consequente aumento de produção. Esse sistema é bastante eficaz porque, além de aumentar a capacidade de perda de calor através de evaporação, pode ser posicionado em vários locais das instalações: sala de espera (antes da ordenha), área de alimentação, áreas de sombreamento, etc.

Verifica-se, no entanto, a necessidade de estabelecer critérios para a adopção de sistemas de arrefecimento ao nível dos produtores.

A temperatura óptima de produção de leite depende da espécie, raça e grau de tolerância ao calor e ao frio. De modo geral, o limite superior da zona de termoneutralidade (ZTN) de vacas Holstein Frisian, em lactação, situa-se próxima dos 24°C de temperatura de bolbo seco, sendo a humidade relativa considerada ideal pela literatura de 38% (Baccari, 1998). Portanto, num país de clima tropical/subtropical como o Brasil, as vacas leiteiras, principalmente da raça Holstein Frisian, estarão a maior parte do ano submetidas a temperaturas maiores que as desejadas.

Para caracterizar as zonas de conforto térmico adequadas às diferentes espécies animais e quantificar o seu afastamento em relação as temperaturas de alojamento, foram desenvolvidos os índices de conforto térmico. Estes índices resumem, numa única variável, tanto os elementos que caracterizam o ambiente térmico que circunda o animal, como o stress que tal ambiente possa estar causando no mesmo. As respostas dos animais ao stress térmico são fisiológicas e comportamentais, variando de espécie para espécie e dentro da espécie, onde variam conforme o estado de desenvolvimento ou a fase do ciclo de produção do animal. Devido a essas variações, os índices desenvolvidos para determinada espécie e fase de crescimento, em determinado ambiente físico, nem sempre podem ser aplicados a outros animais nem utilizados em regiões com características climáticas diferentes das do local de origem do índice. Segundo Johnson (1987), o Índice de Temperatura e Humidade (THI), foi desenvolvido, inicialmente, para humanos, mas observou-se que as mesmas variáveis psicrométricas causadoras do desconforto térmico em humanos também causam certo desconforto em vacas leiteiras, o que pode acarretar decréscimos na produção de leite. A equação para o cálculo deste índice é dada por:

$$THI = Tbs + 0,36 Tpo + 41,2$$

(Thom, 1958) em que:

Tbs - temperatura de bolbo seco, °C;

Tpo - temperatura de ponto de orvalho, °C.

Este índice é utilizado para estabelecer classes que são definidas de acordo com a reacção fisiológica e/ou comportamental do animal. Caso o animal se encontre dentro de uma faixa de THI considerada adequada, ele desempenhará as suas características produtivas de forma otimizada. Esta faixa pode variar em função da raça, fase de lactação e

idade do animal. De acordo com Du Preez et al. (1990), depois de amplos estudos, as classes para vacas holandesas podem ser estabelecidas da seguinte forma:

- Normal, para valores de THI menores que 70,
- Alerta, para valores de THI situados entre 70 a 72,
- Alerta e acima do índice crítico para a produção de leite (perda), para valores de THI situados entre 72 a 78,
- Perigo, para valores de THI situados entre 78 a 82,
- Emergência, para valores de THI situados acima de 82.

Este trabalho teve assim como objectivo a avaliação dos sistemas de arrefecimento (aspersão e nebulização), conjugados com a ventilação forçada, quanto à eficiência térmica na melhoria do microclima interior das instalações e na resposta produtiva dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi desenvolvido num rebanho leiteiro comercial, localizado no município de São Pedro/São Paulo/Brasil. O estudo teve a duração de vinte e oito dias consecutivos do mês de Novembro de 2003, utilizando-se os sete primeiros dias para a adaptação dos animais aos sistemas de climatização a serem testados. Utilizaram-se 20 vacas da raça Holstein Frisian, multíparas, em lactação, com peso médio de 650 kg e seleccionadas de acordo com a produção de leite (em torno de 21 litros/animal/dia) e dias de lactação (aproximadamente 180 dias), sendo então, divididos ao acaso em dois grupos de 10 animais, mantidos em abrigo do tipo estabulação livre. Cada grupo recebendo um tipo de climatização, isto é, 10 animais foram sujeitos a um sistema de arrefecimento

evaporativo por aspersão e 10 foram sujeitos a um sistema de arrefecimento evaporativo por nebulização. A instalação utilizada possuía 120 m de comprimento e largura total de 28 m, tendo capacidade de alojar 240 animais adultos, divididos em quatro lotes com aproximadamente 60 animais cada. Possuía aproximadamente 9 m de altura na parte central e 3,5 m nas laterais. O corredor central tinha 2,92 m de largura, o telhado era coberto com telha de barro e o piso era de betão simples. Foram utilizados ventiladores da marca CASP® tipo VA 92 plus, espaçados a cada 11 m, equipados com motor de 0,5 CV, com capacidade de produzir movimentação de ar até 2,5 m/s na altura do dorso do animal. Os ventiladores instalados na área de alimentação dos animais foram montados a 2,5 m de altura, e os instalados na área de descanso a 2,0 m de altura. Os sistemas de aspersão e de nebulização foram montados logo abaixo dos ventiladores, sobre a manjedoura dos animais, sendo constituídos por tubos de PVC, com espaçamento entre bicos de 1 m e, tal como os ventiladores, tiveram o funcionamento controlado por um termostato e um temporizador. Os sistemas só foram accionados quando a temperatura ambiente ultrapassava 24 °C. O sistema de aspersão foi equipado com bicos com vazão de 30 l/hora por bico, com intermitência de 12 min, sendo que o sistema permaneceu ligado durante 60 segundos e desligado durante 11 min. O sistema de nebulização foi equipado com bicos com vazão de 2,5 l/hora por bico e foi regulado para funcionar com uma intermitência de 1 min, ficando ligado 20 segundos e desligado 40 segundos. A intermitência de ambos os sistemas foi determinada através de testes preliminares. As variáveis meteorológicas recolhidas no interior da instalação foram temperatura e humidade relativa do ar, através de um data logger HOBO®, possi-

bilitando o cálculo do índice de temperatura e humidade (THI). Os dados foram recolhidos no data logger de 20 em 20 minutos. Os animais receberam água e alimento à vontade durante todo o período de ensaio. Foram realizadas 3 ordenhas diárias (às 3, 10 e 17 h), sendo analisada a produção de leite dos dez animais previamente selecionados para cada tratamento. A ordenha foi feita em sala rotativa e os dados foram registados de acordo com o controle da exploração. Foi registado, diariamente, o consumo de alimentos dos animais, por diferença de peso entre o que era fornecido e o que sobrava, sendo esse valor dividido pelo número de animais do lote, obtendo-se, assim, o consumo diário por animal. Para a determinação dos dados de ingestão de matéria seca (MS) amostrou-se semanalmente o alimento e determinou-se a sua matéria seca em estufa. O delineamento experimental adoptado foi o de blocos casualizados, considerando como blocos os dias de análise, e os tratamentos, os diferentes tipos de climatização. Para o estudo de comparação das médias, adoptou-se o teste de Tukey. Os resultados de análise estatística foram obtidos por meio do programa estatístico “Statistical Analysis System” (SAS, 1992).

RESULTADOS

Seleccionou-se o intervalo horário das 9 h às 17 h para a análise dos dados climáticos, por este corresponder ao período de utilização dos sistemas de climatização. Os resultados da análise estatística da média das variáveis climáticas, do consumo alimentar e da produção de leite é mostrado no Quadro 1.

Os resultados da análise estatística apresentados no Quadro 1 mostram que não houve diferença estatística significativa entre o uso do sistema de arrefecimento utilizando a aspersão e o uso do sistema de arrefecimento com nebulização em relação as variáveis climáticas estudadas, ou seja, a temperatura de bolbo seco, a humidade relativa do ar. As temperaturas máximas e mínimas também não diferiram estatisticamente nos tratamentos estudados. Consequentemente também não foi observada diferença significativa entre o índice de temperatura e humidade do tratamento com aspersão em relação ao tratamento com nebulização.

Verificou-se que o consumo de alimentos dos animais confinados no local que dispõe de sistema de climatização com aspersão associada à ventilação forçada (15,0 kg de MS/vaca/dia) não difere estatisticamente do consumo dos animais confinados em locais

QUADRO 1 - Média das variáveis climáticas no intervalo horário das 9 h às 17 h, do consumo de alimento e da produção de leite, durante o período experimental

Variáveis	Tratamentos	
	Aspersão (TA)	Nebulização (TN)
Temperatura de bolbo seco (Tbs) (°C)	27,0 ^a	26,6 ^a
Humidade relativa do ar (HR) (%)	59,8 ^a	60,3 ^a
Índice de temperatura e humidade (THI)	75,1 ^a	74,7 ^a
Temperatura mínima (°C)	19,7 ^a	19,3 ^a
Temperatura máxima (°C)	29,4 ^a	29,0 ^a
Consumo de alimento (kg de MS/vaca/dia)	15,0 ^a	14,9 ^a
Produção de leite média (litros/vaca/dia)	21,1 ^a	19,5 ^b

com sistema de climatização com nebulização associada à ventilação forçada (14,9 kg de MS/vaca/dia), sendo essa diferença de apenas 1%, equivalendo, segundo os dados obtidos, a 3 kg de MS/animal/mês. Por outro lado verificou-se que os animais submetidos ao tratamento com sistema de arrefecimento por aspersão obtiveram uma produção de leite significativamente superior aos animais que dispunham de arrefecimento por nebulização, sendo a produção média no tratamento com aspersão de 21,1 litros/vaca e no tratamento com nebulização de 19,5 litros/vaca, ou seja, uma diferença de 1,6 litros/vaca/dia.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos diferem dos encontrados por Bucklin & Bray (1998), que verificaram uma melhoria no microclima interno das instalações que dispunham de arrefecimento por nebulização em relação as que dispunham de um sistema de aspersão, sendo que, segundo esses autores, o sistema de aspersão não tem a finalidade de resfriar o ar, e sim de usar gotas largas de água para molhar o pêlo e a pele das vacas. Essa discordância pode ter ocorrido devido a grande abertura das instalações utilizadas (aproximadamente 9 m de altura na parte central e 3,5 m nas laterais) que, devido a utilização da ventilação forçada, favoreceu uma grande renovação do ar do interior da instalação, e não possibilitou uma ação eficaz do sistema de arrefecimento por nebulização. Essa explicação pode ser reforçada pela análise dos valores da humidade relativa do ar, que não diferiu entre os sistemas de arrefecimento avaliados, sendo que, se esperava um aumento no tratamento com nebulização, devido à maior quantidade de vapor de água produzida pelo sistema.

Segundo Du Preez *et al.* (1990), as vacas leiteiras apresentam produção normal quando o índice de temperatura e humidade está abaixo do valor 70. Nos dados obtidos pela análise climática o valor de THI é superior e portanto, atingiu-se a classe de alerta, acima do índice crítico para a produção de leite, devendo ocorrer perda na produção. A análise do Quadro 1 mostra que houve diferença estatística significativa na produção média de leite entre os animais do tratamento com aspersão e os do tratamento com nebulização. Observa-se que, no tratamento com aspersão, a produção foi 48 l/animal/mês (8%) maior que no tratamento com nebulização. Por outro lado, os resultados obtidos neste estudo estão de com as pesquisas realizadas por Bucklin & Bray (1998), entre outros, no que se refere à utilização de sistema de arrefecimento por aspersão, quando comparados a sistemas de produção não climatizados. Com a utilização destes sistemas, os autores mencionados obtiveram acréscimos de 12,7% na produção leiteira. Segundo Perissinotto (2003), concordando com os resultados obtidos por Chastain & Turner (1994), Frazzi *et al.* (1998) Lin *et al.* (1998) e Martello (2002), que avaliaram a eficiência da aspersão nas respostas fisiológicas de vacas leiteiras Holstein Frisian, a maior produção no tratamento com aspersão pode estar relacionada principalmente aos melhores resultados obtidos com este sistema com relação às variáveis fisiológicas temperatura rectal e frequência respiratória. Também o facto de “molhar” o bovino, parece corresponder a uma “sensação” de bem-estar que foi evidenciada na análise comportamental dos animais. Esta é demonstrada no estudos de Perissinotto (2003) onde se mostrou que os animais preferiram permanecer próximos aos sistemas de arrefecimento, porém o sistema de aspersão fez com que os animais permanecessem mais tempo na área de

manjedoura e menos tempo em ócio que o sistema por nebulização.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que não houve diferença estatística significativa entre o uso do sistema de arrefecimento por aspersão conjugado com ventilação forçada e o uso do sistema de arrefecimento com nebulização, também conjugado com ventilação forçada, em relação às variáveis climáticas. Ambos os sistemas mantiveram um ambiente com condições termohigrométricas acima das recomendadas pela literatura. Os sistemas de arrefecimento estudados, não promoveram diferenças quanto ao consumo de alimento, porém o sistema de aspersão promoveu um aumento na produção de leite de 8% (48,0 litros/animal/mês/) quando comparado ao sistema de nebulização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armstrong, D.W. & Welchert, W.T. 1994. Dairy cattle housing to reduces stress in a hot-arid climate. In *International Dairy Housing Conference*, p.598-604. Dairy systems for the 21st century. Orlando: ASAE, 1994.Orlando, Florida.
- Baccari, F.J. 1998. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente. In *I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite 1.*, pp. 24-67. [Anais] Piracicaba: FEALQ, 1998, Piracicaba.
- Bucklin, R.A & Bray D.R. 1998. The american experience in dairy management in warm and hot climates. In *I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite*, pp.56-174. [Anais]. Piracicaba: FEALQ, 1998. Piracicaba,
- Chastain, J.P. & Turner, L.W. 1994. Practical results of a model of direct evaporative cooling of dairy cows. In: *International Dairy Housing Conference, Orlando*, pp.337-352. Dairy systems for the 21st century. Orlando: ASAE. Flórida.
- Du Preez, J.D., Giesecke, W.H., Hattingh, P.J. & Eisenberg, B.E. 1990. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. II Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observes true and predicted temperature-humidity index values. *Onderstepoort Journal Vet. Res.*, **57**: 183-187.
- Frazzi, E., et al. 1998. Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. In *International Dairy Housing Conference*, pp. 387-394. 4. St. Louis, Missouri, 1998. St. Louis: ASAE,
- Johnson, H. D. 1987. *Bioclimatology and adaptation of livestock*. Amsterdam: Elsevier, 279p.
- Lin, J.C. et al. 1998. Comparasion of variouis fan, sprinkler, and mister systems in reducing heat stress in dairy cows. *American society of agricultural engineers*, **14(2)**: 177-182,
- Martello, L. S. 2002. *Diferentes Recursos de Climatização e Sua Influência na Produção de Leite, na Termorregulação dos Animais e no Investimento das Instalações*. Pirassununga. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.
- Perissinotto, M. 2003. *Variação da Eficiência Produtiva e Energética de Sistemas de Climatização em Galpões Tipo "Freestall" para Confinamento de Gado Leiteiro*. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agri-

cultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Silva, I.J.O. 1999. Vacas produzem mais e melhor em ambientes adequados. *Revista Balde Branco*, **35**: 20-27.

Influência das condições ambientais na produção de leite da vacaria da Mitra

Effect of environment conditions on milk production in Mitra cow house

M. Perissinotto¹, V. F. da Cruz², A. Pereira³ & D. J. de Moura⁴

RESUMO

O objectivo deste estudo foi avaliar as variações das produções de leite ao longo do ano de 2004 relacionando-as com as alterações do ambiente térmico. O estudo foi realizado na vacaria do Centro de Estudos e Experimentação da Mitra e foram utilizadas 9 vacas da raça Holstein Frisian. Para a caracterização do ambiente térmico foram usados os valores das temperaturas e humidade relativa do ar, os quais foram integrados no cálculo do Índice de Temperatura e Humidade (THI). Os dados foram sujeito a análise de variância unifactorial utilizando o teste de Tukey para a comparação das médias. Tendo em conta a variação dos valores máximos do THI, verificou-se que nos meses mais quentes de Junho, Julho e Agosto foram atingidos valores de THI acima de 83 significando perigo para os animais (stress severo) e em Setembro, mês um pouco menos quente, foram atingidos valores de THI entre 79 e 82 correspondendo a um stress médio (alerta). Como consequência, verificaram-se durante a maior par-

te destes meses acentuadas diminuições na produção mensal de leite. Durante o resto do ano as condições climáticas observadas, nomeadamente os valores de THI, não indicavam problemas de “stress” térmico.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of thermal environment on the milk during the year of 2004. The experiment was carried in the free stall of the Center of Studies and Experimentation of the Mitra. For the evaluation of the milk productions were used 9 animals of Holstein Frisian breed. For the environment analysis was used the Index of Temperature and Humidity (THI). The data analysis was carried through by ANOVA and using itself the Tukey mean's comparisons test. The THI values observed in June, July and August months (with higher air temperatures) were included in danger's class and September in alert's class. The higher THI in these months has significant effect on milk

¹ Dep de Engenharia Rural, Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Av. Pádua Dias, 11 CP. 09 CEP: 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil e ICAM – Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, email: mperissi@esalq.usp.br; ² Dep. de Engenharia Rural e ICAM, Universidade de Évora; ³ Dep. de Zootecnia e ICAM, Universidade de Évora; ⁴ Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil

production. The decrease in milk production was related to the heat stress during these months. The THI analysis along the year shows that the summer is the only period leading to stress conditions, with negative effect on milk production.

INTRODUÇÃO

Os bovinos são animais homeotérmicos, isto é, a sua temperatura corporal é relativamente independente das variações da temperatura ambiente. A estabilidade da temperatura corporal é realizada através de permutas de calor com o meio ambiente, as quais estão dependentes de mecanismos fisiológicos, comportamentais e metabólicos. A termogénese (calor total) resulta do somatório da produção de calor metabólico e da diferença entre o calor adquirido e dissipado entre o animal e o ambiente.

Os bovinos, dependendo da raça, nível de produção, estágio fisiológico e plano nutricional, apresentam uma faixa de temperaturas ambiente em que não sofrem desconforto térmico por frio ou por calor. Esta gama de temperaturas designa-se por zona de termoneutralidade. Nesta faixa de temperaturas, a regulação da temperatura corporal processa-se através de permutas de calor sensível, pelo que o gasto de energia para manutenção é mínimo, resultando em máxima eficiência produtiva (Baccari, 1998).

O ambiente térmico exerce forte influência sobre o desempenho animal, uma vez que afecta os mecanismos de transferência de calor e, assim, a regulação do balanço térmico entre o animal e o meio. O ambiente térmico representa, portanto, um factor de restrição para a eficiência máxima de produção, principalmente nos sistemas intensi-

vos, onde por vezes o animal está impedido de utilizar determinadas respostas comportamentais adaptativas.

As vacas leiteiras de alta produção apresentam grandes necessidades em nutrientes, o que implica na ingestão de grandes quantidades de alimentos de alto valor nutritivo. Face ao grande volume de alimento ingerido e à elevada taxa metabólica, a quantidade de calor produzido é bastante grande, o que implica elevados níveis de dissipação de calor. Em condições de maior temperatura ambiente, em que o gradiente térmico entre o animal e o meio diminui, constata-se frequentemente uma maior dificuldade para manter a temperatura corporal em níveis normais (Head, 1989).

Tem sido considerado que a maior influência do stress pelo calor sobre a produção de leite é determinada pela diminuição do consumo de matéria seca e, portanto, pela redução na ingestão de energia metabolizável. Na verdade, essas reduções da ingestão são acompanhadas pela diminuição das hormonas calorígenicas, originando em conjunto, a redução da produção do calor metabólico e a maior facilidade em manter a homeostase (Huber, 1990).

A temperatura ótima de produção de leite depende de vários factores nomeadamente da raça e sua inerente tolerância ao calor e ao frio. De modo geral, a zona de termoneutralidade (ZTN) de vacas Holstein Frisian em lactação, está próxima de 24 °C de temperatura de bolbo seco, com uma humidade relativa de cerca de 38% (Baccari, 1998).

Segundo Pennington *et al.* (2005), alguns sinais do efeito do stress térmico em vacas em lactação são, desde comportamento letárgico até à redução apreciável na produção de leite. Sinais de moderado stress térmico ocorrem quando a temperatura está

Graus		Humidade relativa (%)																						
F	°C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100			
75	23,9																73	73	73	74	74			
80	26,7	sem stress								73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	77	78	78		
85	29,4					73	74	75	75	76	77	77	78	78	78	79	79	80	80	80	81			
90	32,2	74			75	77	78	78	79	80	80	81	82	82	82	83	83	84	84	84	85			
95	35,0	73	76	78	79	81	82	82	83	84	84	85	86	86	87	87	87	88	88	88	89			
100	37,8	76	80	82	83	84	85	86	87	88	88	89	90	90	91	91	91	92	92	93				
105	40,6	80	83	86	87	88	89	90	91	92	92	93	94	94	95									
110	43,3	83	86	88	90	91	92	93	94	94	95	96									stress leve (alerta)			
115	46,1	86	90	92	94	95	96	97	98	98							stress médio (perigo)							
120	48,9	90	94	96	97	99											stress severo (emergência)							

Figura 1 - Índice de Temperatura e Humidade (THI). Adaptado de Garcia (2002)

entre 27 e 32 °C com humidade relativa do ar maior que 50%, e incluem polipneia térmica, aumento da taxa de sudação e tendência de algum decréscimo na ingestão alimentar. Em temperaturas entre 32 e 38 °C e humidade relativa do ar maior que 50% as vacas mostram sinais evidentes de stress térmico como polipneia térmica com a boca aberta e com a língua pendente, aumentos significativos da temperatura corporal, diminuição severa do consumo de alimento e do rendimento produtivo.

Para caracterizar ou quantificar as zonas de conforto térmico adequadas às diferentes espécies animais foram desenvolvidos índices de conforto térmico (nomeadamente o Índice de Temperatura e Humidade (THI)), que conjugam numa única variável os elementos que caracterizam o ambiente térmico associado ao animal e as suas influências no conforto deste. O animal dentro de uma faixa de THI considerada adequada produzirá de acordo com o seu potencial genético, caso as outras condições limitantes também estejam em níveis adequados. De acordo com Du Preez (1990), para vacas leiteiras da raça Holstein Frisian podem ser estabelecidas as classes de acordo com a Figura 1.

Segundo West *et al.* (2003), aumentos no THI originam um maior desconforto aos

animais que têm de desencadear processos fisiológicos activos para manterem sua temperatura corporal. A diminuição da eficiência produtiva ocorre quando os animais são forçados a reduzir a sua taxa metabólica, através do efeito conjugado da redução da ingestão e do nível plasmático das hormonas calorigénicas (Collier *et al.*, 1982).

O objectivo deste estudo foi avaliar as variações na produção de leite ao longo do ano em função da variação das condições ambientais prevaletentes na vacaria do Centro de Estudos e Experimentação da Mitra, situada na Herdade da Mitra.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na vacaria do Centro de Estudos e Experimentação da Mitra, situada na Herdade da Mitra que se encontra à latitude de 38° 60' N e à longitude de 7° 54' W, e a cerca de 30 m de altitude. As produções de leite e os dados climáticos reportam-se ao ano de 2004.

Para a avaliação da produção de leite foram utilizados em média 6 vacas da raça Holstein Frisian por mês, múltiparas, em lactação, e seleccionadas de acordo com os dias de lactação (entre 90 e 200 dias). Os

animais ficaram alojados em sistema de estabulação livre em cubículos com 60 metros de comprimento e 20 metros de largura, com capacidade de alojar 100 animais adultos. Possui aproximadamente 9 metros de altura na parte central e 3,5 metros nas laterais.

A alimentação era fornecida 2 vezes ao dia, sendo sua composição padronizada durante todo o ano, os animais receberam água à vontade durante todo o período de recolha de dados. Foram realizadas 2 ordenhas diárias (7 e 16 h) sendo o registo individual dos dados de produção obtidos diariamente, os quais serviram para a obtenção da produção média mensal por animal.

Para a análise física do ambiente utilizaram-se os valores da temperatura de bolbo seco máxima e da humidade relativa do ar do ano de 2004, obtidos na estação meteorológica do Centro de Geofísica de Évora (CGE), localizada na Herdade da Mitra. O Índice de Temperatura e Humidade (THI) foi calculado de acordo com a equação de-senvolvida originalmente por Thom (1959):

$$\text{THI} = \text{Tbs} + 0,36 \text{Tpo} + 41,2$$

em que Tbs é a temperatura de bolbo seco (°C) e Tpo é a temperatura de ponto de orvalho (°C).

Os dados foram analisados segundo análise de variância unifactorial. A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey para um nível de significância de 95%. As relações entre as produções de leite médias e o Índice de Temperatura e Humidade foram realizadas através de equações de regressão tendo em conta o maior R^2 e o menor erro residual. Foi utilizado o pacote estatístico "Statistical Analysis System" (SAS, 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 são apresentados as médias das produções de leite e das variáveis climáticas ao longo do ano analisado.

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o período de maior stress climático para a produção de leite ocorre entre os meses de Junho a Setembro, onde se registam os maiores valores da temperatura de bolbo seco do ar e do THI. A humidade relativa neste período é relativamente baixa e está próxima de 38% que é considerada ideal para a produção de leite (Baccari, 1998). Porém, a ocorrência de baixa humidade do ar não é suficiente para evitar o stress térmico dos bovinos leiteiros pois esta deve estar associada a baixas temperaturas de bolbo seco (inferiores a 24 °C, segundo Baccari, (1998)). Nesta situação tal não ocorre, as temperaturas de bolbo seco máximas são muito elevadas penalizando bastante os valores do THI máximo. A temperatura de bolbo seco e o THI médio mensal estiveram sempre dentro do limite recomendado pela literatura. Porém, uma análise das médias das variáveis extremas máximas (Tbs máxima e THI máximo) obtidas no período de Junho a Setembro permite concluir que foram atingidos valores bem superiores aos considerados adequados pela literatura (Baccari, 1998 e Du Preez *et al.*, 1990) para a manutenção da homeotermia de vacas Holstein Frisian em lactação. Com efeito, neste período, os valores do THI máximo ultrapassaram o valor considerado crítico para a produção de leite (73), atingindo segundo Du Preez *et al.* (1990) a classe de perigo nos meses de Junho, Julho e Agosto e de alerta no mês de Setembro.

Os meses que apresentaram as menores produções médias de leite foram respectivamente Agosto, Setembro e Outubro, sendo que estes meses não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Porém, os meses de Setembro e Outubro também não diferiram estatisticamente de Novembro, Dezembro e Julho. Os meses que apresentaram maiores produções médias de leite foram, respectivamente, Fevereiro, Janeiro e Maio,

QUADRO 1 - Valores médios da produção de leite e das variáveis climáticas ao longo do ano de 2004

	Produção (litros/vaca)*	Tbs média (°C)*	Tbs máxima (°C)*	Tbs mínima (°C)*	HR (%)*	THI médio*	THI máximo*	THI mínimo*
Janeiro	30,7 ^{ab}	10,0 ^{fg}	15,0 ^{fg}	6,1 ^{ef}	67,2 ^a	52,7 ^f	59,4 ^{fg}	47,4 ^{ef}
Fevereiro	31,7 ^a	9,8 ^f	15,8 ^{efg}	5,2 ^{ef}	64,5 ^{ab}	52,2 ^{fg}	60,2 ^{efg}	46,1 ^{fg}
Março	27,0 ^{bc}	11,0 ^{fg}	17,5 ^{ef}	5,6 ^{ef}	56,8 ^{bc}	53,1 ^f	61,9 ^{ef}	46,0 ^{fg}
Abril	27,6 ^{bc}	13,7 ^{de}	20,9 ^{cg}	7,1 ^{de}	49,7 ^{cde}	56,1 ^{de}	65,7 ^{cd}	47,4 ^{ef}
Maio	28,0 ^{ac}	15,2 ^{cd}	22,1 ^c	8,9 ^{cd}	51,4 ^{cd}	58,3 ^{cd}	67,4 ^c	49,9 ^{de}
Junho	27,2 ^{bc}	24,0 ^a	33,0 ^{ab}	15,4 ^a	40,9 ^f	68,8 ^a	80,6 ^{ab}	57,5 ^{ab}
Julho	25,3 ^{cd}	24,3 ^a	33,6 ^a	15,8 ^a	37,6 ^f	68,7 ^a	81,0 ^a	57,4 ^{ab}
Agosto	20,4 ^c	22,8 ^{ab}	31,7 ^{ab}	15,6 ^a	44,6 ^{def}	67,7 ^{ab}	79,4 ^{ab}	58,1 ^a
Setembro	21,6 ^{de}	21,6 ^b	30,3 ^b	13,4 ^{ab}	41,3 ^{ef}	65,6 ^b	77,2 ^b	54,8 ^{bc}
Outubro	21,6 ^{de}	16,6 ^c	23,3 ^c	11,2 ^{bc}	53,2 ^c	60,4 ^c	69,2 ^c	53,1 ^{cd}
Novembro	24,0 ^{cd}	11,4 ^{ef}	18,6 ^{de}	6,2 ^{ef}	54,7 ^c	53,5 ^{ef}	63,1 ^{de}	46,6 ^{efg}
Dezembro	24,9 ^{cd}	8,6 ^g	14,3 ^g	4,3 ^f	55,2 ^c	49,8 ^g	57,5 ^g	44,0 ^g

* Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem ($p < 0,05$) pelo teste Tukey

sendo que não se constatou diferença estatística na análise de comparação de médias entre esses meses do ano (vide Quadro 1).

Os resultados obtidos neste trabalho concordam com os de Calegari *et al.* (2005), no Vale do Pó (Itália), que verificaram que as altas temperaturas observadas no Verão ocasionaram uma redução na produção de leite nas vacas primíparas e multíparas da raça Italian Friesian, sendo o stress calórico relacionado com o número de lactações e com a fase da lactação. Foi verificado uma redução de 4,0%/mês em vacas primíparas no meio da lactação (90-200 dias de lactação), 7,6%/mês em primíparas no final da lactação (201-300 dias), 10,5%/mês em multíparas no início da lactação e 11,6%/mês em multíparas no final da lactação. Segundo Calegari *et al.* (2005), a maior redução da produção de leite está mais relacionada com o aumento da temperatura mínima diária do que com a temperatura máxima diária, pois o aumento da temperatura mínima reduz a possibilidade das vacas eliminarem durante a noite e início da manhã o calor armazenado durante o dia.

Uma explicação pela ocorrência de baixos valores médios de produção de leite no mês de Outubro, que não se apresenta climaticamente *stressante* para os animais, pode

ser a dada por Bayer *et al.* (1980), que afirmam que os efeitos do stress térmico na produção de leite se estendem para além do período efectivo da ocorrência desse stress. Com efeito, quanto mais acentuado e prolongado for o período de stress térmico, maiores serão os ajustamentos endócrinos da aclimação e mais lenta a recuperação da produção de leite. Este aumento lento da produção de leite está de acordo com a recuperação de um cenário endócrino associado à termoneutralidade, que se baseia na recuperação dos valores de base das hormonas da tiróide, da somatotrofina e da prolactina.

Os resultados deste trabalho estão de acordo com os obtidos em clima Mediterrâneo por Bouraoui *et al.*, (2002), que utilizaram o Índice de Temperatura e Humidade (THI) para medir o efeito do stress térmico na produção de leite em vacas Holstein Friesian, registando durante o Verão um decréscimo de 21% na produção de leite.

Segundo Johnson (1987), uma explicação para essa queda de produção observada nos meses mais quentes do ano está na adaptação das raças leiteiras de origem europeia que devido à sua alta produtividade, apresentam um desajustamento entre a produção de calor endógeno e a capacidade de o dis-

sipar. Com efeito estes animais foram selecionados para altas produções em climas frios, onde o gradiente térmico que se estabelece entre os animais e o meio é muito mais favorável para a dissipação de calor. Em épocas quentes, alterações fisiológicas e comportamentais são frequentemente insuficientes para atenuar a tendência de crescentes armazenamentos de calor, originando processos de aclimação com reflexos mais ou menos acentuados na produtividade. De acordo com West (1999), as alternativas para manter o desempenho e o bem-estar dos animais em épocas quentes envolvem necessariamente uma melhor adequação do manejo alimentar e uma capacidade de favorecer a dissipação de calor do animal para o ambiente tanto por via sensível como por via latente.

Existem no entanto outras vias para se atingirem as melhores condições ambientais para os animais, nomeadamente a geometria da construção, a escolha correcta dos materiais de construção, a ventilação adequada, o arrefecimento evaporativo, o sombreamento e a densidade animal.

Portanto, a produção de leite em regiões quentes requer a adopção de estratégias conjugadas para minimizar a aquisição de calor e valorizar a termólise, de forma a atenuar o processo de aclimação e, assim, reduzir as flutuações na produção de leite decorrentes do “stress” térmico.

CONCLUSÕES

Verificou-se a existência de um período crítico entre os meses de Junho a Setembro, onde foram atingidas temperaturas bem superiores às consideradas adequadas para a manutenção da homeotermia de vacas Holstein Frisian em lactação. Nos outros meses do ano os valores máximos da temperatura de bolbo seco ficaram dentro do intervalo

considerado adequado para bovinos leiteiros. Os valores máximos do Índice de Temperatura e Humidade (THI) registados nos meses de Junho, Julho e Agosto atingiram a classe de perigo e no mês de Setembro atingiram a classe de alerta. Constatou-se que os valores do Índice de Temperatura e Humidade são inversamente proporcionais a produção de leite. Estes valores sugerem a necessidade da alterações do manejo ambiental, recorrendo a mecanismos naturais e/ou artificiais para o controle dos parâmetros inerentes a este manejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baccari, F.J. 1998. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente. *I Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite*, pp. 24-67. FEALQ, Piracicaba, São Paulo.
- Bayer, W.V., Hippen, H., Steinhilber, D. & Weniger, J.H. 1980. Some effects of high ambient temperature and different levels of relative humidity on thermoregulation and performance traits of lactating cows. *Zeitschrift für Tierzüchtung Züchtungsbiologie*, **97**:9-20.
- Bourrou, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, M. & Belyea, R. 2002. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Res.*, **51**:479-491.
- Calegari, F., Frazzi, E. & Calamari, L. 2005. Productive response of dairy cows raised in a cooling barn located in the Po Valley (Italy). *Proceedings of the Seventh International Symposium*. American Society of Agricultural Engineers, Beijing, China. CD-Rom.
- Collier, R.J., Beede, D.K., Thatcher, W.W., Israel, L.A. & Wilcox, C.J. 1982. Influences of environment and its modifica-

- tion on dairy animal and production. *Journal of Dairy Science*. **65**:2213-2227.
- Du Preez, J.D., Giesecke, W.H., Hattingh, P.J. & Eisenberg, B.E. 1990. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. II Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. *Onderstepoort Journal Vet. Res.*, **57**:183-187.
- Garcia, A. 2002. Dealing with heat stress in dairy cows. *Dairy Science*. **85**: 245-253.
- Head, H. H. 1989. The strategic use of the physiologic potential of the dairy cows. *Simpósio de Leite nos Trópicos: Novas Estratégias de Produção*, pp. 38-89. Botucatu, São Paulo.
- Huber, J. T. 1990. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. *Bovicultura Leiteira*, pp. 33-48. FEALQ, Piracicaba, São Paulo.
- Johnson, H. D. 1987. *Bioclimatology and Adaptation of Livestock*. Amsterdam, Elsevier.
- Pennington, J. A. & Vandevender, K. 2005. *Heat Stress in Dairy Cattle*. Agriculture and Natural Resources. University of Arkansas, United States Department of Agriculture, and County Governments Cooperating. <http://www.uaex.edu>. Acesso em 18/11/2005.
- Thom, E.C. 1959. *The discomfort index*. Weatherwise, Boston, **12**:1:57-70.
- West, J.W. 1999. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science*, **77**:21-35.
- West, J. W., Mullinix, B.G. & Bernard, J.K. 2003. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. *Journal Dairy Science*, **86**:232-242.

Efeito do tipo de solo na imobilização do azoto por palha em decomposição no Sul de Portugal

Effect of soil type on the N immobilization by decomposing straw at the South of Portugal

P. Alpendre^{1,2}, M. Carvalho^{1,2}, M. Figo^{1,2} & H. Carolino^{1,2}

RESUMO

É frequente em muitos sistemas agrícolas do Sul de Portugal deixarem-se os resíduos das culturas sobre o solo após a colheita, sendo posteriormente queimados ou incorporados no solo durante o Outono. Não sendo correcta a queima destes resíduos ricos em C, é preferível incorporá-los no solo, promovendo-se a imobilização do azoto (N) mineral, derivado da mineralização da Matéria Orgânica do Solo (MOS) e dos resíduos. Reduz-se deste modo a elevada perda potencial de nitrato (NO_3^-) por lixiviação, devido aos elevados montantes de precipitação que podem ocorrer no período de Outono/Inverno do clima do Sul de Portugal.

É necessário encontrarem-se meios para diminuir a perda de N por lixiviação, nos diferentes sistemas agrícolas e identificar as medidas correctas para reter o N durante mais tempo no sistema solo-planta. Uma das possibilidades é sincronizar, a mineralização do N dos resíduos, com o respectivo consumo pelas plantas, ou através da imobilização do N pelos microorganismos nos resíduos ricos em C.

O objectivo deste trabalho foi estudar o efeito de dois solos contrastantes na sua fertilidade, na imobilização e posterior remineralização do N, respectivamente num solo franco-arenoso (Pmg) de Évora e num argiloso (Bvc) de Beja.

Incubou-se palha de trigo dentro de sacos de rede de nylon, com períodos de 1, 4, 8 e 12 meses de amostragem. O ensaio consistiu em três tratamentos: sem N, com adição de $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ e adição de $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$. Determinou-se a concentração total em N e em C na palha e nos solos e mediu-se a abundância em ^{15}N . Comparou-se a proporção remanescente do montante inicial de palha incubada, a concentração em N-total nos resíduos e a imobilização em ^{15}N no resíduo da palha.

Durante o primeiro mês o ^{15}N foi sendo incorporado à medida que a massa do resíduo e o teor de N-total decresceram. Subsequentemente ocorreu imobilização líquida e o teor de N-total aumentou, apesar de com taxas diferentes consoante o solo. A incorporação de $^{15}\text{NO}_3$ foi maior no solo Bvc, ocorrendo o oposto com $^{15}\text{NH}_4$ no solo Pmg.

¹Departamento de Fitotecnia, Universidade de Évora, 7002-554 Évora e-mail: pfa@uevora.pt;

²Instituto das Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM)

ABSTRACT

In many agricultural systems in the south of Portugal leaving crop residues on the soil surface after cropping is a common practice. During autumn these residues are either burned or incorporated in the soil. The latter is preferable as the residues are rich in C and consequently promoting mineral nitrogen immobilization both from the soil organic matter and residues mineralization. This reducing nitrate potential high loss by leaching caused by the high rainfall, which usually, occurs in autumn and winter in southern Portugal.

It is necessary to find ways to reduce N loss by leaching, understand how different agricultural systems influence this process and identify ways to retain N for a longer period in the system soil-plant. One possibility is the synchronization of the N mineralization with either their consumption by the plants, through N immobilization in the residues rich in C.

The goal of this work was to study the effect of two soils of contrasting fertility in N immobilization and subsequent mineralization, namely a sandy-loam soil (Pmg) in Évora and a clay soil (Bvc) in Beja.

Wheat straw was incubated in nylon net bags for one year, with sampling periods of 1, 4, 8 and 12 months. The trial was composed of 3 treatments: without N, with addition of $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ and with addition of $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$. N and C total concentration in the straw and soil was determined and ^{15}N abundance was measured. The remaining proportion of the initial quantity of straw was incubated and the residuals total N concentration and ^{15}N immobilization was compared.

During the first month as ^{15}N was being incorporated in the soil the residual mass and total N content decreased. Subsequently net immobilization started to occur and total N content increased, though with different

rates according to the soil type. In Bvc soil $^{15}\text{NO}_3$ highest incorporation was observed while in Pmg soil the same was observed with $^{15}\text{NH}_4$.

INTRODUÇÃO

Em muitos sistemas agrícolas do Sul de Portugal é frequente deixarem-se os resíduos das culturas sobre o solo à colheita, sendo posteriormente queimados ou incorporados no solo durante o Outono. Com temperaturas do solo relativamente elevadas no Inverno, é previsível que a mineralização do N orgânico se mantenha activa, tendo como resultado que elevados montantes de precipitação arrastem o azoto (N) mineral do solo. Não sendo correcta a queima dos resíduos ricos em carbono (C) (especialmente quando com muita palha), é preferível incorporá-los no solo ou mantê-los à superfície, de modo a aumentar-se a imobilização do N mineral existente no solo no Outono. Permite-se deste modo reduzir as elevadas as perdas de nitrato (NO_3^-) por lixiviação que podem ocorrer no período de Outono/Inverno.

É necessário, encontrarem-se meios para diminuir a elevada perda de N por lixiviação, e compreender-se como os diferentes sistemas agrícolas influenciam a perda do NO_3 durante o Outono e Inverno, porque o NO_3^- derivado dos solos agrícolas é o grande responsável pelo aumento da poluição dos lençóis aquáticos.

Uma das possibilidades de diminuir a perda de N por lixiviação é sincronizar e sinlocar a mineralização do N derivado da Matéria Orgânica do Solo (MOS) e dos resíduos, com o consumo em N das plantas em crescimento, através da imobilização do N nos resíduos ricos em C pelos microorganismos do solo, retendo o N mais tempo no sistema solo/planta.

A imobilização do N nos resíduos ou no solo, ocorre tanto por processos bióticos envolvendo a massa microbiana do solo (Fog, 1988) como por reacções abióticas (Bosata & Agren, 1995). As informações sobre a influência das variáveis ambientais tais como o clima e os solos sobre a imobilização do N no solo, são muito limitadas na bibliografia internacional (Fog, 1988) e especialmente em Portugal (Alpendre, 2001).

O objectivo deste trabalho é estudar o efeito de dois solos, contrastantes na sua fertilidade, na extensão da imobilização do N nos resíduos em decomposição e a sua posterior remineralização. Comparou-se o efeito dos dois solos na imobilização do N por palha em decomposição em diferentes períodos de incubação no solo, através de dois veículos de N ao solo $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ e $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$.

MATERIAIS E MÉTODOS.

Solos e Clima

Os solos do ensaio foram, um Barro Castanho-Avermelhado Calcário muito Descarbonatado de dioritos (Bvc) e um Solo Mediterrâneo Pardo de quartzodioritos (Pmg), que se encontravam respectivamente em Beja e Évora, e foram descritos por (Cardoso, 1965). No Quadro 1 apresentam-se os principais parâmetros físicos e químicos de ambos os solos.

Os dados climáticos, dos últimos 30 anos

e dos anos do ensaio, são apresentados nos Quadros 2 e 3, respectivamente para Beja e Évora.

Ensaio de Campo

30 grama de matéria seca (MS) de palha de trigo, desfolhada, sem nós e cortada em pedaços de cerca de 2 cm, foram colocados dentro de sacos circulares (30 cm de diâmetro) de rede de nylon com 1 mm de malha e incubadas em cada solo. Em Outubro de 1993 a palha possuía um teor de N total de $3,8 \text{ g kg}^{-1}$ da MS e em Outubro de 1994, $6,0 \text{ g kg}^{-1}$ de N total da MS.

Foram instalados cilindros em PVC, com 32 cm de diâmetro, 30 cm de altura e parede de 0,5 cm, tendo sido inseridos no solo (por pressão) até 25 cm de profundidade.

Foram instalados 48 cilindros em cada local; para quatro épocas de colheita de palha incubada (1, 4, 8 e 12 meses), três tratamentos (sem N, com adição de $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ e com $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$) e quatro repetições. O ^{15}N adicionado equivaliu a 10 kg N ha^{-1} e o peso de palha correspondia a 3.700 kg ha^{-1} .

O solo do interior dos cilindros foi escavado a uma profundidade de 12 cm (cerca de 16 kg de peso fresco), crivado num crivo de 6 mm de malha, espalhado num plástico e borrifado com 50 cm^3 de solução contendo $0,0804 \text{ g}$ de N tanto na forma $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ como na forma de $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$, a 99,8% de ^{15}N .

Foram instalados 48 cilindros em cada local; para quatro épocas de colheita de

QUADRO 1 - Dados físicos e químicos de ambos os solos (Falta as unidades)

	El.Gross.	Argila	Limo	Areia Fina	Areia grossa	C orgânico	N total	pH (CaCl ₂)	T
	-----%-----					g kg^{-1}	g kg^{-1}		$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
Bvc	0.0	60.7	23.7	10.3	5.3	0.55	0.039	7.0	25.8
Pmg	3.0	5.1	11.3	37.1	46.5	0.60	0.038	6.2	10.8

QUADRO 2 - Dados climáticos da estação Beja (ano normal e anos 93-94 e 94-95)

	Temperatura média			Precipitação Mensal			Evapotranspiração Mensal		
	normal	93/94	94/95	normal	93/94	94/95	normal	93/94	94/95
Outubro	17,7	15,4	18,6	55	111	35	72	67	60
Novembro	13,2	12,5	15,1	77	118	42	34	29	34
Dezembro	9,7	10,2	11,9	80	9	35	18	18	21
Janeiro	9,3	9,2	10,5	73	68	31	20	29	28
Fevereiro	10,4	10,5	11,5	72	89	49	35	36	41
Março	12,4	14,5	13,6	89	13	30	66	84	91
Abril	14,6	13,9	16,6	48	27	31	92	123	133
Mai	17,5	17,3	19,9	35	67	15	135	150	171
Junho	21,3	22,8	21,7	20	2	7	167	208	183
Julho	23,9	24,0	25,3	0	0	1	204	212	223
Agosto	23,9	23,9	25,7	1	6	0	188	195	211
Setembro	22,0	21,0	20,6	22	9	16	122	148	154
Ano	16,3	16,3	17,6	572	519	292	1153	1299	1350

palha incubada (1, 4, 8 e 12 meses), três tratamentos (sem N, com adição de $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ e com $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$) e quatro repetições. O ^{15}N adicionado equivaliu a 10 kg N ha^{-1} e o peso de palha correspondia a 3.700 kg ha^{-1} .

O solo do interior dos cilindros foi escavado a uma profundidade de 12 cm (cerca de 16 kg de peso fresco), crivado num crivo de 6mm de malha, espalhado num plástico e borrifado com 50 cm^3 de solução contendo

$0,0804 \text{ g}$ de N tanto na forma $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ como na forma de $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$, a 99,8% de ^{15}N .

Um círculo de rede de nylon de malha de 1 mm, foi colocado sobre o solo não perturbado no fundo do cilindro e sobre ele depositado metade do solo tratado, colocou-se o saco de nylon com a palha e de seguida o restante solo, deixando-se assim o saco entre duas camadas de solo tratado.

QUADRO 3 - Dados climáticos da estação Évora (ano normal e anos 93-94 e 94-95)

	Temperatura média			Precipitação Mensal			Evapotranspiração Mensal		
	normal	93/94	94/95	nor-	93/94	94/95	normal	93/94	94/95
Outubro	17,3	13,9	17,5	68	157	56	74	52	55
Novembro	12,7	11,9	14,3	78	95	64	34	27	29
Dezembro	10,2	9,7	11,1	82	8	38	20	15	20
Janeiro	9,2	8,6	10,0	87	79	43	23	28	27
Fevereiro	10,2	9,8	10,8	122	96	49	37	34	38
Março	11,8	14,5	13,6	55	5	17	71	83	95
Abril	13,4	13,2	16,7	53	27	21	103	121	130
Mai	16,3	15,9	19,0	36	96	18	146	131	162
Junho	20,1	21,5	21,5	25	0	1	172	198	167
Julho	23,0	22,3	24,6	5	0	16	206	195	211
Agosto	23,2	22,6	25,1	2	0	0	193	178	195
Setembro	21,6	20,0	20,1	25	0	43	127	139	131
Ano	15,7	15,3	17,0	638	563	366	1206	1201	1260

Casualizaram-se os três tratamentos de N e os quatro períodos de amostragem dentro de cada repetição.

Durante o período de incubação da palha, o solo de cada cilindro foi mantido livre de infestantes, manualmente, ficando estas na superfície do solo.

Em cada colheita de cada local (12 cilindros = 3 tratamentos * 4 repetições) foram retirados os sacos de palha e os vestígios de solo, e pesada a palha fresca. Amostrou-se a palha, metade foi liofilizada e a outra metade seca em estufa a 60 °C. Na palha seca em estufa foi determinado o teor de humidade e o peso das cinzas. Retirou-se uma amostra de solo de cada camada do cilindro (acima e abaixo do saco de palha) compondo uma amostra por cilindro (cerca de 500 g).

Análises Laboratoriais e Estatísticas.

Determinaram-se os teores totais de C e de N da palha não tratada, da seca ao ar e do solo, utilizando um analisador de CHN (Carlo Elba CHN, Itália). A palha liofilizada foi moída e determinou-se a concentração total em N e a abundância em ^{15}N através de espectrometria de massa (Finnegan Mat, Reino Unido).

Compararam-se os solos, para cada um dos anos do ensaio e diferentes períodos de incubação através dos parâmetros: proporção de palha remanescente, concentração total em N e o ^{15}N imobilizado na palha. Utilizou-se o programa Genstat 5 (1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal diferença entre os solos ocorreu em termos de humidade do solo para cada ano e período de incubação tal como se pode observar no Quadro 4.

Durante 1993-94 o solo Pmg encontrou-se mais seco do que o solo Bvc, com excep-

ção do final do 4º mês de incubação. Em 1994-95 o padrão dos primeiros 4 meses foi similar, mas nos dois últimos períodos, ambos os solos apresentaram-se muito secos.

QUADRO 4 - Teores médios de humidade do solo ($\text{g H}_2\text{O kg}^{-1}$ de solo seco) em cada período de incubação para ambos os anos do ensaio

Ano e Período	Bvc em Beja	Pmg em Évora
1993-1994		
1 mês	183.7	121.6
4 meses	220.1	249.7
8 meses	84.4	7.9
12 meses	216.2	58.4
1994-1995		
1 mês	102.6	63.2
4 meses	147.6	256.7
8 meses	8.4	8.7
12 meses	4.2	1.8

Estas diferenças são consequência do clima de cada local, já que em termos de variação de precipitação em cada um dos anos do ensaio no total anual, para a média de 30 anos de cada local, as diferenças foram praticamente idênticas (-53 mm R em Beja e -105 mm em Évora para 1993/94 e -280 mm e -272 mm para 1994-95). Em termos de temperaturas as variações da média de cada ano e locais para a média de 30 anos, foram também similares. A grande diferença entre locais ocorreu em termos de evapotranspiração total anual, já que a diferença entre locais em cada um dos anos para a média de 30 anos, foi acentuada.

Perda de peso da palha incubada

Entre os solos, para ambos os anos e nos diversos períodos de incubação não houve qualquer efeito significativo da adição de N na perda de peso da palha incubada. Contudo ocorreram diferenças entre solos, em ambos

QUADRO 5 – Percentagem de peso de palha remanescente em ambos os solos nos diversos períodos de incubação para ambos os anos

		1º mês	4º mês	8º mês	12º mês
1993-94	Bvc	86.81	76.72	72.19	58.01
	Pmg	86.03	83.61	46.23	44.22
	Nível significância	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>< 0,001</i>	<i>< 0,01</i>
1994-95	Bvc	86.75	91.22	53.21	49.46
	Pmg	82.17	80.33	35.88	36.03
	Nível significância	<i>n.s.</i>	<i>< 0,05</i>	<i>< 0,001</i>	<i>< 0,001</i>
Média	Bvc	86.78	83.97	62.70	53.73
	Pmg	84.10	81.97	41.05	40.13

os anos, na percentagem de resíduo remanescente da palha incubada, nos diversos períodos de amostragem.

Em 1993-94, no fim do 1º mês de incubação não ocorreram diferenças significativas, tendo no 4º mês ocorrido diferenças significativas ($P<0,05$) e nos 8º e 12º meses de incubação as diferenças sido muito significativas ($P<0,01$), Quadro 5.

Ao fim do 1º mês, em ambos os solos a decomposição da palha levou á perda de cerca de 14% do peso de palha inicialmente incubado (86,8% de palha remanescente para o Bvc e 80% para o Pmg). Ao 4º mês de incubação a palha no Pmg apresentava uma maior percentagem de resíduo, 83,6% para 76,7% no Bvc, apesar destes valores não variarem muito relativamente ao 1º mês. Ao 8º mês verificou-se o oposto com uma perda acentuada no Pmg, 46,2% em oposição aos 72,2% do Bvc, mantendo-se esta ordem após os 12 meses de incubação, 58% para o Bvc e 44,2% para o Pmg, observando-se no último intervalo a maior quebra no peso da palha no Bvc.

Em 1994-95, ao fim do 1º período de incubação não ocorreram diferenças significativas entre solos, na percentagem de palha remanescente. No 4º mês de incubação as diferenças foram significativas ($P<0,05$) e

nos 8º e 12º meses de ensaio as diferenças foram muito significativas ($P<0,01$).

No 1º mês de 1994-95, os valores da percentagem de palha remanescente, foram similares aos encontrados no mesmo período do ano transacto (86,8% para o Bvc e 82,2% para o Pmg). No 4º mês os valores dos resíduos de palha praticamente não variaram relativamente ao 1º mês (91,2% para o Bvc e 80,3% para o Pmg). Ao 8º e ao 12º meses a palha no Pmg (Évora) decompôs-se em maior grau que no Bvc (Beja), 53% de palha no Bvc e 35,9% no Pmg e 49% no Bvc e 36% no Pmg respectivamente).

A decomposição da palha voltou a ter uma taxa acentuada entre Fevereiro e Junho; no Bvc a palha perdeu cerca de 5% do peso por mês, e no Pmg cerca de 10%. As condições edafo-climáticas ocorridas neste período terão sido também mais favoráveis à decomposição ao invés das ocorridas no período de Novembro a Fevereiro. Posteriormente de Junho a Outubro, enquanto no Bvc ainda ocorreu alguma decomposição da restante palha, aquela parou no solo Pmg.

Os resultados indicam que para o mesmo substrato as condições do solo não influenciaram o período inicial de decomposição da palha. Tendo a palha a mesma percentagem de N, e a taxa de perda de peso da

palha sido similar entre locais, leva-nos a pensar que a decomposição será consequência da composição do resíduo sendo pouco afectada pelo ambiente.

A perda de peso da palha, sendo diferente após o 1º mês de incubação, indica que após o período inicial são outros os factores que não o teor inicial em N que afectam a perda de peso. Christensen (1986) demonstrou que o teor inicial de N-total influencia a perda de peso no período inicial, mas que possui um pequeno efeito subsequentemente, facto comprovado pelos nossos resultados. Assim nos períodos seguintes de decomposição, esta será influenciada mais significativamente pelas condições de solo e de clima (Heal *et al.*, 1997).

Concentração em N na palha

Em 1993-94 a palha inicialmente incubada tinha uma concentração de 0,38% N da MS ($3,8 \text{ g kg}^{-1}$ de N). Pelo Quadro 6 observa-se que a concentração em N na palha foi subindo gradualmente ao longo do tempo e em ambos os solos, mas a uma taxa mais acentuada no Pmg, contudo apenas nos 8º e 12º meses as diferenças foram significativas. No final dos 12 meses de incubação a palha no Pmg tinha uma concentração em N superior ao Bvc,

respectivamente 8,26 e 6,01 mg g^{-1} de N na MS da palha.

Em 1994-95 a palha apresentava uma concentração inicial de 6,0 g kg^{-1} N da MS. Para todos os períodos de incubação não ocorreram diferenças significativas entre solos. Contrariamente ao ano anterior a concentração em N no primeiro mês de incubação diminui relativamente ao valor inicial, Quadro 6. A variação da concentração em N ao longo do ano não foi tão regular como no ano anterior, já que no Bvc ocorreu um abaixamento desse valor no último período e no Pmg ocorreu uma estagnação entre os 2º e 3º períodos de incubação.

Quando se utiliza o valor de N no resíduo da palha para calcular a imobilização ou mineralização líquida do N, ou seja quando os montantes de N excedem os da palha original, observa-se que os períodos no qual isto ocorre variam entre solos (Quadro 7).

Em 1993-94 as diferenças entre solos foram não significativas, exceptuando o 3º período. No Bvc, apenas no 3º período ocorreu imobilização de N nos resíduos, aumento da percentagem de N relativamente ao material inicial, observando-se de seguida uma mineralização. No Pmg ocorreu imobilização de N no material até ao final de Fevereiro, observando-se posteriormente uma intensa mineralização.

QUADRO 6 - Concentração em N na palha (g kg^{-1}) em ambos os solos, nos dois anos do ensaio e para os diversos períodos de incubação

		Inicial	1º mês	4º mês	8º mês	12º mês
1993-94	Bvc	3.80	4.32	4.88	5.73	6.01
	Pmg	3.80	4.56	5.47	6.46	8.26
	Nível significância		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	$< 0,01$	$< 0,05$
1994-95	Bvc	6.00	5.45	7.39	9.59	9.07
	Pmg	6.00	5.57	6.62	6.54	7.11
	Nível significância		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Média	Bvc		4.88	6.13	7.66	7.54
	Pmg		5.07	6.05	6.50	7.68

QUADRO 7 – Variação no teor em N (% N) relativamente à concentração em N do material inicial

		1º mês	4º mês	8º mês	12º mês
1993-94	Bvc	98.75	98.65	109.10	91.19
	Pmg	102.95	117.58	76.28	95.64
	Nível significância	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	< 0,01	<i>n.s.</i>
1994-95	Bvc	79.84	164.89	132.56	117.12
	Pmg	76.31	140.71	60.71	67.49
	Nível significância	<i>n.s.</i>	< 0,05	< 0,001	< 0,001
Média	Bvc	89.30	131.77	120.83	104.15
	Pmg	89.63	129.145	68.49	81.56

Em 1994-95, ocorreram diferenças altamente significativas entre solos na 2ª metade do ano. No Bvc observou-se uma intensa mineralização no 1º período, posteriormente uma forte imobilização nos 2º e 3º períodos e seguida de mineralização entre Junho e Outubro. No Pmg ocorreu mineralização no 1º período e posteriormente nos 3º e 4º períodos, após uma intensa imobilização no 2º período.

A perda de N das palhas durante a decomposição parece não estar relacionada com a perda de peso da matéria seca. Esta perda de N ocorreu principalmente durante os meses de Inverno, quando não poderá ser utilizado pelas culturas, representando uma perda líquida de N da zona das raízes.

Enquanto a temperatura e a humidade influenciam fortemente a perda de peso da palha através da perda de CO₂ da actividade microbiana (Stott *et al.*, 1986), períodos de chuva e de lixiviação aceleram as perdas de peso em situações de campo (Reinertsen *et al.*, 1984).

A irregularidade e a baixa taxa de perda de peso na decomposição da palha, para condições de seca, foi relatada por (Andrén *et al.*, 1993), tal como para as condições encontradas neste ensaio entre Junho e Outubro.

A adição de N não apresentou qualquer efeito nas taxas de perda de peso das palhas, mesmo tendo em consideração os baixos

teores de MOS e de N nos solos. Este facto sugere que o processo mais activo na fases inicial e final da perda de peso não esteve limitado pelo N e que é possível que o N perdido por mineralização no solo seja incorporado de novo mais tarde (Christensen, 1986). Este facto pode significar que em solos de baixo teor em N natural, ocorra um reciclamento muito eficiente do N e que a taxa de incorporação seja similar à taxa de perda.

Os resultados demonstram uma incorporação de N inorgânico e perda de N indígena, muito provavelmente N orgânico da palha incubada. A entrada de N na palha em Outubro indicia uma taxa de incorporação ligeiramente similar, entre solos, apenas diferenciada pelos factores intrínsecos de cada solo. A incorporação de N parece ser independente da temperatura e das condições de humidade do solo, diferindo nas duas formas de N inorgânico adicionado.

Incorporação de ¹⁵N

A incorporação de ¹⁵N no resíduo foi calculada como o peso de ¹⁵N na palha tratada com ¹⁵NH₄⁺ ou com ¹⁵NO₃⁻, menos o peso de ¹⁵N da abundância natural da palha sem incorporação de N (testemunha).

De acordo com o Quadro 8, relativo à incorporação de N nas diferentes formas

QUADRO 8 – Incorporação de ^{15}N (g de N kg^{-1}) nas formas $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ e $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ na palha, ao longo do período de incubação, em ambos os solos nos dois anos de ensaio

		Tratamento	1º mês	4º mês	8º mês	12º mês
1993-94	Bvc	$^{15}\text{NH}_4$	2.241	1.573	2.801	3.872
		$^{15}\text{NO}_3$	2.974	5.278	3.509	4.080
		$^{15}\text{NH}_4^+ + ^{15}\text{NO}_3^-$	5.22	6.85	6.31	7.95
	Pmg	$^{15}\text{NH}_4$	4.367	2.433	3.996	2.138
		$^{15}\text{NO}_3$	7.203	7.161	4.396	5.645
		$^{15}\text{NH}_4^+ + ^{15}\text{NO}_3^-$	11.57	9.59	8.39	7.78
1994-95	Bvc	$^{15}\text{NH}_4$	4.682	8.292	5.139	4.521
		$^{15}\text{NO}_3$	9.115	6.053	4.946	5.869
		$^{15}\text{NH}_4^+ + ^{15}\text{NO}_3^-$	13.80	14.34	10.09	10.39
	Pmg	$^{15}\text{NH}_4$	7.372	8.826	3.302	4.265
		$^{15}\text{NO}_3$	5.378	7.005	2.252	3.274
		$^{15}\text{NH}_4^+ + ^{15}\text{NO}_3^-$	12.75	15.83	5.55	7.54
Nível significância	Tratamento	1993-94	< 0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,001
		1994-95	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	Solo	1993-94	< 0,001	n.s.	n.s.	n.s.
		1994-95	n.s.	n.s.	< 0,05	< 0,01
	Tratamento	1993-94	< 0,01	n.s.	n.s.	n.s.
		* Solo	1994-95	n.s.	< 0,01	< 0,001

de ^{15}N e indicativo dos níveis de significância das diferenças entre solos, podemos observar que apenas nalguns períodos ocorreram diferenças significativas.

Em 1993-94 ocorreu uma incorporação rápida de ^{15}N na palha ao fim do 1º mês, com valor superior no Pmg, independentemente da forma de ^{15}N adicionada, com um valor combinado de 11,57 mg de N no resíduo no Pmg e de 5,22 mg no Bvc. Contudo no Pmg ao longo do ano o valor da incorporação de N foi decrescendo até atingir o valor de 7,78 mg ao invés do Bvc em que houve um aumento gradual até aos 7,95 mg.

Em 1994-95 a incorporação ao fim do 1º mês foi superior à do ano anterior em ambos

os solos e com valores similares entre solos, 13,80 mg para o Bvc e 12,75 para o Pmg. A variação ao longo do ano foi no sentido de uma tendência para decrescer, com um taxa mais acentuada no Pmg, tendo no final dos 12 meses os valores de 10,39 mg no Bvc e 7,54 mg no Pmg.

De acordo com o Quadro 8, podemos observar que a diferença do efeito da adição do ^{15}N nas diferentes formas incorporadas nos resíduos foi na quase totalidade das situações altamente significativa, para todos os períodos de incubação, em ambos os solos e nos dois anos do ensaio. Em 1993-94, Figura 1, e independentemente dos solos a incorporação do ^{15}N ao

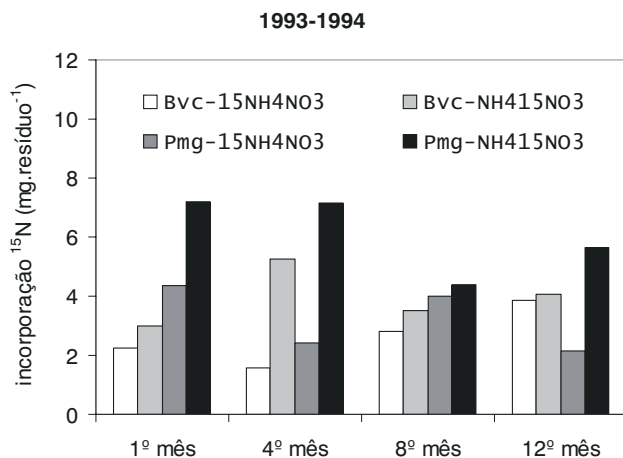


Figura 1 – Incorporação de N nas diferentes formas $^{15}\text{NH}_4^+$ ou $^{15}\text{NO}_3^-$ nos resíduos da palha, ao longo do período de incubação, para ambos os solos em 1993-94

longo do ano foi sempre superior na forma de $^{15}\text{NO}_3^-$, com valores ligeiramente superiores no Bvc e muito superiores no Pmg. Em 1994-95, Figura 2, a variação da incorporação ao longo do ano foi heterogênea em termos de domínio da forma de N adicionada e da diferença entre montan-

tes de ambas as formas.

Jansson (1958) demonstrou que os microorganismos heterotróficos responsáveis pela decomposição da palha em condições de solo, preferem o NO_3^- ao NH_4^+ , contudo sem a presença de solo preferem o NH_4^+ . Esta diferença é explicada pelas

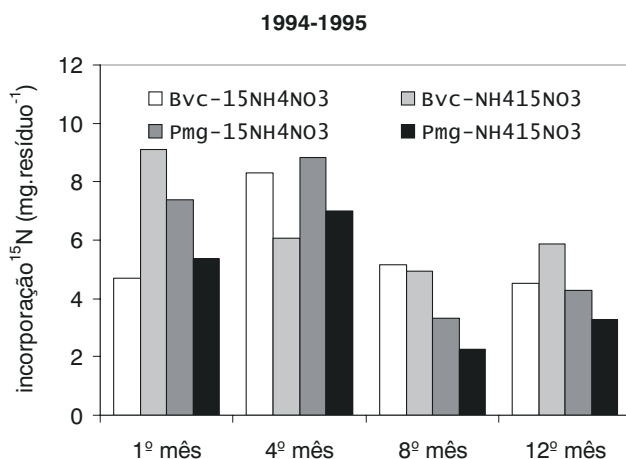


Figura 2 – Incorporação de N nas diferentes formas $^{15}\text{NH}_4^+$ ou $^{15}\text{NO}_3^-$ nos resíduos da palha, ao longo do período de incubação, para ambos os solos em 1994-95

reações de competição pelo NH_4^+ de troca, nomeadamente pela fixação do NH_4^+ nos minerais de argila de camadas 2:1, tais como a ilite, montmorilonite e vermiculite (Nômimik, 1981). O que no caso do solo Bvc (com cerca de 61% de argila, predominantemente montmorilonite), este facto poderá indicar uma elevada capacidade de fixação do NH_4^+ , e assim uma forte competição para o $^{15}\text{NH}_4^+$ adicionado.

A proporção de ^{15}N incorporado na palha após 1 mês de incubação no Bvc argiloso tendeu a ser maior na forma de NO_3^- , mas variando muito entre anos. Em ambos os solos a recuperação de ^{15}N foi maior em 1994-95 que em 1993-94. Neste 1º mês de incubação (Outubro/Novembro) o montante de precipitação foi maior no primeiro ano em ambos os locais sugerindo que mais NO_3^- possa ter sido lixiviado em 1993 do que em 1994.

CONCLUSÕES

O presente estudo demonstra que tanto a incorporação como a perda de N da palha ocorreu durante o período de Outubro a Fevereiro. As maiores quantidades de N incorporado nos resíduos das palhas coincidem com o período de maiores necessidades de N pelas culturas.

A incorporação de ^{15}N esteve relacionada com as formas inorgânicas NH_4^+ e NO_3^- mas a forma de libertação do N pela palha é desconhecida, podendo contudo incluir formas orgânicas. A taxa de incorporação do ^{15}N atingiu maiores valores no período até Fevereiro nas condições de ambos os solos. Em contraste a imobilização líquida não ocorreu antes de Fevereiro mas em maior escala no Bvc. A libertação de N das palhas parece ter sido superior no Pmg.

Em conclusão a perda de peso da palha incubada foi influenciada em ambos os

solos pela humidade do solo, quando os solos se encontravam com excesso de humidade ou demasiado secos. O padrão de mudança no teor de N-total na palha diferiu entre solos e indicia uma libertação de N simultânea com uma imobilização de N na palha.

Em média a incorporação de ^{15}N no resíduo durante o 1º mês de incubação foi mais activa no solo Pmg.

A incorporação de $^{15}\text{NO}_3^-$ foi superior à de $^{15}\text{NH}_4^+$ especialmente no solo argiloso (Bvc) sendo consequência duma maior competição do NH_4^+ de troca na fixação pelos minerais de argila.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpendre, P.F. 2001. *Eficiência da Adubação Azotada na Redução dos Custos de Produção de um Cereal*. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora, Évora.
- Andrén, O., Rajkai, K. & Kätterer, T. 1993. Water and temperature dynamics in a clay soil under winter wheat: influence on straw decomposition and N immobilization. *Biol. Fert. Soils*, **15**:1-8.
- Bosata, E. & Agren, G.I.. 1995. Theoretical analyses of interactions between inorganic nitrogen and soil organic matter. *Eur. J. Soil Science.*, **46**:109-114.
- Cardoso, J.C.. 1965. *Os Solos de Portugal, sua Classificação, Caracterização e Géneze. I- A Sul do Rio Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura, Lisboa, Portugal.
- Christensen, B.T.. 1986. Barley straw decomposition under field conditions: effect of placement and initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. *Soil Biol. Biochem.*, **18**:523-529.
- Fog, K.. 1988. The effect of added nitrogen on decomposition of organic matter. *Biol. Rev.*, **63**:433-462.

- Heal, W.O., Anderson, J.M. & Swift, M.J. 1997. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. *Plant litter quality and Decomposition*. pp. 3-30. CAB International. Wallingford. Reino Unido.
- Jansson, S.L. 1958. Tracer studies on nitrogen transformations in soil with special attention to mineralization-immobilization relationships. *K. Lantbruk Ann.*, **24**: 101-361.
- Nõmmik, H. 1981. Fixation and biological availability of ammonium on soil clay minerals. Terrestrial nitrogen cycles. Processes, ecosystem strategies and management impacts. *Ecol. Bull.* (Stock). **33**:273-279.
- Reinertsen, S.S., Elliott, L.F., Cochran, V.L. & Campbell, G.S. 1984. Role of available carbon and nitrogen in determining the rate of wheat straw decomposition. *Soil Biol. Biochem.*, **16**:459-464.
- Stott, D.E., Elliot, L.F., Papendick R.I. & Campbell, G.S. 1986. Low temperature or low water potential. Effects on the microbial decomposition of wheat residue. *Soil Biol. Biochem.*, **18**:577-582.

Efeito da profundidade de colocação do tubo de rega gota-a-gota na uniformidade de rega e na eficiência do uso da água em tomate de indústria

Effect of drip line depth on irrigation uniformity and water use efficiency in processing tomato

R. M. A. Machado¹ & M.R.G. Oliveira¹

RESUMO

A influência da profundidade da colocação dos gotejadores na uniformidade de rega e na eficiência do uso da água foi avaliada, durante dois anos, num ensaio em “split-plot”, com quatro repetições, sendo o tratamento principal a profundidade de colocação do tubo de rega: à superfície do solo (P0), a 20 cm (PI) e a 40 cm (PII) e o secundário a cultivar: Brigade e H3044. Nos dois anos, o débito médio dos gotejadores foi semelhante nos diferentes tratamentos. Os coeficientes de uniformidade (CU) e de variação (CV) e a uniformidade de distribuição (UD), determinados após a colheita da cultura, não foram afectados pela profundidade de colocação do tubo, tendo variado respectivamente, entre 96,5 e 98,2%, 1,91 e 4,15% e 94,5 e 97,4%. A rega gota-a-gota subsuperficial, comparativamente com a superficial, contribuiu para o aumento da eficiência do uso da água (Produção comercial/ET_a) em 14%, fundamentalmente devido a uma diminuição da ET_a, na fase inicial da cultura.

ABSTRACT

The influence of drip line depth on irrigation uniformity and water use efficiency in processing tomato was evaluated in a two years field trial in split-plot with three drip irrigation depths: surface (P0), subsurface at 20 cm (PI) and 40 cm (PII) and two processing tomato cv, Brigade and H3044. The mean emitter flow rate, in both years, was similar for the different treatments of drip line depth. The coefficients of uniformity (CU) and variation (CV) and the uniformity of distribution (UD), determined after the crop harvest, were not affected by drip irrigation depths, having varied respectively, between 96.5 and 98.2%, 1.91 and 4.15% and 94.5 and 97.4%. Compared with surface irrigation subsurface drip irrigation contributes to an increase of water use efficiency by 14%, mainly in result of a decrease in ET_a during the first stages of crop growth.

INTRODUÇÃO

Nas zonas mediterrânicas a maximização da utilização da água e a preservação

¹ Dep. Fitotecnia e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora Apartado 94, 7002-554 Évora; e-mail: rmam@uevora.pt

da sua qualidade assume extrema importância, por ser um recurso escasso e cada vez mais caro. Para o efeito, é essencial a utilização de métodos de rega que distribuam a água uniformemente e com elevada eficiência do uso da água (Pereira *et al.*, 2002). A capacidade do sistema de rega para distribuir uniformemente a água e os adubos é fundamental para preservar a qualidade da água de rega e para evitar heterogeneidade no crescimento e desenvolvimento das plantas.

A redução da evaporação da superfície do solo é um dos meios para aumentar a eficiência do uso da água de rega e a eficiência do uso da água, definidas por Howell (1994) respectivamente como: a produção comercial por unidade de água aplicada incluindo a chuva e a produção de matéria seca ou produção comercial por unidade de água evapotranspirada. A rega gota-a-gota enterrada reduz as perdas de água por evaporação a partir da superfície do solo, maximizando assim as vantagens da gota-a-gota, especialmente em termos de conservação da água, visto a evaporação da superfície do solo ser negligenciável, não existirem perdas por escoamento superficial e as perdas por percolação serem controláveis (Phene *et al.*, 1992a).

Este trabalho teve como objectivo estudar a influência da profundidade de colocação do tubo de rega gota-a-gota na uniformidade de rega e na eficiência do uso da água em tomate de indústria.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho decorreu durante dois anos, na Estação Experimental António Teixeira, em Coruche, num Regossolo. As características do solo e os dados meteorológicos, respeitantes ao período de

ensaio, são apresentados no quadro 1 e 2 respectivamente.

QUADRO 1 - Características físicas e químicas do solo

	Profundidade (cm)		
	0-40	41-74	75-100
Areia (%)	92,70	95,20	96,00
Limo (%)	1,70	2,00	1,60
Argila (%)	5,70	2,80	2,40
Densidade aparente	1,51	1,60	1,64
Materia orgânica (%)	1,09	0,44	0,32
pH (H ₂ O)	5,70	6,20	6,20
N (µg g ⁻¹)	3,45	2,05	2,18
P (µg g ⁻¹)	36,96	73,04	43,12
K (µg g ⁻¹)	69,72	68,06	80,84
Ca ²⁺ (meq/100g)	0,30	0,12	0,11
Mg ²⁺ (meq/100g)	0,18	0,15	0,09

O ensaio foi delineado segundo o método dos talhões subdivididos ("split - plot"), com quatro repetições, sendo o tratamento principal a profundidade de colocação do tubo de rega: à superfície do solo (P0); a 20 cm (PI) e a 40 cm (PII) de profundidade. O tratamento secundário foi a cultivar: Brigade e H3044. No total, o ensaio teve 24 pequenos talhões, cada um com 7 linhas simples de cultura, de 10 m de comprimento e 1,5 m de largura, a que corresponde uma aérea de 105 m².

A rede de laterais foi instalada após uma lavoura profunda (40 a 50 cm), com charrua de aivecas, seguida de duas passagens com a grade de discos, à profundidade de 15 a 20 cm. A rede de laterais era constituída por gotejadores RAM (Netafim Inc., Israel) espaçados de 40 cm com um débito de 2,3 l/h. As plantas da cv. Brigade e H3044 foram plantadas com cerca de 40 dias, com uma densidade de 33333 plantas/ha (1,5 x 0,2 m). Para que as condições de vencimento da crise de transplantação fossem iguais a seguir à transplantação aplicou-se uma rega por aspersão. A rega gota-a-gota

iniciou-se 9 a 10 dias depois da transplantação e a partir daí foi diária.

QUADRO 2 - Precipitação mensal e temperatura do ar durante o ensaio

Mês	Precip. (mm)	Temp. (° C)	
		Máx.	Min.
1º ano			
Maio	81,0	22,7	11,7
Junho	36,4	24,4	13,3
Julho	18,9	29,7	15,7
Agosto	0	25,7	14,9
2ºano			
Maio	95,6	23,5	11,4
Junho	25,6	27,2	13,3
Julho	0	31,4	15,0
Agosto	0	33,0	15,6

O volume de água aplicado diariamente foi igual a ET_c do dia anterior menos a precipitação desse dia. Quando a precipitação foi superior à ET_c não se regou e o volume em excesso foi subtraído na ET_c do (s) dia (s) seguinte (s). A ET_c foi calculada multiplicando o coeficiente cultural (K_c) pela evapotranspiração de referência (ET_0) determinada através da equação de Pennam-Monthieth.

Os valores utilizados para o coeficiente cultural corresponderam ao valor médio dos K_c estabelecidos pela FAO (Doorembos & Kassam, 1986) para os diferentes estádios culturais: 0,75 desde a plantação ao primeiro fruto vingado, 1,15 desde o primeiro fruto vingado até ao completo desenvolvimento da primeira inflorescência e 0,88 desde o período anterior até 75% de frutos vermelhos + alaranjados. O total de água aplicada à cultura foi 476 mm no primeiro ano e 523,4 mm no segundo. Para uma melhor caracterização do manejo de rega e das condições hídricas do solo ao longo do ciclo da cultura indicam-se na figura 1 os valores diários

de ET_c , de precipitação, de rega e valores acumulados da ET_c diária.

Os adubos foram aplicados (Quadro 3) antes da plantação, numa faixa localizada a 15 cm de profundidade, sob a linha de cultura e através de fertirrega, começando esta na terceira semana após a transplantação. Três vezes por semana, em dias alternados, aplicou-se $Ca(NO_3)_2$, KNO_3 e H_3PO_4 , na água de rega, de acordo as taxas de absorção obtidas por Phene *et al.* (1987). A concentração da solução-mãe e a taxa de injeção foram calculadas de modo a que condutividade da água de rega (Ec_w) fosse inferior ou igual a $2,5 \text{ m S cm}^{-1}$.

QUADRO 3 - Fertilização (kg ha^{-1})

	1º ano	2º ano
	Adubação Localizada	
N	30,0	33,3
P	22,0	20,4
K	172,6	141,9
Ca	95,9	95,8
Mg	6,2	6,2
S	38,4	33,12
Fertirrega		
	N	102,0
	P	31,7
	K	216,1
	Ca	35,1

Ao longo do ensaio controlaram-se as condições hídricas do solo, na camada superficial (0 a 5 cm), sob a linha de cultura, através de uma sonda "TDR" ("time-domain-reflectometry"). As medições efectuaram-se em todas as parcelas elementares, uma vez por semana, com início às 7 da manhã. Em cada parcela realizaram-se três medições casualizadas.

Para medir o volume de água perdido por percolação, nos dois anos de ensaio, construíram-se pequenos lisímetros volumétricos (Machado, 2002), localizados na linha de

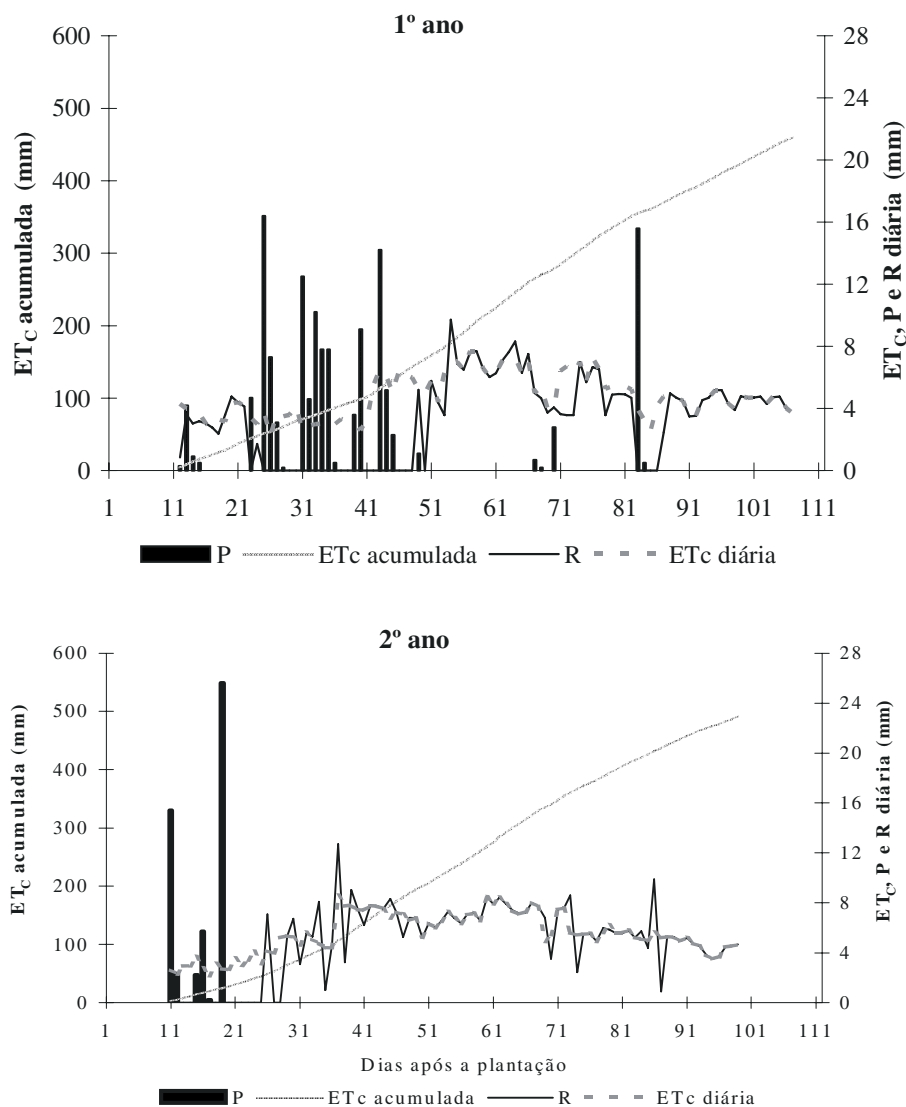


Figura 1 – Valores diários de ET_c, de precipitação (P), de rega (R) e valores acumulados da ET_c diária, ao longo do ciclo da cultura, desde o início da rega gota-a-gota

bordadura de três parcelas elementares, para os três tratamentos de profundidade de colocação do tubo estudados e apenas para a cultivar H3044.

O tratamento dos dados foi feito através da análise de variância (ANOVA) e de testes de separação de médias. O programa estatístico utilizado foi o MSTAT-C.

Para verificar se a profundidade de colocação do tubo de rega gota-a-gota influenciava a uniformidade de rega determinaram-se, após a colheita, vários parâmetros de uniformidade: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CU), coeficiente de variação (CV), variação do débito dos gotejadores "emitter flow rate variation" (q_{var}) (Camp *et al.*, 1997) e uniformidade de distribuição (UD) (Kruse, 1978). Estes parâmetros podem ser utilizados para analisar a gota-a-gota superficial e subsuperficial (Phene *et al.*, 1992b, Yue *et al.*, 1993, Camp *et al.*, 1997 e Camp, 1998). O método da amostragem utilizado foi o dos dezoito gotejadores (Bralts & Kesner, 1983; ASAE, 1989), embora no total se tenham usado vinte gotejadores, mais dois do que o método preconiza. Em cada tratamento principal, das quatro repetições seleccionaram-se casualmente 5 gotejadores. No caso da rega subsuperficial usou-se a metodologia descrita por Phene *et al.* (1992b), que consiste em seleccionar casualmente uma dada superfície do solo, junto à linha de cultura e escavar até encontrar um gotejador, retirando-se toda a terra à sua volta e por baixo. O débito de cada gotejador foi medido, três vezes, durante cinco minutos, à pressão de trabalho. Para o cálculo dos parâmetros de uniformidade utilizaram-se as seguintes fórmulas:

$$CU = 100 \left[1 - \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{\bar{q}} \right], \quad (1)$$

$$CV = \frac{s}{\bar{q}}, \quad (2)$$

$$q_{\text{var}} = \frac{q_{\text{máx}} - q_{\text{mín}}}{q_{\text{máx}}}, \quad (3)$$

$$UD = 100 \frac{q_{tp}}{\bar{q}}, \quad (4)$$

$q_{\text{máx}}$ - Débito máximo dos gotejadores,

$q_{\text{mín}}$ - Débito mínimo dos gotejadores,

s - Desvio padrão do débito dos gotejadores,

$\bar{q}$ - Média do débito dos gotejadores,

n - Número de gotejadores,

q_{tp} - Média dos quatro débitos mais baixos medidos.

RESULTADOS

Uniformidade de rega

Pela análise do quadro 4 verifica-se que o débito médio dos gotejadores, em ambos os anos, foi semelhante nos diferentes tratamentos e idêntico ao débito indicado pelo fabricante (2,3 l/h).

No primeiro ano, o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CU), o coeficiente de variação (CV) e a uniformidade de distribuição (UD) em P0, PI e PII apresentaram valores próximos e apenas a variação do débito dos gotejadores (q_{var}) foi maior em PI do que nos outros tratamentos (Quadro 4). Como não se observou intrusão de raízes é provável que algum gotejador tivesse sido afectado durante o processo de enterramento. O CV apresentou valores baixos, entre 1,9 e 2,65. Os valores do CU foram superiores a 98% e os da UE estiveram compreendidos entre 97 e 97,4%.

No segundo ano, os valores do CU, do CV e da UD, nas diferentes modalidades de colocação dos gotejadores, também apresentaram valores idênticos. Comparativamente com o ano anterior, observaram-se valores mais elevados de q_{var} e de CV. Os

valores de CU e UD foram ligeiramente mais baixos (Quadro 4).

QUADRO 4 - Débito médio dos gotejadores amostrados, q_{var} , CV, CU e UD

	Tratamentos		
	P0	PI	PII
1ºano			
q (l/h)	2,34	2,35	2,34
q_{var} (%)	5,00	9,52	5,00
CV (%)	1,91	2,65	2,11
CU (%)	98,46	98,41	98,22
UD (%)	97,40	97,00	97,40
2ºano			
q (l/h)	2,30	2,36	2,32
q_{var} (%)	10,00	16,00	10,00
CV (%)	3,08	4,05	4,15
CU (%)	97,35	97,20	96,50
UD (%)	95,60	94,10	94,50

Tendo em consideração que em cada ano de ensaio os valores dos parâmetros de uniformidade foram quase idênticos, pode-se concluir que a profundidade de colocação do tubo de rega não afectou a distribuição de água e de nutrientes à cultura.

Condições hídricas do solo

Nos dois anos de ensaio, a interacção profundidade de colocação do tubo de rega x cultivar e a cultivar, não afectaram significativamente a humidade à superfície do solo (0-5 cm). Esta, com excepção dos períodos em que ocorreu precipitação, foi sempre menor nos tratamentos de rega enterrada (Figura 2b), como seria de esperar.

No primeiro ano de ensaio, a humidade em P0, PI e PII, nas datas de amostragem próximas da ocorrência de precipitação (Figura 1), entre os 27 e os 51 DAP (Dias após a plantação) e aos 87 DAP, foi semelhante nos diferentes tratamentos (Figura 2a). No período restante, a humidade do solo foi menor nos tratamentos de rega sub-

superficial, tendo PII apresentado sempre valores mais baixos do que PI.

No segundo ano, as diferenças foram mais nítidas, tendo o teor de água na camada de 0 a 5 cm sido significativamente maior em P0 do que em PI e PII, com excepção das amostragens realizadas a 20 e a 84 DAP (Figura 2b). Nestas datas, a precipitação ocorrida após a plantação, entre os dias 11 e 20 e a rega abaixo da ET_c, por volta dos 84 DAP (Figura 1), contribuíram para alterar a tendência registada ao longo do período experimental. Entre PI e PII não existiram diferenças significativas e, a partir da quarta data de amostragem, o teor de água à superfície foi próximo ou igual a zero (Figura 2b).

As perdas de água por percolação, nas modalidades de rega com a técnica cultural utilizada, ocorreram apenas na fase inicial da cultura. No primeiro ano, os níveis de água perdida por percolação, nas modalidades de colocação dos gotejadores, com a cultivar H3044 foram muito próximos (Figura 3 e Quadro 4), tendo ocorrido no período em que a precipitação foi elevada, entre os 25 e 45 DAP e, como tal, não se regou. A partir dos 46 DAP não existiram perdas de água por percolação. Quanto às perdas de água por escoamento superficial, podem-se considerar nulas. Para além do solo ser arenoso e não apresentar declive, a rega foi diária e, como tal, os volumes de água aplicados foram pequenos. Assim, pode-se deduzir que nas diferentes modalidades de colocação dos gotejadores com a cultivar H3044 a ET_a terá sido idêntica. Phene *et al.* (1989, 1992a) com tomate e Howell *et al.* (1997) com milho, em ensaios onde compararam rega gota-a-gota superficial com subsuperficial também observaram o mesmo comportamento.

A água perdida por percolação no segundo ano foi superior à registada no ano anterior e diferente nos vários tratamentos, tendo

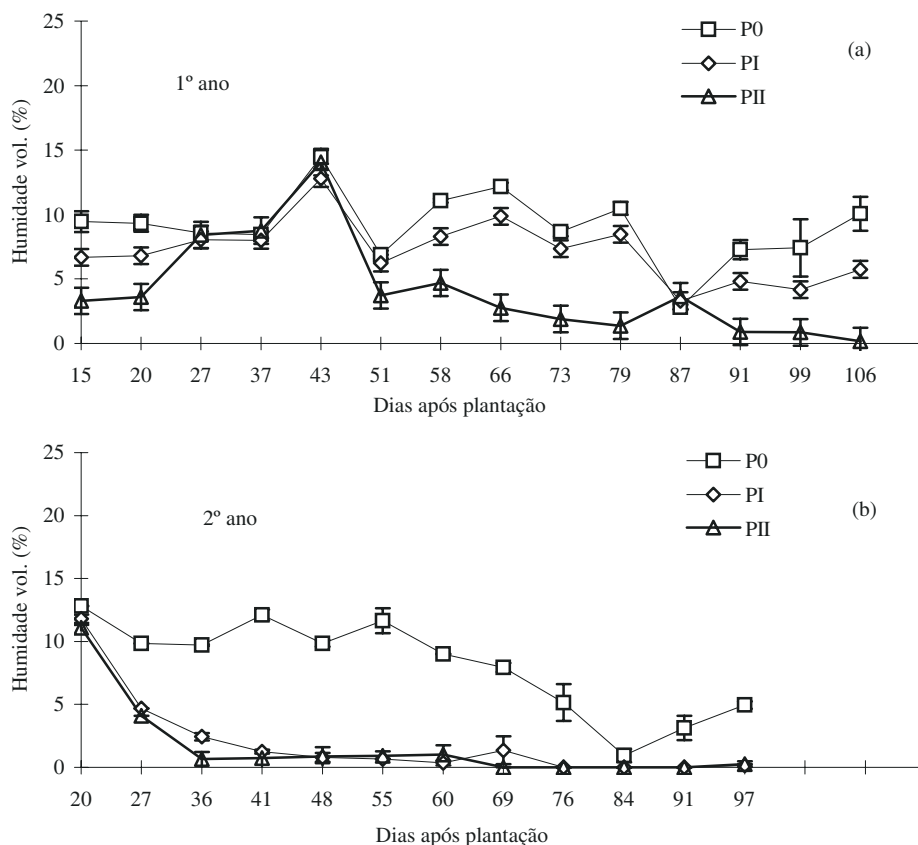


Figura 2– Evolução da humidade volúmica do solo (%), na linha de cultura (0 - 5 cm de profundidade). Os traços verticais representam o erro padrão da média

sido mais elevada nos de rega enterrada, nomeadamente em PI (40,7 mm) (Quadro 5 e Figura 3), que assim tiveram uma menor ET_a . A maior evaporação em P0 no início da cultura, em que a cobertura foliar é menor, terá contribuído para a menor percolação observada neste tratamento. No ano anterior, no mesmo período, não se regou devido à precipitação, levando a que a ET_a tivesse sido semelhante. É importante realçar que a ET_a depende de vários factores nomeadamente da área molhada pela rega ou precipitação, do grau de cobertura do

canopeu ao longo do ciclo da cultura e da influência da chuva e/ou da rega no crescimento e na actividade radical (Camp, 1998).

No segundo ano de ensaio do presente estudo, apesar das perdas por percolação, no início da cultura, terem sido superiores nas modalidades de rega subsuperficial, nestas a produção não foi afectada, tendo mesmo sido ligeiramente superior, o que se explica pelo facto de, neste período do ciclo, a quantidade de água aplicada ter pouca influência na produção (Doorembos & Kassam, 1986).

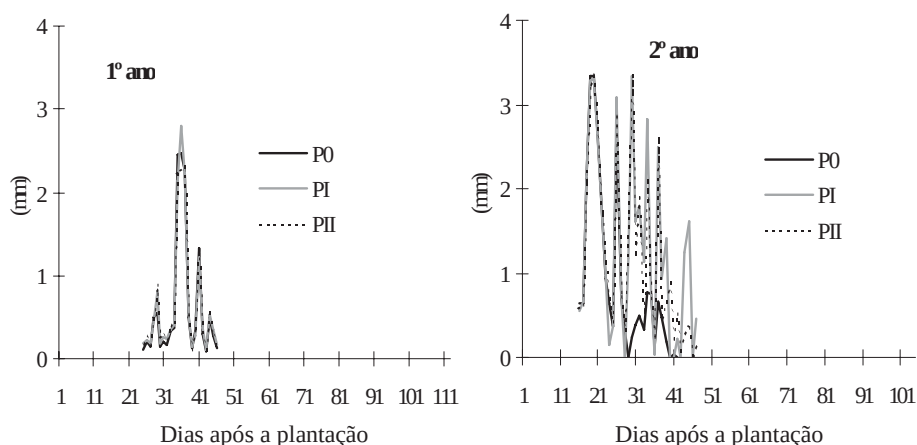


Figura 3 – Valores diários de água perdida por percolação nas diferentes modalidades de colocação dos gotejadores (cultivar H3044)

Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água, definida como a produção comercial por unidade de água evapotranspirada (Quadro 5), foi maior nas modalidades de rega enterrada, mas devido a causas distintas. No primeiro ano, devido a um aumento da produção tendo as modalidades de rega enterrada registado valores de eficiência do uso da água da ordem dos $230 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, significativamente superiores ao obtido com a rega superficial, da ordem dos $189 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, ou seja, por mm de água utilizada na cultivar H3044 produziram-se em média mais 41 kg ha^{-1} de frutos vermelhos + alaranjados. No segundo ano, devido a uma diminuição da ET_a , a produção comercial por unidade de água evapotranspirada, nos tratamentos de rega enterrada, atingiu os 265 e $257 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, respectivamente em PI e PII, tendo também sido superiores à obtida com a rega superficial, da ordem dos $229 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (Quadro 5). Neste ano, com a rega enterrada, por mm de água eva-

potranspirada produziram-se em média mais 32 kg/ha de frutos vermelhos + alaranjados do que com a rega superficial. A diminuição da ET_a , causada por uma menor evaporação na fase inicial da cultura, em anos em que não se verifica precipitação, neste período, leva a que produção comercial por unidade de água evapotranspirada seja mais elevada nos tratamentos de rega subsuperficial do que na superficial. O potencial da rega gota-a-gota subsuperficial para aumentar a eficiência do uso da água também foi verificado por Ayars *et al.* (1999) em tomate e outras culturas em linha.

No primeiro ano de ensaio, a eficiência do uso da água de rega, expressa como a produção comercial por unidade de água aplicada, nas modalidades de rega enterrada, atingiu valores (cerca de $223,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) também superiores aos obtidos com a rega superficial ($184 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) mas significativamente, apenas em PI (Quadro 5). A cultivar e a interacção entre os tratamentos não afectaram a produção por unidade de água aplicada. No segundo ano, os

QUADRO 5 - Produção comercial, Produção Comercial/ET_a e Produção Comercial/Água aplicada

Factores	Prod. Comercial (1) (t ha ⁻¹)		ET _a (2)		Prod. Comercial/ET _a (t ha ⁻¹ mm ⁻¹)		Prod. Comercial/Água aplicada (t ha ⁻¹ mm ⁻¹)	
	1º ano	2ºano	1º ano	2ºano	1º ano	2ºano	1º ano	2ºano
Prof. (P)								
P0	87,59 b	114,16	462,5	498,4	0,189 b	0,229 b	0,184 b	0,218
PI	107,50 a	128,10	461,8	482,3	0,233 a	0,265 a	0,226 a	0,245
PII	105,00 a	124,80	462,0	484,8	0,227 a	0,257 a	0,221 ab	0,239
Cult. (C)								
‘Brigade’	95,83	114,93b					0,201	0,220 b
‘H3044’	104,23	129,76a					0,219	0,248 a
F (P)	5,17*	2,30NS			5,78 *	6,70**	5,39 *	2,30NS
F (C)	3,78NS	10,62**			-	-	2,81 NS	10,62***
F (P*C)	2,14NS	3,15NS			-	-	1,90 NS	4,97**

Em cada coluna as médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente *, **, *** significância a P<0,05, 0,01e 0,001 respectivamente (LSD); (1) - Frutos vermelhos+ alaranjados, a área de colheita por parcela elementar foi de 12 m² (Machado *et al.*, 2003); (2) - A ET_amediu-se apenas em talhões com a cultivar H3044, assim a análise de variância fez-se comparando os valores dos três tratamentos

resultados não apresentaram a mesmo tendência. A produção comercial por unidade de água aplicada foi afectada significativamente pela interacção entre os tratamentos, tendo cv. H3044, nas modalidades de rega enterrada, apresentado valores mais elevados, cerca de 265 kg ha⁻¹ mm⁻¹.

CONCLUSÕES

A profundidade de colocação dos gotejadores, com a técnica cultural utilizada, ou seja, rega gota-a-gota diária, aplicação de parte do azoto, fósforo e potássio na água de rega de acordo com as necessidades da cultura e com o tipo de gotejadores usado “RAM”, não afectou a uniformidade de rega. A colocação subsuperficial (a 20 e 40 cm) dos gotejadores mantém a superfície do solo seca. A rega subsuperficial em relação à superficial, pode aumentar a eficiência do uso da água em 14% devido a uma diminuição da ET_a na fase inicial da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE. 1989. Field evaluation of micro-irrigation system. ASAE Ep.459, ASAE Standards
- Ayars, J. E. Phene, C. J. Hutmacher, R. B. Davis, R. R. Schoneman, R. A. Vail, S. S. & Mead, R. M. 1999. Sub-surface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. *Agric. Water Manage.*, **42**:1-27.
- Bralts, V. F. & Kesner, C. D. 1983. Drip irrigation field uniformity estimation, *Transactions of the ASAE*, **26**:1369-1374.
- Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation: a review. *Transactions of the ASAE*, **41**(5):1353-1367.
- Camp, C. R. Sadler, E. J. & Busscher, W. J. 1997. A comparison of uniformity measures for drip irrigation systems. *Transactions of the ASAE*, **40** (4):1013-1020.

- Doorrenbos, J. & Kassam, A. H. 1986. Yield response to water. FAO, *Irrigation and Drainage Paper*, 33, Rome
- Howell, T. 1994. Irrigation engineering, evapotranspiration. In C.J. Arntzen & E.M. Ritter (eds) *Encyclopedia of Agricultural Science*, vol. 2, pp. 591-600.
- Howell, T. A. Schneider, A. D. & Evett, S. R. 1997. Subsurface and surface microirrigation of corn – Southern High Plains. *Transactions of the ASAE*, **40(3)**:635 – 641.
- Kruse, E. G. 1978. Describing irrigation efficiency and uniformity. *J. Irrig. Drain.*, **104**:35-41.
- Machado, R.M.A. 2002. *Estudos Sobre a Influência da Rega-Gota-a-Gota Subsuperficial na Dinâmica de Enraizamento, no Rendimento Físico e na Qualidade da Matéria-Prima do Tomate de Indústria*. Tese de doutoramento, Universidade de Évora, Évora.
- Machado, R.M.A. Oliveira, M.R.G. & Portas, C.A.M. 2003. Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation. *Plant and Soil*, **255 (1)**:333-341
- Pereira, L. S. Oweis, T. & Zairi A. 2002. Irrigation management under water scarcity. *Agric. Water Management*, **57**:175-206.
- Phene, C. J. Davis, K. R. Huttmacher, R. B. & McCormick, R. L. 1987. Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. *Acta Horticulturae*, **200**:101-113.
- Phene, C. J. Huttmacher, R. B. Ayars, J. E. Davis, K. R. Mead, R. M. & Schoneman, R. A. 1992a. Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation. *International Summer Meeting*, pp. 1-20, Charlotte.
- Phene, C. J. McCormick, R. L. Davis, K. R. Pierro, J. & Meek, D. W. 1989. A lysimeter feedback system for precise evapotranspiration measurement and irrigation control. *Transactions of ASAE*, **32(2)**:477-484.
- Phene, C. J. Yue, R. Wu, I. P. Ayars, J. E. Schoneman, R. A. & Meso, B. 1992b. Distribution uniformity of subsurface drip irrigation systems, pp.1-14 International Winter Meeting, Nashville.
- Yue, R. Phene, C. J. Dake, F. Ayars, J. E. Schoneman, R. A. Wu, I. P. & Kong, L. 1993. Field uniformity of subsurface drip irrigation. In G.S. Jorgensen & K.N. Norum (eds) *Subsurface Drip Irrigation - Theory, Practices and Application*, pp. 181-182. Visalia, California.

Aplicação da poliacrilamida no controlo da erosão e do escoamento superficial na rega por rampa rotativa

Polyacrylamide application in center pivot irrigation systems for erosion and runoff control

R. O. Pires¹, J. L. Reis¹, F. L. Santos^{1, 2} & N. L. Castanheira¹

RESUMO

Na rega por rampa rotativa geralmente a intensidade de precipitação da água aplicada ultrapassa a taxa de infiltração, o que vai gerar escoamento superficial e arrastamento de partículas do solo que, além do favorecimento de perda de solo, aumenta também os riscos de poluição das linhas de água e albufeiras. O presente trabalho foi realizado com o objectivo de, numa primeira aproximação, estudar estratégias de aplicação da poliacrilamida aniónica (PAM), um condicionador de solo, para o melhor controlo da erosão e escoamento superficial de vários solos do Alentejo regados por rampa rotativa. Delineou-se um conjunto de testes para a recolha de dados para análise, tendo-se em conta os tipos de solos e dois declives pré-estabelecidos. Assim procedeu-se à instalação do ensaio experimental na Herdade da Mitra, utilizando-se uma rampa rotativa experimental e aplicou-se com dois declives, de 2,5% e 5%, a poliacrilamida aos solos Vt, A, Bvc e Pmg. A cada solo aplicou-se cinco regas, tendo a PAM sido também aí aplicada com o seguinte critério: 1) de forma única na primeira rega com uma concentração de 7 ppm, o que corresponde a

uma taxa de aplicação de 0,84 kg/ha, 2) de forma fraccionada nas duas primeiras regas com uma concentração de 3,5 ppm e uma taxa de aplicação de 0,42 kg/ha em ambas, num total de 0,84 kg/ha e 3) de forma fraccionada nas três primeiras regas com uma concentração de 2,33 ppm e uma taxa de aplicação de 0,28 kg/ha em cada uma, num total de 0,84 kg/ha, tendo-se comparado todas estas aplicações de PAM com a testemunha (sem PAM). Para controlo das dotações de água aplicadas colocaram-se pluviómetros e udógrafos na área circundante a cada talhão, constituído por tabuleiros com os respectivos solos e em declives pré-estabelecidos. Procedeu-se à recolha da água de escoamento e dos sedimentos arrastados. O aumento do declive por si só, aumenta o escoamento. Por cada tipo de solo, as diferentes modalidades de aplicação de poliacrilamida (PAM) tiveram um comportamento diferente mas irregular em termos de redução de escoamento superficial e da erosão. Existem indícios que mostram que a aplicação de PAM é benéfica, em especial no solo A, para o controlo desses parâmetros. No solo Vt, com os testes efectuados é difícil traçar uma estratégia de aplicação de PAM. De qualquer forma, a apli-

¹ Dep. de Engenharia Rural, Universidade de Évora, Núcleo da Mitra, 7002-554 ÉVORA, e-mail: rmopires@portugalmail.pt; ² Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM)

cação fraccionada em três vezes na erosão foi melhor que nas outras aplicações, embora no escoamento superficial isso não se verifique, aconselhando-se ainda assim esta modalidade. Quanto ao solo A, constatou-se que a aplicação de PAM fraccionada em duas vezes, foi a que obteve melhores resultados no controlo do escoamento superficial e erosão. Em relação ao solo Pmg, os resultados obtidos não permitem dar qualquer indicação para o uso da melhor forma de aplicação de PAM no controlo do escoamento superficial. Contudo, a aplicação de PAM fraccionada em três vezes foi a que teve melhores resultados no controlo da erosão. No solo Bvc, verificou-se que naturalmente o escoamento superficial e erosão baixos, não sendo necessário a procura de benefícios com as PAM. Serão necessários mais testes para poder ajustar a melhor forma de aplicação para cada solo e declive. Recomenda-se que se adoptem outras práticas de conservação do solo, juntamente com a utilização das PAM.

ABSTRAT

Polyacrylamide was applied to several soils through a center pivot irrigation system to study their effects on erosion and runoff control. Tests were designed to apply the polyacrylamide to Vt, A, Bvc and Pmg Portuguese soils, and under two slopes, 2,5 and 5% respectively. Each soil was submitted to five irrigations, being the polyacrylamide applied on the following criteria: 1) one single application with the first irrigation at a concentration of 7 ppm (0,84 kg/ha), 2) two applications, first and second irrigation, at a concentration of 3,5 ppm (0,42 kg/ha each, and a total of 0,84 kg/ha), 3) three applications, first, second and third irrigation, at a concentration of 2,33 ppm (0,28 kg/ha each, and a total of 0,84 kg/ha. The rates applied

seem to better control erosion and runoff on soil A, being the best results obtained when the polyacrylamide was applied twice, in the first and second irrigation. On soil Vt the results are not so conspicuous, but the multi applications (three times) of polyacrylamide seem to provide some protection to soil against erosion. The same can be observed for soil Pmg. Soil Bvc does not require polyacrylamide applications to control erosion and runoff.

INTRODUÇÃO

A implantação de sistemas de rega por rampa rotativa tem aumentado bastante nos últimos anos no Alentejo. Idealmente o escoamento superficial não devia ocorrer neste tipo de rega, quando correctamente dimensionados e monitorizados (Santos *et al.*, 2002). Geralmente a aplicação de água não acompanha a capacidade de infiltração do solo, resultando daí problemas de escoamento superficial e perda de solo, levando também à formação de crosta superficial. Esta crosta é formada pela energia de impacto das gotas de água na superfície do solo, o que leva a que os agregados humedecidos sejam destruídos, os poros colmatados pelas partículas quando transportadas, produzindo-se crosta (Bjorneberg *et al.*, 2000). Tal facto, que reduz a infiltração, favorece os fenómenos erosivo e de escoamento superficial.

A chave para controlar a erosão provocada pela rega por aspersão é reduzir ou eliminar o escoamento superficial (Santos *et al.*, 2002). Este pode ser controlado reduzindo-se a taxa de aplicação e aumentando a capacidade de infiltração do solo. Tem-se apostado em técnicas de prevenção do escoamento superficial e da formação de crosta através do uso de condicionadores do

solo, como é o caso das poliacrilamidas aniónicas (PAM).

As PAM são constituídas por uma longa cadeia de polímeros de grandes dimensões e elevado peso molecular, electronegativas e solúveis em água. Os catiões bivalentes existentes na água de rega (como Ca^{++} e Mg^{++}) favorecem uma ligação do tipo Van der Waals e de Colombo entre o condicionador e as partículas do solo, agindo o condicionador como um agente fortalecedor da agregação do solo, mantendo a estrutura do solo. O condicionador, também com propriedades floculantes, permite ainda a rápida agregação e deposição das partículas que são destacadas (Bjorneberg *et al.*, 2000).

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição dos trabalhos experimentais

O presente trabalho foi realizado com o objectivo de estudar, numa primeira aproximação, o efeito da aplicação de poliacrilamidas aniónicas (PAM), um condicionador de solo, no controlo da erosão e escoamento superficial, a vários solos do Alentejo, usando a rega por rampa rotativa. Durante o ano de 2004, traçou-se um conjunto de testes, referente à recolha de dados para essa análise, tendo-se em conta que diferentes tipos de solos e declives podem dar resultados diferentes recebendo iguais quantidades de PAM. Assim procedeu-se à instalação do ensaio experimental numa parcela de terreno situada no Centro de Estudos e Experimentação da Mitra, pertencente à Universidade de Évora e que se situa a cerca de 10 km a sudoeste da cidade de Évora. O ensaio experimental consistiu na aplicação de poliacrilamidas (PAM) através de uma rampa rotativa experimental aos solos Vt, A, Bvc e Pmg, com dois declives (2,5% e 5%). As amostras de solo foram

previamente crivadas por um crivo de 3,5 mm de malha, de modo a obter-se uma densidade aparente próxima da densidade aparente de campo. Aplicou-se a cada solo cinco regas com uma periodicidade mínima de 4 dias, sendo também a PAM aplicada com a ajuda da rega com o seguinte critério: 1) de forma única na primeira rega com uma concentração de 7 ppm e uma taxa de aplicação de 0,84 kg/ha, 2) de forma fraccionada nas duas primeiras regas com uma concentração de 3,5 ppm e uma taxa de aplicação de 0,42 kg/ha em ambas, num total de 0,84 kg/ha e 3) de forma fraccionada nas três primeiras regas com uma concentração de 2,33 ppm e uma taxa de aplicação de 0,28 kg/ha em cada uma, num total de 0,84 kg/ha, tendo-se comparado todas estas aplicações de PAM com a testemunha (sem PAM). Para controlo das dotações aplicadas colocaram-se 6 pluviómetros e 2 udógrafos na área circundante a cada talhão.

Ensaio

Foi utilizado um sistema com três tabuleiros, com a dimensão de 0.60 m x 0.20 m x 0.04 m onde é introduzido o solo, o que permite que o solo seja dividido em três amostras ou repetições por cada modalidade. Impuseram-se inclinações de 2,5 e 5% a esses tabuleiros, de acordo com o previamente estabelecido.

Em cada tabuleiro é recolhido o escoamento superficial e os sedimentos, cujo volume se mede e regista. Procede-se em seguida à sua evaporação em estufa, pesando-se o resíduo (massa de sedimentos que o escoamento continha), obtendo-se, desta maneira, o valor da perda de solo. As regas aplicadas tiveram uma duração de 15 minutos. Nos ensaios foi utilizada água com 0,545 dS/m de condutividade eléctrica e pH de 7,45. Chegou-se a um valor médio de precipitação (média aritmética) de 13,73

mm (desvio padrão de 1,33) para os udógrafos, a que corresponde uma intensidade de precipitação de 54,94 mm h⁻¹. Para os pluviómetros, obteve-se um valor médio de 12,32 mm (desvio padrão de 1,17) de precipitação, correspondendo a uma intensidade de precipitação de 49,27 mm h⁻¹.

A poliacrilamida utilizada nos ensaios foi a SUPERFLOC A110 Flocculant (CYTEC Industries Inc.), na forma seca granular, com 80% de matéria activa.

A rampa rotativa, onde foram realizados os ensaios, é composta por duas torres que suportam dois braços de 12 m de comprimento cada e um lança suspenso de 6 m, num comprimento total de 30 m. Os lanços são constituídos por tubos com um diâmetro de 140 mm. Os aspersores têm uma distância aos tabuleiros de 3,13 m e foram utilizados aspersores estáticos com pratos deflectores lisos. O espaçamento entre cada aspersor foi de 1,5 m o que conduziu a um total de 17 aspersores com os seguintes diâmetros (em mm): 2,75 - 3,0 - 3,0 - 3,5 - 4,0 - 4,25 - 4,25 - 4,5 - 4,5 - 4,75 - 5,0 - 5,25 - 5,5 - 5,5 - 5,75 - 5,75 e 6,0.

A velocidade utilizada na realização dos ensaios foi de 40, correspondendo este número ao número de segundos que em cada minuto a última torre está em movimento. A esta velocidade, a rampa rotativa leva 2,33 horas a realizar uma volta completa. A energia cinética é de 11,3 J kg⁻¹ (Silva, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Escoamento superficial – efeito da aplicação de PAM nos diferentes solos e declives

Quanto ao escoamento superficial, os resultados da aplicação de PAM tendo por base o escoamento acumulado ao longo das 5 regas são apresentados nos gráficos da

Figura 1.

No que diz respeito ao declive de 2,5%, em relação ao solo Vt, no caso da modalidade testemunha o valor do escoamento superficial foi de 33,38 mm. Aplicando 0,84 kg/ha (7 ppm) na primeira rega, esse valor diminuiu para 27,59 mm e na modalidade de 3,5 ppm nas duas primeiras regas, diminuiu para 26,92 mm. A modalidade de 2,33 ppm foi a que teve piores resultados (33,99 mm). No solo A, já se obteve algum ajustamento entre os dados de infiltração e de escoamento. Tal como na infiltração, o melhor resultado foi obtido na aplicação fraccionada com 3,5 ppm, seguidamente na aplicação única com 7 ppm e a modalidade de 2,33 ppm também ofereceu benefícios na redução do escoamento. Quanto ao solo Pmg, o escoamento superficial aumentou com a aplicação do produto, indicando, que a aplicação das PAM não é encorajadora para reduzir o escoamento superficial nestes solos, quando regados em rampa rotativa. O solo Bvc, apresentou baixos valores de escoamento. Observa-se que estes solos apresentam baixo escorrimento, não necessitando de aplicações de PAM.

No declive de 5%, à excepção do solo A, a aplicação de PAM não originou reduções substanciais do escoamento superficial. Nos outros solos, na modalidade de 7 ppm conseguiram-se decréscimos no escoamento nos solos Vt e Bvc. Também se conseguiram bons resultados na modalidade 3,5 ppm no solo Vt.

Erosão – efeito da aplicação de PAM nos diferentes solos e declives

Os gráficos da Figura 2 apresentam os valores da erosão acumulada ao longo das 5 regas.

Em relação ao declive de 2,5%, para o solo Vt, a modalidade de 2,33 ppm mostrou-se benéfica na diminuição da ero-

são, ao contrário das outras opções. Na aplicação de PAM de forma única e em duas vezes, o solo que levou PAM apresenta mais erosão do que o solo sem aplicação de PAM. No solo A foi a aplicação de 3,5 ppm que teve mais eficácia, tal como no escoamento superficial. A escolha da modalidade de 2,33 ppm foi a que teve piores resultados, aumentando mesmo a erosão em relação à testemunha. Em relação ao solo Pmg, a aplicação de PAM quando fraccionada teve bons resultados, enquanto

que na aplicação feita de forma única, o valor da erosão aumentou em relação à testemunha. Finalmente, no solo Bvc qualquer uma das modalidades se mostrou benéfica, destacando-se a aplicação única de 0,84 kg/ha (7 ppm). De notar que o solo Bvc, por si só tem baixo escoamento e baixos valores de erosão.

No que diz respeito ao declive de 5%, conforme sucedeu no declive de 2,5% no solo Vt, a modalidade de 2,33 ppm mostrou-se

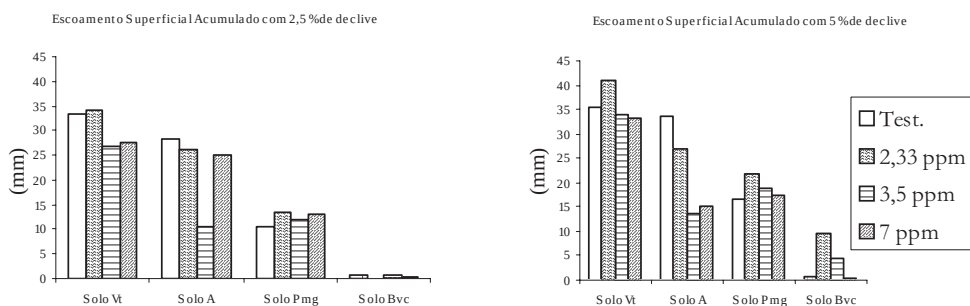


Figura 1 – Valores do escoamento superficial acumulado ao longo de 5 regas sem aplicação de PAM (Testemunha) e com aplicações fraccionadas em 3 regas (2,33 ppm com 0,28 kg/ha), fraccionada em 2 regas (3,5 ppm com 0,42 kg/ha) e única (7 ppm com 0,84 kg/ha)

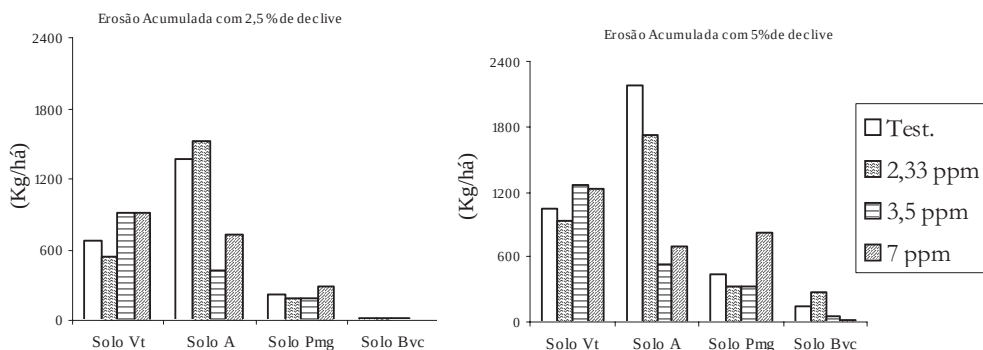


Figura 2 – Valores da erosão acumulada ao longo de 5 regas sem aplicação de PAM (Testemunha) e com aplicações fraccionadas em 3 regas (2,33 ppm com 0,28 kg/ha), fraccionada em 2 regas (3,5 ppm com 0,42 kg/ha) e única (7 ppm com 0,84 kg/ha)

QUADRO 1 – Efeito das PAM no declive em relação à testemunha (Variação percentual % = ((PAM-Test)*100)/Test) do escoamento superficial e erosão

Solo	Escoamento Superficial (Variação Percentual %)						Erosão (Variação Percentual %)					
	2,33 ppm		3,5 ppm		7 ppm		2,33 ppm		3,5 ppm		7 ppm	
	2,5%	5%	2,5%	5%	2,5%	5%	2,5%	5%	2,5%	5%	2,5%	5%
Vt	1,83	15,98	-19,35	-4,47	-17,35	-6,00	-18,44	-10,67	35,80	21,79	36,16	18,36
A	-7,84	-19,97	-63,56	-59,50	-12,23	-55,64	12,29	-21,14	-68,73	-75,62	-47,07	-68,46
Pmg	28,33	31,67	13,60	14,87	22,57	5,83	-15,90	-27,01	-15,77	-26,27	27,62	86,42
Bvc	-67,27	1176,00	23,64	497,33	-3,64	-56,00	-34,12	94,49	-25,28	-55,38	-48,57	-90,39

benéfica na diminuição da erosão, ao contrário das outras opções. No solo A, todas as modalidades foram bem sucedidas sendo a mais benéfica a de 3,5 ppm, tal como no declive de 2,5%. No solo Pmg, a tendência observada no declive de 2,5% voltou a repetir-se, verificando-se que a aplicação de PAM em duas vezes e em três vezes o solo com PAM tem menor erosão do que a testemunha. Em relação ao solo Bvc, as modalidades de 3,5 ppm e 7 ppm mostraram bons resultados, enquanto que aplicando 2,33 ppm de PAM nas 3 primeiras regas fez com que houvesse maior erosão.

Efeito do declive e da aplicação de PAM

De acordo com o declive, o Quadro 1 compara a aplicação de PAM em cada solo, através da variação percentual. Assinalou-se a **negrito** os casos onde houve benefício.

No solo Vt, com os testes efectuados, é difícil traçar uma estratégia de aplicação de PAM. De qualquer forma, com a aplicação fraccionada em três vezes (2,33 ppm), no controlo da erosão conseguiram-se benefícios, embora no controlo do escoamento superficial isso não se verifique. Assim, aconselha-se a modalidade de 2,33 ppm como a melhor opção no controlo da erosão, conseguindo-se reduzir em 18% (de 668,6 kg/ha para 545,3 kg/ha) e 11% (de 1044,2 kg/ha para 932,8 kg/ha) com 2,5% e 5% de

declive, respectivamente. No controlo do escoamento superficial a modalidade de 2,33 ppm não funcionou, enquanto que nas outras duas opções conseguiu-se controlar este parâmetro com benefícios similares (decréscimo na ordem dos 18% e 5% com 2,5% e 5% de declive, respectivamente). Consoante o parâmetro que se queira controlar, assim se terá que escolher criteriosamente a estratégia a seguir.

Quanto ao solo A, constatou-se que a aplicação de PAM fraccionada em duas vezes (3,5 ppm) foi a que teve melhores resultados no controlo do escoamento superficial e erosão. Em relação ao solo Pmg, os resultados obtidos não são conclusivos. Contudo, a aplicação de PAM fraccionada em três vezes (2,33 ppm) foi a que teve melhores resultados no controlo da erosão apesar de ter tido resultados similares à modalidade de 3,5 ppm. No solo Bvc, verificou-se que naturalmente o escoamento superficial e erosão são baixos, não tendo de se procurar benefícios com a aplicação de PAM.

Assim, nas várias estratégias de aplicação de PAM estudadas, única e fraccionada (em duas e três vezes num total de 0,84 kg/ha), verificou-se que houve uma resposta diferente para cada tipo de solo e nem sempre se encontram benefícios com a sua aplicação. Crê-se que aplicações mais concentradas de PAM, de 2 kg/ha, trarão benefícios maiores

aos solos, com substanciais reduções de erosão e escoamento superficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bjorneberg, D. L., Aase, J. K. & Sojka, R. E. 2000. Sprinkler irrigation runoff and erosion control with polyacrylamide. *Applied Engineering in Agriculture*. ASAE, **16(5)**:513-520, Phoenix, Arizona, USA.
- Santos, F. L., Reis, J. L., Martins, O. C., Castanheira, N. L. & Serralheiro, R. P. 2002. Avaliação do impacto das gotas produzidas pela rega por aspersão e da aplicação de poliacrilamida em unidades-solo do Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, **XXV (3 e 4)**:256-268.
- Cardoso, C. J. V. J. 1965. Os Solos de Portugal. *Sua Classificação, Caracterização e Génese. 1-A Sul do Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa, Portugal.
- Silva, J. R. M. 1999. *Susceptibilidade do Solo à Erosão Hídrica (Avanço na Modelação)*. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora, Évora.
- Silva, L. L. S. 2001. *O Efeito das Características de Aplicação da Água Sobre a Infiltração num Solo Mediterrâneo Regado com Rampa Rotativa*. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora, Évora.

**SISTEMAS
AGRO-SILVO-PASTORIS
NA REGIÃO MEDITERRÂNICA:
NOVOS DESAFIOS**

Produção silvícola no montado. Análise e reflexão sobre a gestão sustentada dos montados de sobreiro

Silvicultural production in “montado”. Analysis and reflection about the sustainable management in cork oak “montados”

A. G. Ferreira¹, N. A. Ribeiro¹, A. C. Gonçalves¹, S. S. Dias¹, T. Afonso¹, J. Lima¹ & H. Recto¹

RESUMO

Os montados são sistemas de uso múltiplo, em que as várias produções estão em equilíbrio dinâmico no espaço e no tempo. Esta organização espacial e temporal conduziu à manutenção do sistema produtivo pela redução dos riscos inerentes a cada produção, face à variabilidade climática característica do clima mediterrânico.

Os montados são característicos do sul de Portugal, sendo mais frequentes os de sobreiro. Nos montados de sobreiro a produção principal é normalmente a cortiça, aliada à pecuária e/ou à agricultura. De referir ainda o importante papel que estes sistemas têm de protecção do solo e da água, conservação de habitats e biodiversidade e amenidades.

A manutenção do potencial produtivo do montado está associada à sua resiliência, sendo especialmente dependente do solo. A identificação das fragilidades do sistema permitiu dar indicações para uma gestão sustentada dos montados de sobreiro.

ABSTRACT

“Montados” are systems where several productions are in dynamic equilibrium both in space and time. This spatial and temporal organisation enabled the system maintenance by the hazard control of each production, which is related with the climatic variability of the Mediterranean climate.

The “montados” are characteristic of the south of Portugal, where the cork oak is the mostly frequent. In the cork oak “montados” the main production is cork, mostly associated with grazing and/or agriculture. It should also be stated the important role of the “montado” in the soil and water conservation, habitat and biodiversity conservation and amenities.

The maintenance of the “montado” productive potential is associated to their resilience, which is especially dependent on the soil. The identification system fragilities allow pointing out guide lines for the sustainable management of the cork oak “montados”.

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: acag@uevora.pt

O MONTADO - SISTEMA AGRO-SILVO-PASTORIL DO MEDITERRÂNEO

Nas regiões de influência mediterrânea, a precipitação concentra-se na estação mais fria e os Verões são quentes e secos (Figura 1). Esta conjugação da temperatura e precipitação proporciona condições para a concentração do desenvolvimento das plantas no Outono e na Primavera, com dormência da vegetação durante o Verão, por falta de água no solo, e no Inverno, por falta de calor. Nestas circunstâncias as actividades de produção vegetal concentram-se na Primavera e especialmente no Outono, quando as condições de humidade e temperatura são favoráveis, com a consequente diminuição do coberto vegetal sendo o solo exposto à acção da energia da precipitação.

Estas condições levaram ao desenvolvimento de sistemas de utilização do solo, do tipo agro-silvo-pastoril, que mantêm um bom grau de protecção e uma diversificação de actividades, permitindo a manutenção do potencial produtivo, pois contêm uma forte componente de biodiversidade e/ou de mo-

bilidade. No entanto, originam um baixo rendimento por unidade de área, mas reúnem condições para a manutenção de presença humana de forma uniforme e contínua. É semelhante ao que ocorre com o nomadismo, nas zonas de deserto, cujo retorno económico é baixo por unidade de área, mas elevado por habitante (Warren, 1988).

No caso particular de Portugal, a influência mediterrânea tem um parâmetro adicional que é a irregularidade da precipitação anual, sendo raro a ocorrência do ano médio (Figura 2). No entanto, considerando períodos de 10 anos, a precipitação ocorrida durante o Inverno é suficientemente abundante para impedir a acumulação de sais na zona explorada pelas raízes. É de notar que cerca de 90% dos solos presentes em Portugal têm reacção ácida (Ferreira, 1991).

Para fazer face a esta irregularidade as unidades de produção diversificaram as suas actividades, de modo a que parte da sua produção esteja adaptada ao ano em curso, chuvoso ou seco. É esta uma das razões para o desenvolvimento dos montados, floresta aberta de baixo grau de coberto com actividade pecuária e/ou agrícola associadas. Este

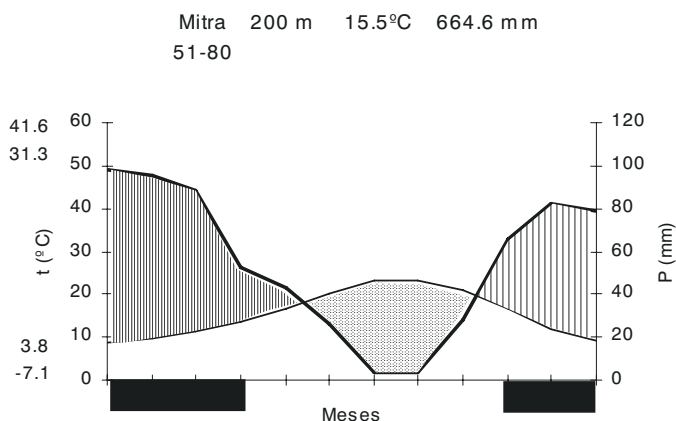


Figura 1 - Diagrama ombrotérmico da Mitra

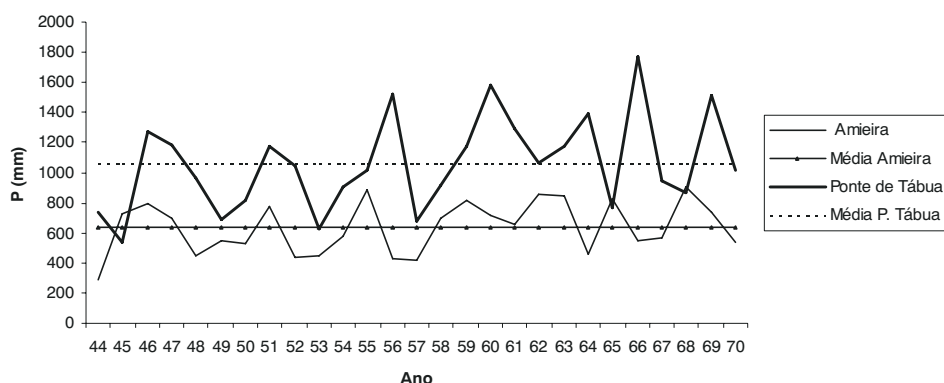


Figura 2 - Variação da precipitação anual em relação à precipitação média em Amieira e Ponte da Tábua

sistema de uso do solo é em tudo semelhante ao descrito por Smith (1950), para a Grécia.

Esta utilização múltipla, conjuntamente com a variabilidade anual na disponibilidade de água, tem como resultado a dominância de povoamentos de estrutura aproximadamente equiénia, pelo que, para uma dada unidade de produção, quase todos os indivíduos apresentam, em simultâneo, características semelhantes relacionadas com a sua idade.

MONITORIZAÇÃO, ESTRUTURA, REGENERAÇÃO E SOBREVIVÊNCIA DO MONTADO

Para um melhor entendimento deste sistema foram implementadas:

- i) Parcelas permanentes de observação, em solos desenvolvidos a partir da formação do Mioceno do Ribatejo, nos concelhos de Coruche e Chamusca.
- ii) Parcelas permanentes, com monitorização de parâmetros climáticos do solo e da atmosfera, em povoamentos em plena produção, em solos desenvolvidos a partir

da formação do Mioceno do Ribatejo, no concelho da Chamusca e em povoamentos recém instalados, nas regiões de Mora (Cabeção), Évora (Mitra) e Beja (Cabeça Gorda), o primeiro em solos desenvolvidos na formação do Mioceno do Ribatejo e os restantes em solos desenvolvidos a partir de formações da Meseta Ibérica.

A estrutura dos povoamentos, determinada a partir das parcelas de observação, é de tendência equiénia, isto é são compostos por árvores tendencialmente contidas na mesma classe de idade (Ferreira *et al.*, 1992). Este facto sugere que a silvicultura praticada é uniforme e que a utilização do sob coberto influencia a regeneração.

Verifica-se que em algumas situações, a regeneração é bastante intensa, mas composta por indivíduos da mesma classe de idade. Este facto foi confirmado a partir dos dados resultantes das parcelas monitorizadas, que evidenciaram uma relação da mortalidade com a evolução da disponibilidade de água no solo (Gonçalves *et al.*, 1999). O exposto leva a sugerir, que a estrutura, aproximadamente equiénia, dos montados seja resultante da conjugação da sua utilização múltipla e da variabilidade

da precipitação anual, pelo que o sucesso da regeneração natural se observa quando ocorre produção de semente e precipitação.

SITUAÇÕES IDENTIFICADAS COMO CAUSAS DE DECLÍNIO DO MONTADO

Idade

Como já foi referido, a estrutura aproximadamente equiénia dos povoamentos leva a que grande parte das árvores atinja o seu limite de vida em exploração, dentro de um intervalo de tempo relativamente curto. De acordo com Natividade (1950) o limite de idade para exploração económica do sobreiro é cerca de 150 a 200 anos, tendo a desbóia lugar entre os 30 e os 40 anos, correspondendo a cerca de 12 a 17 tiragens de cortiça amadia, pelo que os montados, que entraram em produção no início do século XX, estão agora a atingir o seu termo de explorabilidade.

Pragas e doenças

Das possíveis pragas foram seleccionadas, para observação nas parcelas referidas, as seis com maior expressão nos nossos montados: *Lymantria dispar* L., *Limantria*, *Euproctris chrysonhoea* L., *Portésia*, *Coroebus fasciatus* Villers, *Cobrilha dos ramos*, *Coroebus undatus* Fabr., *Cobrilha da cortiça*, *Totri viridana* L., *Burgo*, *Platypus cilindrus* F., *Plátipo* (Natividade, 1950).

Das doenças, foram seleccionados, para observação nas parcelas, os fungos: *Endothiella gyrosa* Sacc. e *Hypoxyton mediterraneum* L., respectivamente a "Ferrugem do entrecasco" e o "Carvão do entrecasco".

Os sinais de presença de *Limantria* foram os mais comuns, sendo também assi-

nalados a *Cobrilha dos ramos*, sem, no entanto, qualquer deles assumir o carácter de praga. Os restantes agentes: *Portésia*, *Cobrilha da Cortiça*, *Burgo* e *Plátipo* raramente foram identificados.

Dos agentes fitopatogénicos observados o *Carvão do entrecasco* foi o mais assinalado, sem contudo apresentar qualquer carácter epidémico, sendo rara a presença da *Ferrugem do entrecasco*. Ambos estão normalmente associados a condições de deficiente drenagem interna do perfil do solo.

Verifica-se pois que não foi identificada praga ou doença com carácter epidémico, o que em parte se deve à variabilidade genética entre os diferentes indivíduos que compõem os povoamentos (Ferreira *et al.*, 1992).

Degradação do Solo

Entende-se por degradação do solo a redução da sua capacidade de suportar vida, devido a causas como (W.R.I., 1992):

Erosão - conjugação do destacamento e transporte das partículas e microagregados do solo, por acção da água e do vento, tendo como resultado a perda de capacidade de fixar nutrientes e água.

Deficiente drenagem interna - fenómeno resultante da existência de um horizonte do solo com densidade aparente mais elevada que os adjacentes, o que diminui a velocidade do movimento de água no seu interior, com o consequente decréscimo da velocidade de infiltração da água no solo.

Deficiente drenagem externa - como resultado da intervenção nos sistemas de drenagem natural e na gestão do escoamento.

Estas formas de degradação do solo foram identificadas, nas parcelas de observação, como estando relacionadas com situações de declínio do montado:

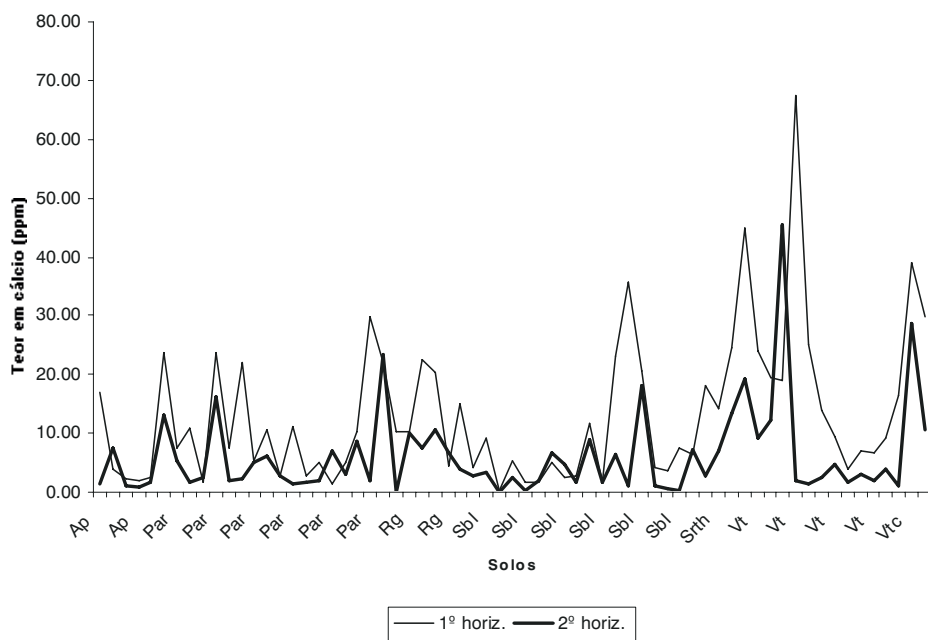


Figura 3 - Teor em cálcio dos solos amostrados

- No caso da erosão do solo, o seu efeito resulta na remoção da camada superficial.

- Na formação do Miocénico do Ribatejo, que abrange as zonas onde foram implantadas as parcelas de observação, verificou-se, em quase todos os perfis de solo descritos, que grande parte dos nutrientes, com excepção do Potássio, se encontravam no primeiro horizonte (Figura 3). Nos horizontes subsequentes, o único nutriente que estava presente em quantidade apreciável era o Potássio (Afonso, 1997). A erosão da camada superficial origina a perda da capacidade de fixação de nutrientes e a consequente degradação da qualidade de coberto.

- As deficientes condições de drenagem interna estão associadas à presença de horizontes argílicos, com a formação de toa-lhas freáticas temporárias. O desenvolvi-

mento da raiz do sobreiro é pois desneces-sário durante o período de excesso de água e limitado durante o período seco, devido à impedância de uma camada mais compac-tada. Verificou-se uma relação linear nega-tiva, entre a mortalidade e a profundidade do horizonte impermeável, nas parcelas em que estas duas variáveis ocorrem (Ferreira *et al.*, 1992). Este facto vem ao encontro dos cenários identificados por Natividade (1950) e Macara (1974).

- As deficientes condições de drenagem externa estão ligadas a condições de colu-viação, com a presença de toa-lhas freáticas durante o Inverno que debilitam o desen-volvimento em profundidade da raiz mes-tra (Ferreira *et al.*, 1992).

Nos dois últimos casos o sobreiro apre-senta um débil desenvolvimento da raiz mestra, sendo o seu suporte e sustento as-

segurado pelas raízes superficiais.

Em situação de déficit hídrico, no primeiro caso, o volume de solo explorado é insuficiente para abastecer a planta, no segundo a situação é semelhante, mas acrescido pela pujança do desenvolvimento inicial das plantas, devido à maior disponibilidade de nutrientes e água.

Refira-se ainda que o manejo e a utilização do solo podem aumentar ou atenuar os efeitos acima referidos, nomeadamente da erosão.

SUSTENTABILIDADE

O uso sustentado dum sistema corresponde àquele que mantém o seu potencial produtivo à perpetuidade.

A característica da sua sustentabilidade é a resiliência, capacidade de regenerar e/ou manter as suas características iniciais. A vulnerabilidade do sistema é medida pela velocidade de actuação da sua resiliência. A degradação é a perda da resiliência, sendo a medida da degradação o custo da sua reabilitação (Langdale, 1982).

A energia, necessária à recuperação, ou apenas para manter o seu nível de produção, é normalmente superior à energia requerida para implementar as medidas de conservação (Rosenberry, 1980).

A sustentabilidade do montado depende pois, da avaliação da sua resiliência e da sua relação com os diferentes componentes do sistema.

Regeneração e sobrevivência – Disponibilidades hídricas

Como já foi indicado, a partir da análise dos dados obtidos nas parcelas monitorizadas, verificou-se uma relação entre as disponibilidades hídricas e a sobrevivência de plantas jovens, relação essa que pode ser

avaliada por um índice de deficit de água, função da disponibilidade de água no solo e capacidade de armazenamento. Este índice é um indicador do sucesso da instalação de povoamentos por regeneração natural ou artificial, sucesso esse que é de carácter episódico.

Para entender a sequência destes surtos de regeneração iniciou-se um trabalho, ainda não concluído, com recurso à determinação das disponibilidades hídricas do solo, utilizando a metodologia de Pennam-Monteith (Smith, 1992), em povoamentos de sobreiros, instalados em diferentes datas e de sucesso evidente, considerando o ano de sementeira e os 9 anos subsequentes.

Os resultados preliminares indicam que as disponibilidades de água nos 4 povoamentos estudados, Estremoz, Évora, Alcácer e Chamusca, não apresentam diferenças significativas, durante o período considerado, tanto em cada povoamento, como entre os povoamentos, o que nos leva a supor que todos eles estiveram sujeitos a condições semelhantes. Estas condições poderão ser indicadores de situações climáticas que propiciam o sucesso da regeneração dos povoamentos de sobreiro.

Para o estudo mais detalhado do fenómeno de regeneração dos povoamentos de sobreiro, quer seja natural ou artificial, necessita-se de uma base de dados alargada, com a amostragem de mais povoamentos, em conjugação com um estudo detalhado das condições climáticas.

Reciclagem de nutrientes, controle de matos heliófilos, regeneração natural - o fogo

Considerando o que foi indicado a propósito do efeito da erosão, é evidente a influência da reciclagem de nutrientes na manutenção da resiliência do sistema e a sua relação com o controlo de matos.

O fogo é um factor sempre presente em condições mediterrâneas, nomeadamente devido à alta combustibilidade do sob coberto arbustivo, sendo o sobreiro particularmente sensível nos primeiros anos após descortiçamento (Natividade, 1950). Há que manter a quantidade de material combustível dentro de níveis aceitáveis, de modo a poder equilibrar a protecção do solo, a reciclagem dos nutrientes, a regeneração natural e o risco de incêndio.

A presença de gado é um dos factores de controlo da massa combustível, mas torna-se necessário recorrer periodicamente a meios de controlo mecânico devido ao desenvolvimento de espécies arbustivas.

O sucesso da regeneração natural depende da sucessão de condições climáticas favoráveis, do modo de execução, dos métodos de controlo mecânico dos matos assim como do pastoreio.

O controlo do sob coberto é normalmente feito com recurso à grade de discos com enterramento dos matos. Segundo Macara (1974), esta operação acentua os fenómenos

de erosão, conduzindo a que os solos das encostas com mais de 2% de inclinação diminuam de espessura em relação à camada impermeável. O volume de solo disponível torna-se escasso para o suporte dos sobreiros, que preferem solos profundos e bem drenados (Natividade 1950) e expõe o solo à acção dos raios solares, aumentando a sua temperatura e originando alterações na biologia do solo (Macara, 1974).

Por outro lado, nas zonas de drenagem natural, onde se verifica colúviação, são identificados locais com excesso de água durante o Inverno o que resulta na debilidade e/ou morte da raiz mestra dos sobreiros. O suporte das árvores fica apenas assegurado pelas raízes superficiais, que ao serem cortadas pela gradagem conduzem, durante o período seco, à agudização da situação de carência hídrica. Destas condições pode resultar a ocorrência de fenómenos de cavitação nos vasos de transporte da seiva, com a morte imediata da zona da copa abastecida por esses vasos (Ferreira *et al.*, 1992).

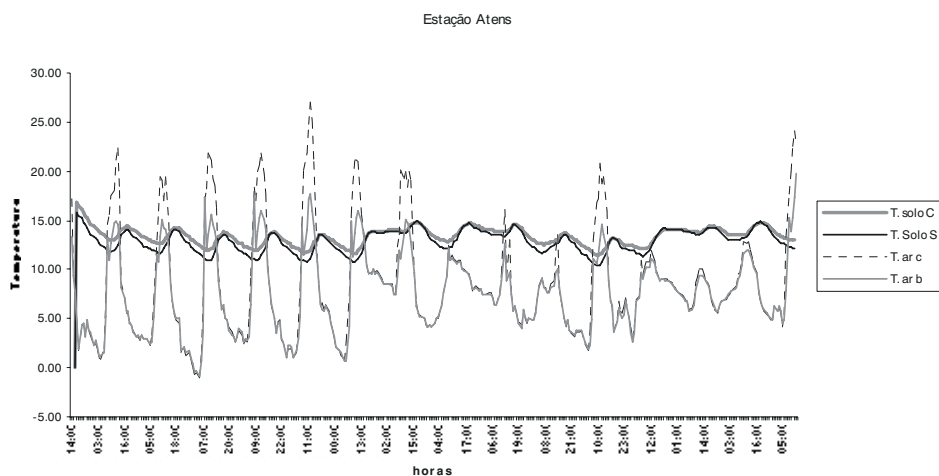


Figura 4 - Temperatura do ar (sobre, T.arc, e sob, T.arb, a copa) e do solo (com, T.solo C, e sem, T.solo S, coberto arbustivo) em montado adulto

Os registos de temperatura do solo, das parcelas monitorizadas, indicam que o solo sem coberto, em relação ao solo com coberto herbáceo, apresenta mais 5 °C nas temperaturas máximas diárias e menos 3 °C nas mínimas, tanto em situação de povoamento recém instalado como em povoamento adulto (Figura 4) (Gonçalves, 1999). No entanto, a presença de vegetação herbácea não influenciou a evolução do teor de água no solo à profundidade de 0,30 m.

O aumento da temperatura do solo favorece os fenómenos de mineralização da matéria orgânica, com consequente lixiviação e arrastamento de partículas finas, sendo mais crítico em locais de declive acentuado onde a cobertura do solo é removida, acentuando a tendência para a regressão dos sobreiros.

O recurso a destroçadores, no controlo do sob coberto, leva à dominância das espécies arbustivas e ao desenvolvimento de toijas, com a presença de restos de caules que causam danos tanto no gado como no parque de máquinas.

O controlo dos matos deverá passar por um conjunto de técnicas integradas que incluam ciclos alternados de controlo mecânico, destroçamento e gradagem, fertilização, para favorecimento das espécies herbáceas, e pastoreio. Ao mesmo tempo, deverão ser implementadas zonas de regeneração, parcelas ou bosquetes, protegidos das agressões provocadas pelos meios mecânicos e vedados ao gado, que entrem em rotação com a restante área da exploração.

CONCLUSÕES

Pelo exposto verifica-se que o declínio dos montados é devido à perda da sua resiliência nomeadamente devido à idade, estrutura, variabilidade da precipitação anual, condições de solo e manejo não adaptado.

A manutenção do sistema passa pois pelo favorecimento das manchas de regeneração natural, ordenamento do pastoreio e do controlo dos matos, assim como da exploração florestal.

A regeneração artificial é de aconselhar, sempre que a natural não seja suficiente ou na instalação de novos povoamentos, no entanto sujeita aos condicionalismos já apontados.

Não existe uma solução única para a manutenção da resiliência, mas sim um conjunto de soluções que devem ser adequadas a cada situação, após um estudo crítico dos sistemas de uso do solo localmente utilizados, apoiado na formação e na capacidade económica dos utilizadores.

Torna-se necessário pois, numa óptica de pluridisciplinaridade, desenvolver conhecimento sobre os processos de resiliência, vulnerabilidade, degradação e recuperação dos montados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, T.M. 1997. *Classe de Qualidade da Estação em Povoamentos de Quercus suber L. (1ª aproximação)*. Relatório final do curso de Engenharia Agrícola, Universidade de Évora.
- Gonçalves, A.C., Ribeiro, N.A. & Ferreira, A. G. 1999. *Projecto PAMAF N° 4018 Qualidade da Estação, Influência na Sobrevivência de Plantas Jovens de Sobreiro e Azinheira*. Relatório de execução final.
- Ferreira, A.G. 1991. Impact of agricultural policies on soil erosion in two regions of Portugal. In Young, M. (ed) *Towards Sustainable Agricultural Development, part III dry land farming, soil conservation and soil erosion*. Belhaven Press, London, New York.

- Ferreira, A.G., Ribeiro, N.A., Grilo, J.T., Rato, A.E., Pereira, J.S., Alves, A.A.M., Coutinho, M.A. & Branco, M.T. 1995. *Causas de Mortalidade do Sobreiro, 1ª Aproximação*. Universidade de Évora. Évora.
- Macara, A.M. 1974. Acerca da avaliação da enfermidade do sobreiro em 1973. *Boletim do Instituto dos Produtos Florestais – Cortiça*, **429**.
- Natividade, J.V. 1950. *Subericultura*. Ministério da Economia, Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, Lisboa.
- Langdale, G.W. & Schrader, W.D. 1982. Soil erosion effects on soil productivity of cultivated cropland. *Determinants of Soil Loss Tolerance*, American Society of Agronomy special publication, **45**.
- Rosenberry, P., Knutson, R. & Harmon, L. 1980. Predicting the effects of soil depletion from erosion. *J. Soil Water Conservation.*, **35**:131-134.
- Smith, J.R. 1950. *Tree Crops. A Permanent Agriculture*. The Devin-adair company. New York.
- Smith, M. 1992. *Cropwat, un Logiciel por la Planification et la Gestion des Systèmes D'irrigation*. Bulletin FAO D'Irrigation et de Drenage, **46**.
- Warren, A. & Agnew, C. 1988. *An Assessment of Desertification and Land Degradation in Arid and Semi-Arid Areas*. International Institute for Environment and Development, paper **2**. London: Ecology and Conservation Unit, University College.
- World Resources Institute, 1992. *World Resources*. Oxford University Press, New York.

Análise produtiva da utilização de touros BBB e Charoleses em vacadas comerciais

Charolais and BBB bulls at suckling cow herds

A. Perdigão¹ & C. Roquete²

RESUMO

O Branco Azul Belga (BBB) é uma raça bovina para cruzamentos terminais que, através de exposição em feiras, tem vindo a tentar convencer os criadores nacionais do seu interesse. Estamos como é lógico perante um efeito de marketing!

Este trabalho pretende demonstrar, como contributo, o que realmente acontece quando utilizamos os touros BBB (via inseminação artificial), comparativamente com os touros de raça Charolesa, em termos de resposta reprodutiva e produtiva.

Foi interessante o incremento de peso desmamado (+15%), assim como a quase inexistência de distócias (vacas todas multi-paras). No entanto, a nível da inseminação artificial como instrumento zootécnico, temos de focar o incremento das dificuldades de manejo, que podem desencorajar os criadores, para a respectiva utilização.

ABSTRACT

The Belgian Blue White (BBB), is a beef cattle breed for terminal crossings that have come, through exposition in fairs, trying to

convince the national cattleman about its interest. We are as it is logical before a marketing effect! This work intends to demonstrate, as contribution, what really happens when we use BBB bulls (by artificial insemination), still compared with the bulls of Charolesa breed, in terms of reproductive and productive reply.

The increment of weaned weight through BBB was interesting (+15%), as well as almost the inexistence of distocia (all mature cows). However, about the artificial insemination, as a livestock instrument, we have to point out the increment of the difficulties of management that can discourage the producers, for the use of the BBB breed.

INTRODUÇÃO

O conceito de raças paternais, também designadas na gíria como terminais, encontra-se ligado às raças de aptidão cárnea e é utilizado para designar as raças bovinas tidas como melhoradoras, geralmente através da linha paterna, com o objectivo de se conseguir como resultado do cruzamento final, um animal com a maior qualidade possível no que respeita às características

¹ Associação de Agricultores do Distrito de Évora, Horta do Bispo, 7000 Évora; ² Departamento de Zootecnia e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94 Évora, e-mail: croquete@uevora.pt

tidas como ideais para a produção de carne em quantidade e qualidade.

O produtor em questão, tendo tomado conhecimento da existência duma raça ainda pouco divulgada, com origem na Bélgica e com características aparentemente excepcionais para raça terminal, decidiu avançar com uma experiência de cruzamento, utilizando sêmen de touros BBB nas suas vacadas.

Confrontado com os elevadíssimos preços dos reprodutores masculinos, delineou um plano de utilização desta raça em Portugal, através da importação de sêmen e posterior inseminação, ciente da existência de factores, que são impeditivos de uma maior disseminação desta técnica de reprodução, nas explorações pecuárias extensivas, particularmente no Alentejo.

Em Portugal, as raças de bovinos mais utilizadas para este fim, são a Charolesa e a Limousine, estando desde a algum tempo a começar a utilizar-se também o Blonde de Aquitaine, sendo o Branco Azul Belga (BBB), uma raça vincadamente de aptidão cárneas, mas muito pouco utilizada. Torna-se necessário recuar ao princípio do século XX, altura em que se iniciaram os primeiros esforços de selecção, para fazer emergir uma raça de tipo misto, a partir de um conjunto de animais bastante heterogéneo do tipo leiteiro que, por sua vez, já tinham sido sujeitos a alguns cruzamentos com touros da raça Shorthorn durante a segunda metade do século XIX

Durante a década seguinte (1950-1960), ocorre um período de transição, em que já se começa a sentir uma nova orientação para a selecção dos animais entretanto obtidos. Inicia-se a introdução da raça Holstein-Friesian Americana, que acentuou a especialização leiteira dos animais Pie-Noir sujeitos a este cruzamento e, a partir de 1960, dá-se uma alteração decisiva, inicialmente apenas nos machos, e posteriormente

também nas fêmeas, em que se principiou a conduzir a selecção dos animais perseguindo um maior desenvolvimento muscular, na procura de uma especialização na produção de carne. Esta especialização, teve por base a exigência do mercado da carne, particularmente no das vitelas (vitelas de carne branca), que tem uma enorme importância na região e no qual uma vitela do tipo carne, chegava a valer três vezes mais que uma vitela dita normal (ramo leiteiro). Como resultado desta orientação na selecção, surge-nos um animal com desenvolvimento muscular impressionante: os machos a pesarem entre 1.100 e 1.250 Kg e tendo uma altura ao garrote de 145 a 154 cm, sendo no entanto normal encontrar animais com mais de 1.300 Kg; quanto às fêmeas elas pesam entre 700 e 750 Kg com uma altura ao garrote de 132 a 134 cm, podendo, no entanto, encontrar-se fêmeas de pesos superiores a 850 Kg e com alturas ao garrote a ultrapassarem os 140 cm. Quanto ao rendimento em músculo, é da ordem dos 80%, existindo no entanto peças, que noutras raças são classificadas como de 2ª categoria, e nesta são comercializadas como carne de 1ª categoria.

No que respeita à facilidade de parto, característica muito importante a ter em conta nos cruzamentos industriais, os valores indicados são de mais de 90% de cesarianas em raça pura, baixando para os 2% em cruzamento (BBB, Herdbook 1998).

MATERIAL E MÉTODOS

O local onde se desenrolou o presente estudo, foi a Herdade das Lages Grandes, sita no concelho de Évora com uma área total de 478 ha, dos quais 92 ha eram de regadio, 215 ha de sequeiro, 129 ha de superfície florestal e 42 ha de incultos. No regadio, faz-se 80 ha de lavra de arroz e de 12 ha de milho ou girassol. No que se refere

ao sequeiro, é dedicado, quase na íntegra, à produção de forragens obedecendo-se à rotação seguinte:

Alqueive – Trigo mole – Forragem p/ feno -
Forragem p/ feno – Pousio

A área florestal é constituída por 14 ha de eucaliptal e 114 ha de montado misto de sobre e azinho, no qual se aproveitavam as pastagens do sub-coberto, constituídas por 40 ha semeados com um prado permanente de trevo subterrâneo x dactilis, e o remanescente por pastagem natural.

O efectivo pecuário era constituído por um núcleo de 144 vacas adultas e 3 toiros charoleses puros.

O manejo alimentar e reprodutivo seguido foi o tradicional desta região, com o desmame dos vitelos realizado por volta dos 7 meses de idade. A vacada aproveitou as pastagens naturais, os pousios e as pastagens semeadas, desde o início da Primavera até ao princípio do Verão, altura em que os animais pastorearam os restolhos dos cereais de sequeiro. Já no final do Verão, iniciaram o aproveitamento dos restolhos das áreas semeadas com culturas de regadio, nomeadamente os restolhos do arroz e do milho ou girassol. No início do Outono (meados de Outubro), os animais foram confinados às parcelas de montado onde passaram todo o Outono e Inverno, tendo sido suplementados com feno de aveia x vicia produzido na exploração e, eventualmente, com alguma rama resultante das podas realizadas ao montado. Aproveitaram também, de Outubro até Janeiro, a bolota e lande produzida. Os vitelos, durante este período, foram acompanhados com “creep-feeding”, em comedouros selectivos.

A época de partos decorreu nos meses de Junho a Agosto tendo o desmame sido realizado em finais de Março princípios de Abril.

Neste efectivo pecuário são realizadas duas acções anuais de profilaxia, mediante vacinação e desparasitação de todo o efectivo adulto. Estas acções acontecem em Outubro e Abril. No que se refere aos animais jovens: às 24 horas de vida são submetidos a uma vacinação contra as Pasteurellosas e os Clostrídiums; são identificados com dois brincos (um do S.I.A e outro com uma identificação particular da exploração); são pesados e descornados (processo químico) e é registada a identificação da mãe.

Quanto ao manejo experimental, os animais que foram seleccionados para este ensaio, obedeceram primeiramente a critérios relacionados com a idade e estado reprodutivo. As vacas deveriam ter uma boa condição corporal, ter cumprido o período de 60 dias de repouso após o último parto e ter menos de 10 anos de idade.

De seguida procedeu-se ao exame ginecológico dos animais elegíveis para inseminação, tendo sido escolhidas 67 vacas, divididas em dois grupos: um de 34 animais para inseminar com Charolês e outro de 33 para inseminar com B.B.B.

Foi decidida a utilização de um novilho da exploração, vasectomizado e com arreo marcador, como auxiliar na detecção deaios, tentando-se minimizar o risco sanitário inerente a este método.

Os tratadores observavam os animais três vezes por dia, detectando os sinais de cio ou as vacas riscadas pelo marcador do novilho.

Para o esquema de manejo reprodutivo, o rebanho de animais seleccionados para esta experiência, foi subdividido em dois grupos. Um primeiro grupo de 28 animais, iniciou o tratamento com luprostiol no dia 23/9. As vacas deste grupo, que entretanto não revelaram sintomas de estro, foram injectadas pela segunda vez no dia 5/10 e, se continuaram a não revelar sinais de cio, foram então inseminadas por duas vezes nos dias 8 e 9/10. Um segundo grupo de 39 animais, ini-

ciou este mesmo programa no dia 4/10, sendo a segunda administração de luprostiol, no dia 15/10. As inseminações dos animais que não revelaram cio, realizaram-se nos dias 18 e 19/10. Detectado o cio do animal ou dos animais, estes foram conduzidos para um curral e posteriormente para uma manga de contenção, onde se procedeu à inseminação.

Os dados obtidos neste ensaio, foram analisados estatisticamente por processos descritivos e análise de variância (intervalo entre último parto e a inseminação; e duração da gestação) ou de (co)variância (peso ao desmame) de acordo com os modelos lineares generalizáveis (GLM):

$$Y_{ijklm} = \mu + RT_i + TIA_j + SX_k + IV_l + (RT \times TIA)_{ij} + (TIA \times IV)_{jl} + e_{ijklm}$$

$$Y_{ijklm} = \mu + RT_i + MP_j + SX_k + IV_l + (RT \times MP)_{ij} + (RT \times SX)_{ik} + (MP \times SX)_{jk} + b1(ID - ID_m) + e_{ijklm}$$

Y_{ijklm} – peso ao desmame (ou intervalo último parto e a inseminação) (ou duração da gestação) do m-ésimo animal

μ – média geral

RT_i – efeito fixo da raça i-ésima

MP_j – efeito fixo do mês de parto j-ésimo (ou TIA – efeito fixo do tipo de Inseminação)

SX_k – efeito fixo do sexo do vitelo k-ésimo

IV_l – efeito fixo da idade da vaca l-ésima

$(RT \times MP)_{ij}$ – efeito de interacção entre a raça e o mês de parto

$(RT \times TIA)_{ij}$ – efeito de interacção entre a raça e o tipo de inseminação

$(TIA \times IV)_{jl}$ – efeito de interacção entre tipo de inseminação e idade da vaca

$(RT \times SX)_{ik}$ – efeito de interacção entre a raça e o sexo

$(MP \times SX)_{jk}$ – efeito de interacção entre o mês de parto e o sexo

$b1$ – coeficiente de regressão entre a idade ao desmame o peso ao desmame

ID – média das idades ao desmame

ID_m – idade ao desmame do m-ésimo animal

e_{ijklm} – erro residual

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados reprodutivos obtidos com a realização da inseminação artificial, não foram o objecto principal deste estudo. No entanto, o período de repouso pós-parto foi um dos critérios que tivemos em conta quando seleccionámos o lote de vacas a inseminar. Na prática é aconselhável inseminar as vacas, apenas no cio, decorridos pelo menos 60 dias após o último parto, pois este procedimento melhorará a taxa de concepção em 10 ou 15%. O valor médio foi de 103,01 dias, verificando-se que todas as fontes de variação (raça do touro, idade da vaca e tipo de IA) não foram significativas ($P > 0,05$) (Quadro 1).

Das 67 vacas inseminadas artificialmente, ficaram gestantes apenas 33. O sucesso da IA foi ligeiramente inferior a 50%, o que parece aceitável para animais em manejo extensivo (Alvarez, 2002).

Verificámos que 62,7% dos animais revelaram sinais de cio. Apenas 37,3% das vacas que foram injectadas por duas vezes com luprostiol, não revelaram sinais de estro, pelo que tiveram de ser sujeitas a dupla inseminação.

A duração média de gestação foi de 279,75 dias. Embora sendo principalmente determinada por factores genéticos, ela pode modificar-se devido a factores maternos, fetais e do meio ambiente (Hunter, 1980). Da análise podemos verificar que as fontes de variação, raça do touro e tipo de IA,

QUADRO 1 – Intervalo entre último parto e inseminação

Fonte de Variação	Níveis	n	Média dos quadrados mínimos	Erro padrão	Prob. (P)	Nível signif
Raça do Touro	BBB	30	110,76	16,01	0,507	NS
	CHA	30	95,27	16,01		
Tipo de I.A.	1	37	114,27	14,41	0,344	NS
	2	23	91,76	18,28		
Idade da Vaca	1	2	89,50	61,98	0,991	NS
	2	1	122,48	87,65		
	3	38	101,76	14,21		
	4	19	98,32	21,11		
Média geral		60	103,01			

QUADRO 2 – Duração da Gestação

Fonte de Variação	Níveis	n	Média dos quadrados mínimos	Erro padrão	Prob. (P)	Nível signif
Raça do Touro	BBB	16	277,53	1,01	0,019	*
	CHA	14	281,96	1,08		
Tipo de I.A.	1	19	283,23	0,92	0,012	*
	2	11	276,26	1,21		
Idade da Vaca	2	3	281,85	2,32	0,030	*
	3	24	282,76	0,82		
	4	3	274,63	2,32		
Sexo do vitelo	1	18	280,08	0,95	0,067	NS
	2	12	279,42	1,16		
Raça do Touro X Tipo de IA	BBB,1	10	281,79	1,27	0,38	NS
	BBB,2	6	273,28	1,64		
	CHA,1	9	284,68	1,34		
	CHA,2	5	279,25	1,80		
Tipo de I.A. X Idade da Vaca	1,2	2	283,05	2,84	0,003	**
	1,3	15	282,03	1,03		
	1,4	2	284,61	2,84		
	2,2	1	280,65	4,02		
	2,3	9	283,48	1,34		
	2,4	1	264,65	4,02		
Média geral		30	279,75			

apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) (Quadro 2). No que se refere à idade da vaca, as diferenças foram também significativas. Hafez (1986) refere que, normalmente, a duração da gestação tende a aumentar com a idade da vaca. Todavia, neste ensaio, verificou-se o contrário. Já no que se refere ao sexo do vitelo e à interação entre a

raça do touro e o tipo de inseminação elas não foram significativas.

A facilidade de parto, está directamente relacionada com o peso ao nascimento. A distócia, ou parto difícil, pode dever-se a causas fetais, maternas ou mecânicas (Hafez, 1986). O aumento do peso ao nascimento, conduz a um incremento da dificuldade de

QUADRO 3 – Peso ao desmame

Fonte de Variação	Níveis	n	Média dos quadrados mínimos	Erro padrão	Prob (P)	Nível signif
Raça do Touro	BBB	27	267,18	4,66	0,002	**
	CHA	31	242,89	4,35		
Mês de Parto	7	25	246,57	4,84	0,671	NS
	8	21	258,21	5,28		
	9	12	260,32	6,99		
Idade da Vaca	2	3	256,08	13,98	0,54	NS
	3	37	249,69	3,98		
	4	18	259,33	5,71		
Sexo do vitelo	1	29	267,55	4,50	0,001	**
	2	29	242,52	4,50		
Raça do Touro X Mês de Parto	BBB,7	13	264,52	6,71	0,448	NS
	BBB,8	8	266,93	8,56		
	BBB,9	6	270,08	9,88		
	CHA,7	12	228,62	6,99		
	CHA,8	13	249,49	6,71		
	CHA,9	6	250,56	9,88		
Raça do Touro X Sexo do vitelo	BBB,1	16	278,81	6,05	0,8	NS
	BBB,2	11	255,55	7,30		
	CHA,1	13	256,29	6,71		
	CHA,2	18	229,49	5,71		
Mês de Parto X Sexo do vitelo	7,1	15	252,52	6,25	0,018	*
	7,2	10	240,62	7,66		
	8,1	7	261,07	9,15		
	8,2	14	255,36	6,47		
	9,1	7	289,06	9,15		
	9,2	5	231,58	10,83		
Idade ao Desmame					0,012	*
Média geral		58	255,03			

NS - $P > 0,05$ – Não significativo ; * - $P < 0,05$ – Significativo; ** - $P < 0,01$ – Altamente significativo

GLOSSÁRIO: Idade da vaca: (1) $I < 3$ anos; (2) $3 < I \leq 5$; (3) $5 < I \leq 10$; (4) $I > 10$ anos; Mês de parto: (7) Julho; (8) Agosto; (9) Setembro; Raça do Touro: (BBB)Branco Azul Belga; (CHA)Charolês; Sexo do vitelo: (1) Macho; (2) Fêmea; Tipo de I.A. : (1) com detecção de cio; (2) sem detecção de cio

parto ou aumento da percentagem de partos distócicos (Roquete, 1997). Conscientes desta problemática, acrescida do facto de as duas raças paternas em estudo serem conhecidas pela dificuldade de parto, o peso ao nascimento foi considerado importante neste estudo comparativo. No entanto, não se verificaram diferenças entre os pesos médios ao nascimento (42 kg em ambas as raças), não tendo ocorrido nenhum parto distócico com nenhuma das raças.

O peso ao desmame, fornece-nos importantes indicações sobre a capacidade de

crescimento de um determinado animal e a eficiência produtiva da vaca. Para este peso, contribuem não só os aspectos genéticos relacionados com o animal, como também a capacidade maternal da vaca e ainda as condições de alimentação a que são sujeitos, quer os vitelos quer as mães. No Quadro 3, apresentamos os elementos relativos à análise de (co)variância para este peso, ajustado para a idade média ao desmame.

Verificámos que a média do peso ao desmame se situou em valores de cerca de 255 Kg (idade média 220 dias). As fontes de

variação, raça do toiro e sexo do vitelo, foram altamente significativas ($P < 0,01$). No que se refere à variação entre os meses de parto ($P < 0,05$), a explicação para este facto, terá a ver com o manejo alimentar da vacada. De Julho a Agosto, a vacada encontrava-se a pastorear os restolhos de cereais de Outono/Inverno, sem recurso a qualquer suplementação. No final do mês de Setembro, iniciou-se o aproveitamento do restolho de arroz que, sendo uma cultura de regadio, possui uma boa quantidade de infestantes (sobretudo nas paredes dos tanques), que no final do Verão estão plenamente desenvolvidas e verdes, graças à irrigação. Esta fonte alimentar tem um valor superior ao do restolho de cereal de Outono/Inverno. Assim as vacas que parem no mês de Setembro, estão normalmente em melhor condição corporal, originando uma maior produção de leite para o vitelo.

Quando utilizámos o peso corrigido aos 205 dias, tendo em conta o sexo do animal e a idade da vaca, verificámos que a média dos pesos foi de 199,59 Kg existindo uma diferença de 28 Kg entre a raça BBB e a Charolesa, a favor da primeira ($P < 0,01$).

CONCLUSÕES

O Branco Azul Belga (BBB) parece ser uma raça bovina paternal de grande interesse, para a produção de carne. Os resultados obtidos neste ensaio apontam para diferenças de peso ao desmame da ordem dos 28 kg, quando comparados com a raça charolesa. Esta diferença representa um acréscimo de peso vivo ao desmame de cerca de 15%. Se contabilizarmos este peso aos preços actuais de mercado, representa uma valorização do vitelo ao desmame de cerca de 70 €. No entanto resta saber, qual o comportamento destes animais durante a engorda e acabamento, bem como a capacidade de

adaptação dos touros às condições edafo-climáticas do Alentejo.

No que respeita à facilidade de parto, neste ensaio não ocorreram distócias. Todavia, atendendo a que os pesos ao nascimento são semelhantes para as duas raças, será de esperar que, tal como com o Charolês (Canadian Charolais Association, 2004), surjam alguns problemas com o BBB, sobretudo nas primíparas.

A inseminação artificial é, reconhecidamente, uma ferramenta zootécnica de grande interesse. Verificámos que a detecção deaios, correcta e atempada, foi muito importante para o incremento da taxa de sucesso da IA. No entanto as necessidades de manejo que implica, são difíceis de implementar nas explorações pecuárias extensivas alentejanas. Conscientes desta realidade, acreditamos que, com algum esforço de adaptação por parte dos produtores, esta técnica pode constituir uma alternativa à importação de touros, sobretudo se tivermos em conta, o elevado custo de aquisição por reprodutor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, R. H. 2002. "Eficácia do tratamento ovisynch associado à inseminação artificial em rebanhos bos-taurus e bos-indicus"; Brasília.
- BBB, Herdbook 1998. *La race Blanc Bleu Belge*. Dinant-Namur; Imprimerie Bordeaux-Capelle.
- Canadian Charolais Association 2004. *História do Charolês*. Calgary-Canadá; <http://www.charolais.com>.
- Haféz, E.S.E. 1986. *Reproduccion e inseminacion artificial en animales*. 4ª edição; Detroit-Michigan; Nueva Editorial Interamericana.
- Hunter, R. H. F. 1980. *Physiology and technology of reproduction in female domes-*

tic animals. Academic Press Inc. Ltd.
Londres
Roquete, C. 1997. Caracterização produtiva
da raça bovina charolesa. *Boletim Infor-*

mativo Raça Charolesa. APCBRC. Lisboa.

Estimativa da ingestão e digestibilidade de erva e bolota em porcos alentejanos pela técnica dos n-alcanos

Estimation of intake and digestibility of pasture and acorns by alentejano pigs using n-alkanes

C. Mendes¹, M. I. Ferraz-de-Oliveira², T. Ribeiro³ & M. C. d'Abreu¹

RESUMO

Com o objectivo de estimar, em porcos Alentejanos, a ingestão e a digestibilidade de erva e bolota, foi realizado um ensaio utilizando n-alcanos de cadeia longa como marcadores fecais. Oito animais, alojados em caixas metabólicas, distribuídos aleatoriamente em 2 grupos de 4 animais cada, foram sujeitos a dois tratamentos. Cada animal do grupo 1 recebeu um bolinho por dia, contendo 100 mg de C₃₂ e 150 mg de C₃₆ e do grupo 2, dois bolinhos por dia contendo 50 mg de C₃₂ e 75 mg de C₃₆. Os animais foram alimentados com erva e bolota ao longo de todo o ensaio.

A ingestão e a digestibilidade da dieta foram determinadas individualmente, através da medição das quantidades de alimento ingeridas e de fezes produzidas durante 5 dias e estimadas através da utilização da técnica dos n-alcanos.

As estimativas da digestibilidade feitas através da utilização dos n-alcanos naturais C₂₅ e C₂₇ permitiram a obtenção de resultados muito próximos das medições *in vivo*. Os C₂₉ e C₃₁, em combinação com os n-alcanos artificiais (C₃₂ e C₃₆), forneceram as

estimativas da digestibilidade mais próximas da determinada, sendo os pares C₂₉:C₃₂ e C₂₉:C₃₆ os que forneceram as melhores estimativas para a ingestão. A administração dos C₃₂ e C₃₆ uma ou duas vezes por dia não demonstrou ter qualquer influência nas estimativas realizadas.

A composição da dieta (bolota e erva), estimada pelos n-alcanos, apresentou valores próximos dos medidos *in vivo*, sendo as melhores estimativas dadas pelas combinações dos n-alcanos C₂₉ e C₃₁.

ABSTRACT

The aim of this experiment was to estimate intake and digestibility of grass and acorns in Alentejano pigs, using long chain n-alkanes as fecal markers. Eight male Alentejano pigs, housed in metabolic cages were randomly allocated into two groups. Group 1 received one small cake per animal per day containing 100 mg of C₃₂ and 150 mg of C₃₆ and group 2 received two small cakes per animal per day containing 50 mg of C₃₂ and 75 mg of C₃₆. The animals were

¹ Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora, Apartado 94 – 7002-554 Évora; ² Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora, e-mail: mifo@uevora.pt; ³ Rua do Sarra, nº1 esq, 2580-503 Carregado

fed, during all the trial, with acorns and grass.

Intake and digestibility were measured *in vivo*, per animal, during 5 days and estimated using the n-alkane technique.

The estimates of digestibility, based on the concentration of the natural n-alkanes C_{25} and C_{27} , were close to the measured digestibility *in vivo*. C_{29} and C_{31} , in combination with the artificial n-alkanes (C_{32} and C_{36}), gave the closest digestibility estimates to the measured one. The pairs C_{29} : C_{32} and C_{29} : C_{36} gave the best estimates of digestibility. The frequency of administration of artificial alkanes (once or twice daily) did not affect the estimates of intake and digestibility.

Diet composition (acorn and grass) was also estimated using n-alkanes. The combination of C_{29} and C_{31} n-alkanes gave the closest estimates to the *in vivo* measurements.

INTRODUÇÃO

O acabamento extensivo de suínos Alentejanos no montado tem uma elevada tradição no Sudoeste da Península Ibérica e está associado à obtenção de produtos de elevada qualidade, devendo-se esta, sobretudo, à alimentação à base de bolota e erva (Fernandes, 1999). Apesar da composição química dos principais ingredientes da dieta ingerida por estes animais (erva e bolota) ser bem conhecida, a composição quantitativa dessa dieta permanece ainda desconhecida. Ao determinar a composição da dieta dos suínos Alentejanos ao longo do seu período de engorda será possível compreender os efeitos da alimentação tradicional de montanha na qualidade dos produtos originados por estes animais.

Os n-alcenos, componentes estruturais das ceras cuticulares das plantas, têm sido utili-

zados como marcadores fecais para a estimativa da ingestão e digestibilidade em estudos de nutrição animal, particularmente em ruminantes e embora não sejam os componentes presentes em maior concentração, são de fácil análise e identificação (Dove & Mayes, 1991). O perfil das concentrações de n-alcenos é diferente entre espécies de plantas, o que possibilita a identificação dos diferentes componentes da dieta dos animais (Dove & Mayes, 1991).

Neste ensaio pretendem-se estimar a ingestão de erva e bolota através da utilização de n-alcenos, avaliar o efeito da frequência de administração dos n-alcenos artificiais nessas estimativas, e testar a possibilidade de utilização dos n-alcenos para estimar a proporção relativa de erva e bolota na dieta.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados oito porcos, machos castrados de raça Alentejana com um peso vivo médio de 58 kg. Os 8 animais foram aleatoriamente distribuídos por dois grupos de 4 animais cada, colocados em caixas metabólicas e alimentados com bolota proveniente de *Quercus rotundifolia* e erva (mistura, à base de maioritariamente gramíneas e leguminosas).

Os animais foram submetidos a um período de habituação de 15 dias, durante o qual foram alimentados diariamente com 1,5 kg de bolota e 200 g de erva. Durante este período um animal do grupo 1 foi retirado do ensaio por doença. Nos últimos 3 dias do período de habituação foram distribuídos bolos (20 g) de melaço de cana e farinha de milho (190 g de farinha para 210 g de melaço) sem alcenos. Seguiu-se um período experimental de 10 dias, durante o qual foram administrados bolos de melaço e farinha de milho preparados do mesmo

modo, mas com a introdução dos alcanos C32 e C36. Os bolos foram distribuídos, uma ou duas vezes por dia, resultando na mesma dose total diária de C32 e C36. O grupo 1 recebeu, antes da refeição da manhã, um bolo por dia com 100 mg de C32 e 150 mg de C36, e o grupo 2, dois bolos de melação por dia com 50 mg de C32 e 75 mg de C36 distribuídos antes da refeição da manhã e da refeição da tarde.

Durante os últimos 5 dias do período experimental, foram recolhidos individualmente os refugos de alimento e as fezes totais produzidas para a determinação da digestibilidade da matéria seca (MS). As fezes produzidas ao longo dos 5 dias foram depois utilizadas para preparar uma amostra compósita representativa da excreção de cada animal.

As amostras de fezes, dos refugos e dos alimentos, foram identificadas e armazenadas a -20 °C. Amostras dos alimentos (erva e bolota) foram recolhidas aleatoriamente ao longo do ensaio. Após descongelação, os alimentos e refugos foram desidratados em estufa a 65 °C e as amostras de fezes liofilizadas. As bolotas amostradas foram separadas em casca e miolo para posterior análise, tendo sido utilizados os valores de n-alcanos no miolo para o cálculo das concentrações dos marcadores na dieta.

Após homogeneização do refugo de cada animal foi retirada uma amostra representativa (cerca de 1/2), sendo o restante desprezado. Metade da amostra retirada do refugo foi utilizada para a análise global e a outra metade foi separada em casca de bolota e erva, constituindo amostras individuais da quantidade refugada pelos animais para cada um dos componentes da dieta.

Para todas as amostras recolhidas durante o ensaio foi determinada a humidade residual e foram doseados os n-alcanos de cadeia longa (C25-C36) de acordo com o

procedimento descrito por Dove & Mayes (2003).

A digestibilidade foi determinada, individualmente, através da medição das quantidades de alimento ingeridas e da quantidade total de fezes produzidas durante 5 dias, de acordo com a equação 1.

$$D = \frac{I - Pf}{I} \quad (1)$$

D= Digestibilidade

I= Ingestão (kg MS)

Pf= Produção Fecal (kg MS)

A digestibilidade foi estimada de duas formas: a partir da concentração dos n-alcanos naturais presentes em maior concentração na dieta: C₂₅, C₂₇, C₂₉, C₃₁ e C₃₃ (equação 2);

$$D = 1 - \left[Rf \times \left(\frac{Mdi}{Mfi} \right) \right] \quad (2)$$

D= Digestibilidade

Rf= Recuperação fecal do alcano natural

Mdi= Concentração do alcano natural na dieta (mg kg⁻¹ MS)

Mfi= Concentração do alcano natural nas fezes (mg kg⁻¹ MS)

e através (equação 1) da diferença entre a ingestão estimada pela combinação de pares de n-alcanos com recuperações fecais semelhantes (equação 4) e a produção fecal estimada através da utilização de um marcador externo, neste caso o n-alcano C₃₂ ou o C₃₆ (equação 3).

$$Pf = \frac{Da}{Mfa} \quad (3)$$

Da= Dose de alcano artificial distribuído (mg/dia)

Mfa= Concentração do alcano artificial nas fezes (mg kg⁻¹ MS)

A estimativa da ingestão foi feita através da concentração, na dieta e nas fezes, de dois n-alcenos com recuperações fecais semelhantes (Dove & Mayes, 1991) (equação 4). Foi utilizado em cada par um n-alceno artificial, com elevada recuperação fecal e um natural com recuperação fecal semelhante.

$$I = \frac{Da}{\frac{Mfa}{Mfi} \times Mdi - Mda} \quad (4)$$

Mfi= Concentração do alceno natural nas fezes (mg kg⁻¹ MS)

Mda= Concentração do alceno artificial na dieta (mg kg⁻¹ MS)

A estimativa da composição da dieta foi realizada a partir de um sistema de equações (Oliván & Osoro, 1997) onde foi relacionada a concentração de vários n-alcenos naturais nas fezes (corrigida com a respectiva recuperação fecal) e na dieta, de modo a determinar a proporção de cada componente na dieta (equação 5).

$$xAi + yBi = Hi \quad (5)$$

Em que:

x= Proporção componente A da dieta

y= Proporção do componente B da dieta

Ai= Concentração do n-alceno i no componente A da dieta

Bi= Concentração do n-alceno i no componente B da dieta

Hi= Concentração do alceno i nas fezes / recuperação fecal

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (STATISTICA™ versão 6.0, Statsoft®), utilizando o modelo factorial. Consideram-se dois factores: tratamento (uma ou duas administrações da mesma dose diária de n-alcenos) e modo de

cálculo da digestibilidade, ingestão e composição da dieta (determinação *in vivo* ou estimativa obtida através de diferentes n-alcenos).

Quando não se observaram efeitos significativos do factor tratamento e da interacção entre dois factores, foram realizadas análises de variância a um só factor. A comparação de médias foi realizada utilizando o teste LSD (Least significant difference). É de referir que, na análise de variância realizada para cada estimativa, foram retirados os "outliers", ou seja todos os valores que apresentavam um erro superior a 3 vezes o desvio padrão e que, por essa razão poderiam comprometer a análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de n-alcenos na dieta distribuída aos animais apresentam-se no Quadro 1.

A digestibilidade da matéria seca (MS) da dieta, determinada durante o período experimental do ensaio (5 dias), foi de 89,2%. A administração dos n-alcenos artificiais C₃₂ e C₃₆, uma ou duas vezes por dia, não interferiu (p>0,05) na estimativa da digestibilidade.

As digestibilidades médias estimadas a partir das concentrações dos n-alcenos naturais presentes na dieta (equação 2) e a digestibilidade determinada ao longo do ensaio são apresentadas no Quadro 2.

As concentrações de n-alcenos naturais nas fezes foram corrigidas com as respectivas taxas de recuperação fecais (Ribeiro, 2005). As estimativas da digestibilidade calculadas com os C₂₅, C₂₇, C₂₉ e C₃₁ não diferiram significativamente do valor determinado *in vivo*. Apenas o C₃₃ originou uma estimativa muito inferior à digestibilidade determinada, o que poderá dever-se às

QUADRO 1 - Concentração de n-alcanos nos alimentos (mg kg⁻¹ MS)

Alimentos	Concentração de n-alcanos (mg kg ⁻¹ MS)									
	C ₂₅	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₅	C ₃₆
Bolota Inteira	9,5	32,0	9,40	47,1	3,7	4,4	2,0	1,0	0,8	1,5
Casca Bolota	12,8	62,0	17,8	155,1	4,1	5,2	1,3	0,8	0,7	0,7
Miolo Bolota	5,44	5,5	4,5	4,7	3,1	1,9	1,2	0,7	0,2	0,6
Erva	15,5	37,8	9,9	176,7	13,0	231,1	9,3	39,6	1,8	7,6

QUADRO 2 - Digestibilidade estimada utilizando os n-alcanos naturais e digestibilidade determinada

	Estimada					Determinada	n	EPM
	C ₂₅	C ₂₇	C ₂₉	C ₃₁	C ₃₃			
Digestibilidade média	0,889 ^a	0,890 ^a	0,919 ^a	0,899 ^a	0,580 ^b	0,892 ^a	7	0,0342

^{a-b} Médias com letras diferentes correspondem a diferenças estatisticamente significativas (p≤0,05)

baixas concentrações deste alcano nas fezes (Ribeiro, 2005). As estimativas de digestibilidade média obtidas com a utilização dos C₂₅ e C₂₇ são as que mais se aproximam do valor determinado *in vivo*.

No Quadro 3 apresentam-se as digestibilidades médias obtidas a partir da estimativa da ingestão com pares de n-alcanos e da produção fecal com os C₃₂ e C₃₆ e a digestibilidade real.

Não se observaram diferenças significativas entre qualquer uma das estimativas e a digestibilidade determinada *in vivo*, embora haja diferenças entre as várias estimativas. A utilização de pares de n-alcanos de elevada recuperação fecal permitiu uma estimativa adequada da digestibilidade. De todos os pares de n-alcanos utilizados nesta estimativa, o C₃₁:C₃₆ é o que mais se afasta do valor obtido para a digestibilidade determinada, o

que poderá dever-se às diferenças (embora não significativas) observadas nas recuperações fecais dos dois n-alcanos (Ribeiro, 2005). A melhor estimativa da digestibilidade foi dada pelo par C₂₉:C₃₆, o que se deveu, provavelmente, ao facto de estes serem os que apresentam valores de recuperações fecais mais semelhantes, entre todos os pares utilizados.

A ingestão de MS determinada *in vivo* (5 dias) foi de 6,35 kg. No Quadro 3 são apresentadas as ingestões médias estimadas por vários pares de alcanos de recuperação fecal semelhante e o valor de ingestão determinada. O par C₂₇:C₃₂ originou uma estimativa da ingestão diferente (p<0,05) da determinada *in vivo*. As ingestões estimadas através dos pares C₃₁:C₃₂ e C₃₁:C₃₆, embora não significativamente diferentes da ingestão determinada *in vivo* (dado o elevado erro padrão

QUADRO 3 - Digestibilidade determinada *in vivo* e estimada a partir da ingestão calculada por um par de alcanos e a produção fecal a partir dos C₃₂ e C₃₆ e ingestão determinada *in vivo* e estimada a partir de pares de alcanos

	Estimada					Determinada	n	EPM
	C ₃₂ :C ₂₇	C ₃₂ :C ₂₉	C ₃₂ :C ₃₁	C ₃₆ :C ₂₉	C ₃₆ :C ₃₁			
Digestibilidade	0,849 ^{ac}	0,916 ^b	0,852 ^{ac}	0,909 ^{ab}	0,844 ^c	0,892 ^{abc}	7	0,034
Ingestão (kg MS)	3,75 ^a	6,37 ^b	4,95 ^{ab}	6,22 ^b	4,92 ^{ab}	6,35 ^b	7	0,499

^{a-c} Médias na mesma linha com letras diferentes correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P≤0,05)

QUADRO 4 - Composição média estimada para cada componente da dieta pela combinação de n-alcenos naturais e proporção real de cada componente na dieta

Composição da dieta	Estimada			Determinada	n	EPM
	C ₂₇ /C ₂₉	C ₂₇ /C ₃₁	C ₂₉ /C ₃₁			
Proporção (%) erva/bolota	1,97/98,03 ^a	0,76/99,24 ^b	0,33/99,67 ^b	0,64/99,36 ^b	6	0,387

^{a-b} Médias com letras diferentes correspondem a diferenças estatisticamente significativas ($P \leq 0,05$)

da média), foram mais afastadas desta do que as estimadas pelos pares C₂₉:C₃₂ e C₂₉:C₃₆ (Quadro 3). Os pares C₂₉:C₃₂ e C₂₉:C₃₆ foram os que originaram estimativas da ingestão mais próximas da medida *in vivo*.

As proporções dos dois componentes da dieta, distribuídas aos animais ao longo de todo o período experimental do ensaio foram de 30% de bolota e 70% de erva, o que correspondeu a aproximadamente 900 g MS de erva e 8 kg MS de bolota. A dieta ingerida pelos animais corresponde, em média a 99,4% de bolota e 0,6% de erva. No Quadro 4 são apresentadas as proporções de cada componente da dieta, estimada pela combinação de dois n-alcenos naturais e a proporção real ingerida pelos animais ao longo dos cinco dias do período experimental.

Utilizaram-se para a estimativa da composição da dieta os n-alcenos naturais presentes em maior concentração na dieta e com maiores recuperações fecais, ou seja o C₂₇, C₂₉ e C₃₁. A combinação dos n-alcenos C₂₇ e C₂₉ originou uma estimativa da composição da dieta diferente da medida *in vivo*, sendo os valores obtidos significativamente diferentes de todas as outras estimativas e da proporção medida de cada componente ingerido na dieta. As restantes combinações permitiram a obtenção de proporções significativamente semelhantes para os dois componentes da dieta, sendo a combinação dos alcanos C₂₇ e C₃₁ a que permitiu a estimativa mais próxima da medida *in vivo*. A obtenção de melhores estimativas com a

combinação do C₃₁ com o C₂₇ e o C₂₉, quando comparadas com a combinação do C₂₇ com o C₂₉, poderá dever-se às diferenças observadas entre os dois componentes da dieta (bolota e erva) no que diz respeito à concentração dos n-alcenos C₂₇ e C₂₉ em relação ao C₃₁ (Dove & Mayes, 1991)

CONCLUSÕES

A frequência de doseamento dos n-alcenos artificiais C₃₂ e C₃₆ não afectou a estimativa da digestibilidade nem da ingestão.

Foi possível através da técnica dos n-alcenos estimar a ingestão e a digestibilidade de erva e bolota em porcos Alentejanos. A digestibilidade estimada a partir das concentrações de n-alcenos naturais foi semelhante à determinada *in vivo*, com excepção da digestibilidade estimada com o C₃₃.

Os pares de alcanos C₃₂:C₂₉ e C₃₆:C₂₉ foram aqueles que originaram as melhores estimativas de ingestão e digestibilidade.

A proporção dos dois principais componentes da dieta (bolota e erva) foi estimada pela combinação de dois pares de alcanos C₃₁/C₂₇ e C₃₁/C₂₉. A combinação C₂₇/C₂₉ levou a resultados significativamente diferentes de qualquer uma das outras estimativas e do valor determinado *in vivo*.

Embora as estimativas médias de ingestão e digestibilidade obtidas neste ensaio sejam em muitos casos não significativamente diferentes ($P > 0,05$) dos valores de ingestão e digestibilidade *in vivo*, têm associados a si, erros padrões relativamente elevados. Este

facto deve-se provavelmente à baixa concentração de alcanos naturais na dieta ingerida e consequentemente nas fezes, fruto da baixa ingestão de erva em relação à bolota e à ingestão apenas do miolo da bolota que tem uma concentração relativamente baixa de alcanos.

AGRADECIMENTOS

A autora M. I. Ferraz de Oliveira agradece a bolsa de Pós doutoramento (SFRH/BPD/5646/2001) concedida pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dove, H. & Mayes, R.W. 1991 The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, **42**: 913-952
- Dove, H. & Mayes, R.W. 2003 *Satellite meeting: wild and domestic herbivore diet characterization of the 6th International Symposium on Nutrition of Herbivores*, pp. 1-88. Mérida, Yucatán, México.
- Oliván, M. & Osoro, K. 1997. Utilización da la técnica de los n-alcanos en estudios de ingestión y selección de dieta de los rumiantes en pastoreo:revisión. *Itea*, **93A**: 193-208.
- Fernandes L. S. 1999. *Campos do Sul: Da História e Agro-Economia do Porco Alentejano ao Desenvolvimento Sustentável da Sua Agricultura*. Tese de doutoramento, Universidade de Évora, Évora
- Ribeiro T. 2005. Validação da Técnica dos n-Alcanos para *Estimativa da Ingestão e Digestibilidade em Porcos Alentejanos*. Trabalho de fim de curso em Engenharia Zootécnica. Universidade de Évora.

Projecção de lactações incompletas

Projection of incomplete lactations

C. Roquete^{1,2} & J. Castro^{1,2}

RESUMO

A Análise Factorial não sendo uma metodologia recente tem, na sua essência, justificação teórica para a questão da projecção de lactações incompletas, que cada vez mais se justifica devido ao desenvolvimento quase exponencial da capacidade dos computadores em termos de memória, velocidade e armazenamento de dados.

Neste contexto foi aplicado e ensaiado um desenvolvimento computacional, com base em uma população de bovinos leiteiros da região Sul de Portugal, tendo-se demonstrado ser perfeitamente exequível um tratamento matemático-estatístico, tendo por base a Análise Factorial, para um elevado número de registo do Contraste Oficial Leiteiro.

Não sendo a única, é no entanto, mais uma metodologia para apoio da selecção e melhoramento da população bovina de leite, com a grande vantagem de não fornecer estimativas tendenciosas ou enviesadas.

Em resultado final, pela utilização da técnica, houve um incremento em cerca de 10% do número de lactações envolvidas na avaliação genética da população em estudo.

ABSTRACT

The Factorial Analysis not being a recent methodology, it has in its essence theoretical justification, for the problem of the projection of lactations, that each time more is justified due to the almost exponential development of the capacity of the computers in memory terms, speed and storage of data.

In this context it was applied and assayed a computational development, on the basis of a dairy cattle population of South region of Portugal, that it demonstrated as is perfectly justified a mathematician-statistician treatment, having for base the Factorial Analysis, for an enormous number of register of the Official Milking Test.

Being not the only one it is, however, another methodology for support of the selection and improvement of the dairy cattle population, with the great advantage not to supply unbiased estimates.

As a final result, by the use of the technique, there was an increment in about 10% of the total number of involved lactations in the genetic evaluation of the population in study.

¹ Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora; ²Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora e-mail: croquete@uevora.pt

INTRODUÇÃO

A produção na lactação é normalmente calculada a partir das produções de apenas alguns dias, dando origem a uma lactação estandardizada de duração de 305 dias (Wiggans & Grossman, 1980).

Os métodos de cálculo podem ser diversos, sendo o mais utilizado o denominado de Fleishmen (método 39 da FAO - 1951, dirigido e fiscalizado pelo Comité Europeu de Contraste Leiteiro e Manteigueiro e controlado em Portugal pela D.G.V.).

Nas análises de caracterização da população Frísia é usual entrar apenas em linha de conta com as lactações terminadas normalmente e com duração superior a 180 dias e que, portanto, passarão a ser equivalentes a lactações estandardizadas de 305 dias.

Podemos focar a importância das lactações parciais e/ou incompletas, se considerarmos o valor do progresso genético associado a um esquema de selecção em bovinos leiteiros, cuja sub-população controlada não seja suficientemente grande. Assim, um programa óptimo de selecção requer um compromisso entre intensidade de selecção aplicada e a precisão do teste de descendência (Robertson, 1957).

Um dos pressupostos incide no facto que cada descendente tem igual importância para os propósitos do teste e de que o ponto crítico para o teste de descendência é o tamanho dos grupos das filhas dos touros em teste (Hinks, 1974). Na prática, os grupos são bastante desequilibrados e, quanto mais exigimos que a variância residual se encurte, mais estamos a incrementar o desequilíbrio e a tornar menos efectiva a fórmula base, de que cada filha deve ter a mesma importância.

Portugal é um país em que podemos considerar a população bovina leiteira pequena, em termos efectivos de testagem (uso limitado da inseminação artificial e serviços de

testagem). Como é evidente, o factor económico é uma componente importante de um esquema de selecção, e o incremento de estruturas não é, na maior parte dos casos a solução. Esta pode passar por caminhos que, teoricamente menos precisos, levem à resolução de pelo menos parte do problema. Deste modo, a utilização de lactações parciais e/ou incompletas pode ser uma alternativa.

JUSTIFICAÇÃO TEÓRICA

Confrontemos a situação de trabalharmos apenas com lactações completas e a possibilidade de utilização de lactações parciais ou incompletas. Assim, se optarmos por lactações incompletas e tendo presente Hinks (1974) em que:

- r = precisão do teste de descendência;
- h^2 = heritabilidade de um carácter;
- n_1 = número de descendentes do reprodutor em teste;
- w = número efectivo de descendentes.

$$r = \left(\frac{0,25 \cdot n_1 \cdot h^2}{1 - 0,25 \cdot h^2 (n_1 - 1)} \right)^{1/2}$$

Teoricamente, (r) é dado pela fórmula anterior, mas na prática há que ter em atenção o número efectivo de descendente dos reprodutores (t , factor de ponderação) em cada grupo contemporâneo (rebanho, ano, época de parto, etc), o que irá reduzir drasticamente esse factor. Então, (r') será:

$$w = \sum \frac{n_{11} \cdot n_{12}}{n_{11} + n_{12}} + \dots + \sum \frac{n_{1p} \cdot n_{2p}}{n_{1p} + n_{2p}}$$

$$= \sum w_1 + \dots + \sum w_p$$

$$t = \frac{w(1 + 0,25 \cdot h^2 \cdot (n_1 - 1))}{n_1(1 + 0,25 \cdot h^2 \cdot (w - 1) + c^2)}$$

$$r' = r \cdot t$$

Como (w), por definição não pode exceder (n_1), e c^2 igual a 0 ou 0,1, teremos que (t) será sempre menor que a unidade e (r) excederá sempre (r'). Portanto na prática nunca se atingirá o valor teórico, uma vez que ele está estreitamente ligado ao número efectivo de contemporâneas, para cada nível do factor ambiental. Deste modo, será mais fácil obter um número efectivo elevado para descendentes com lactações parciais e/ou incompletas do que apenas com lactações totais.

Quando utilizamos apenas registos de lactações completas, para propósitos de melhoramento genético de bovinos leiteiros, parte da componente hereditária é perdida (Syrstad, 1965). Por este motivo, é importante encontrar métodos apropriados para avaliar registos leiteiros que incluam lactações incompletas, com a ideia subjacente de que pretendemos na realidade fazer com que registos de duração inferior aos 305 dias sejam comparáveis. Nunca com o fito de prognosticar a produção da lactação completa. Ainda dentro do princípio de utilização de lactações incompletas, Danell (1982), aponta para a possibilidade de se obter a mesma confiança nas estimativas genéticas embora obtidas de 4 a 7 meses mais cedo.

Van Vleck & Henderson (1961) atestam da importância da utilização dos registos leiteiros incompletos e investigam o problema da combinação da informação parcial e completa, segunda a óptica dos índices de selecção.

Consideremos (i) grupos de registos com médias independentes e um índice para touros baseado nas médias das respectivas filhas ($\bar{X}_i$), sendo

$$I = \sum b_i (\bar{X}_i - \mu_i)$$

em que (μ_i) é a média geral do grupo i -ésimo e (b_i) o factor de ponderação. Desenvolvendo teremos:

$$I = b_1 (\bar{X}_1 - \mu_1) + b_2 (\bar{X}_2 - \mu_2)$$

com os factores de ponderação calculados pelo sistema de equações:

$$\{B_1 + B_2 \cdot r_{\bar{X}_1 \bar{X}_2} = r_{\bar{X}_1 G_1}$$

$$\{B_1 \cdot r_{\bar{X}_1 \bar{X}_2} + B_2 = r_{\bar{X}_2 G_2}$$

sendo (r) o coeficiente de correlação entre as variáveis indicadas e (G_i) é o genótipo com respeito ao tipo de lactação (1 - completa; 2 - incompleta) e (B_i) os coeficientes de regressão estandardizados correspondentes a (b_i):

$$B_i = \frac{\sigma_{\bar{X}_i}}{\sigma_{G_i}} \cdot b_i \Rightarrow b_i = B_i \cdot \frac{\sigma_{G_i}}{\sigma_{\bar{X}_i}} = B_i \cdot \frac{\sigma_{G_i}}{\sigma_{\bar{X}_i}} \cdot \frac{\sigma_{G_i}}{\sigma_{G_i}}$$

e segundo Syrstad (1965) por razões práticas é plausível considerar σ_{G_2} igual a σ_{G_1} . Então

$$b_i = B_i \cdot h_{\bar{X}_i} \cdot \frac{\sigma_{G_i}}{\sigma_{G_i}} = B_i \cdot h_{\bar{X}_i}$$

onde ($h_{\bar{X}_i}$) representa a estimativa da raiz quadrada da heritabilidade média baseada nos meios irmãos, isto é:

$$h_{\bar{X}}^2 = \frac{0,25 \cdot h^2 \cdot n}{1 + (n-1) \cdot 0,25 \cdot h^2}$$

em que (h^2) representa a heritabilidade do registo individual, (n) o número de registos incluídos na média e como o quadrado do coeficiente de correlação entre o índice (I) e o genótipo (B) é no geral igual a:

$$R_{IG_1}^2 = \sum B_i \cdot r_{\bar{X}_i G_1}$$

teremos a confiança ou fiabilidade das estimativas função dos conjuntos de grupos de informação que por sua vez é função dos número de elementos dentro de cada grupo de meios-irmãos (lactações completas ou incompletas), como indicado pelos autores citados.

O valor da correlação genética entre registos de lactações incompletas e os completos,

indicada por diversos autores, é elevada, na ordem dos 0,8 para registos com duração inferior a 100 dias e de cerca de 0,9 quando controlados entre os 100 e 200 dias. Quanto à correlação entre registos dos controles leiteiros consecutivos, como exemplo, antes e após os 100 dias é da ordem de 0,85 (Madden, 1955; Rendel *et al.*, 1957; Pirchrtter, 1961; Searle, 1961; Van Vleck e Henderson, 1961; Decking, 1964; citado por Syrstad, 1965).

No entanto, é apontado por VanRaden *et al.*, (1991) que existe uma correlação genética entre as lactações incompletas projectadas e as reais superior a 0,92, o que indica que as lactações incompletas são valiosas se modeladas adequadamente. Ainda indica que os ganhos genéticos esperados com a sua utilização serão na ordem de 0,27 a 0,30 vezes, mas permitirão avaliações genéticas mais estáveis, principalmente para as primeiras lactações.

Um dos pontos críticos que a informação de lactações incompletas, quando projectadas para 305 dias de duração de lactação possui, é o de assumir como igual, a variância fenotípica e a genética como se de lactações completas se tratassem (Weller, 1988; Wiggans *et al.*, 1988).

Portanto, se a correlação fenotípica e genotípica entre registos de produção de lactações completas e incompletas são elevadas, razão existirá para a utilização destas quando da estimativa dos valores genéticos (Auran, 1976; Danell, 1982).

Numa revisão bibliográfica realizada por Auran & Mocquot (1974) são apontadas algumas das razões para que se utilizem lactações incompletas virtualmente prolongadas:

a) os valores genéticos das vacas podem ser calculados em qualquer data sem a atendermos á data ou época de parto que é o mesmo que dizer que a ordenação das vacas

pode ser realizado independente da fase de lactação;

b) todas as lactações incompletas devem ser incluídas em testes de descendência, uma vez que aumentam a precisão ou que pelo menos mantêm a mesma precisão devido ao maior número de grupos de descendentes;

c) a inclusão de apenas lactações completas nas análises genéticas inerentes aos testes de descendência implica uma escolha prévia dos registos o que pode tornar tendenciosa a estimativa dos valores genéticos e, deste modo, é de esperar que touros cujas filhas tenham sido sujeitas a maiores taxas de refugo acabe por ter o valor genético sobrestimado.

Quanto aos métodos de avaliação das lactações totais a partir das lactações incompletas ou completas mas inferiores à duração standardizada de 305 dias a história é longa e sinuosa. Em alguns casos existe deslocação para o lado da facilidade dos cálculos e em outros casos a opção é pela precisão. Os apoiantes da primeira opção (Mocquot & Auran, 1975) utilizaram o método das razões ao passo que os segundos (Van Vleck & Henderson, 1961; Miller & Corley, 1965; Miller *et al.*, 1972; Dordio, 1988) optam pelas regressões múltiplas.

Outras posições divergentes quanto ao problema da transformação de lactações incompletas em lactações com duração virtual de 305 dias, consistem em testar os métodos e a respectiva precisão numa amostra de registos e aplicá-los posteriormente noutros conjuntos independente de dados ou no próprio conjunto (Syrstad, 1964; Miller *et al.*, 1972; Auran & Mocquot, 1974, citados por Auran, 1976).

Os factores de projecção das lactações incompletas tem como objectivo prever a produção completa aos 305 dias, no entanto, estas têm menores variâncias genéticas e fenotípicas e, deste modo, não são óptimas

para usar nas avaliações genéticas, portanto deverão receber menos ênfase (Weller, 1988; VanRaden *et al.*, 1991).

Na aplicação do método experimental por nós proposto e ensaiado, para prever lactações de 305 dias a partir de lactações incompletas, com base na utilização da Análise Factorial, mais do que procurar uma amostra independente, foi considerado mais importante e mais correcto empregá-lo para conjuntos específicos da população em análise tendo em atenção as épocas de parto (Roquete *et al.*, 1989).

METODOLOGIA

Um dos mais divulgados métodos para projectar lactações incompletas, tem utilizado as regressões lineares simples ou múltiplas como anteriormente focado. No entanto, a metodologia que iremos apresentar tem por base a Análise Factorial que sendo recente, ressurgiu de um modo consistente no princípio do século com Sperman e, aprofundada por Thurstone mais tarde em 1947. Na sua essência, utiliza ajustamentos que se baseiam na álgebra linear com correspondente representação gráfica em que se descreve o comportamento de determinados pontos num plano em referência a um eixo (Lebart *et al.*, 1982). Com o método propomo-nos reconstituir, a partir de um número reduzido de factores, as correlações existentes entre as variáveis observadas. Teoricamente, consiste na existência de uma matriz de covariância, simétrica, definida positiva; na procura da representação da variação de cada variável em termos da contribuição que seja específica para essa variável; e as contribuições de (f) perturbações aleatórias, comuns para mais de uma variável ao mesmo tempo.

A contribuição de cada factor comum, para uma variável particular é standardiza-

da de modo a representar a correlação entre a variável em questão e o factor hipotético.

Uma das restrições para o modelo consiste em os factores não terem de ser correlacionados. Deste modo, a matriz de covariância prognosticada (Σ) será (Joreskog, 1973):

$$\Sigma = B (\Omega \Phi \Omega' + \delta^2) B' + \theta^2$$

Ω (v,f) - matriz dos factores comuns;

Φ (f,f) - matriz das correlações entre factores comuns ;

δ^2, θ^2 - matrizes diagonais contendo as variâncias específicas;

B – matriz arbitrária que permite os factores serem escalonados e combinados num número diverso de maneiras.

Este modelo factorial é indeterminado, uma vez que existe um número infinito de restrições para (Ω) e (Φ) que dão as mesmas soluções para (Σ). Então, teoricamente, uma vez que as restrições são arbitrárias, façamos com que os factores tenham de ser ortogonais ($\Phi = I$), permitindo a obtenção de vectores próprias que definirão combinações lineares das variáveis, não correlacionadas e com variância mínima (Lebart *et al.*, 1982).

Concretamente para a projecção das lactações incompletas, a metodologia empregue consistiu em três fases:

a) fase de preparação dos registos. Utilizámos a totalidade dos registos do contraste leiteiro: - a produção no dia do teste de cada animal que tivesse a 1ª lactação completa de 305 dias (12820 registos); e seguidamente calcularam-se as produções acumuladas por animal e para cada um dos 10 contraste ($LACUM_{j(i)}$), teoricamente separados por intervalos de 30,5 dias. Paralelamente foi calculada a correspondente produção desconhecida ou remanescente para cada um dos contrastes ($LDESC_j$) do animal com produção standardizada ($L305_i$):

$$LDESC_{j(i)} = L305_i - LACUM_{j(i)}$$

Como a Análise Factorial utiliza variáveis estandardizadas fomos calculá-las para cada controlo, enquadrada numa classe ou grupo de manejo (k), que no nosso caso estava associado à época e idade ao primeiro parto. Danell (1982), aponta para projecções de lactações tendo em consideração os efeitos ambientais que normalmente condicionam as lactações completas:

$$Z_{jk(i)} = (LDESC_{j(i)} - LDESC_k) / \sigma_k$$

tendo este processo sido realizado como apoio de um programa informático criado e desenvolvido em Clipper (ver nota no final).

b) fase de cálculo dos factores comuns e específicos, utilizando o pacote estatístico NCSS e os dados preparados anteriormente. Este programa teve como base a equação em forma matricial:

$$Z = \Omega f + \varepsilon$$

Z - matriz das produções acumuladas em cada um dos 10 contrastes leiteiros;

ε - erros aleatórios;

Ω e f — definidos anteriormente;

em que se assumia independência entre os erros e as observações e entre os próprios factores. Então os factores ($f_{mk(i)}$) para cada animal e correspondente a cada controlo conhecido (m), são obtidos de

$$f_{mk(i)} = \Omega' R_{mk}^{-1} Z_{mk}$$

R - matriz das correlações entre as (m) variáveis (controles) conhecidos.

c) fase do cálculo das lactações projectadas. Construímos programa em Fortran 77 (anexo 2) que calcula os valores das variáveis estandardizadas após a leitura dos valores do vector dos factores comuns (f) e da matriz (Ω) estimados na alínea anterior,

$$Z_{(m+1,10)k} = \Omega_{(m+1,10)k} \cdot f_{mk}$$

depois lê cada conjunto de registos de produção no dia do controlo referentes a um

animal e através dos factores previamente estimados e armazenados, tendo em atenção a época e idade ao parto, irá fornecer a lactação projectada ($L305P_{ki}$) da vaca referida (i) :

$$L305P_{ki} = LACUM_k + \sum_{j=m+1}^{10} Z_{jk} \cdot \sigma_{jk}$$

Posteriormente toda a informação foi utilizada na predição dos valores genéticos da população frísia do Sul de Portugal, aplicando-se o modelo animal-BLUP (Roquete, 1993), havendo a realçar a consistência das soluções e a possibilidade do incremento dos animais avaliados (mais 10%), segundo a aplicação da Análise Factorial para a projecção de lactações incompletas.

A grande vantagem deste método, que deve fornecer estimativas não tendenciosas, reside no facto que os factores serem estimados dos valores da própria amostra onde vão ser aplicados (Arendonk & Fimland, 1983), além de se ter demonstrado um processo eficaz e relativamente simples para a dimensão dos dados utilizados.

NOTA:

Às pessoas interessadas os autores podem disponibilizar o código dos seguintes programas informáticos:

1 - Programa em Clipper para preparação dos registos de lactações incompletas para futura projecção em lactações de 305 dias.

2- Programa em Fortran 77 para projectar lactações incompletas em lactações de 305 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arendonk, J. M. & Fimland, E. 1983. Comparison of two methods to extend partial milk records. *Z. Tier. Zucht.*, **100**: 33-38.
- Auran, T. & Mocquot, J. C. 1974. Etudes sur la production laitière des bovins. II-

- Intérête des lactations partielles pour la sélection. *Génét. Sél. Animal*, **6(4)**:429-444.
- Auran, T. 1976 Studies on monthly and cumulative monthly milk yields records. IV – Estimating total lactation from part-lactation. *Act. Agr. Scand.* **26**:10-17.
- Danell, B. 1982. Studies on lactation yield and individual test-day yields of swedish dairy cows. IV - Extension of part-lactation records for use in sire evaluation. *Act. Agr. Scand.*, **32**: 103-114.
- Dordio, 1988. *Lactações Parciais – Análise e Utilização Prática*. Trabalho Fim de Curso de Eng.^a Zootécnica. Univ. Évora.
- Hinks, C.J. 1974. The planning and organisation of progeny testing with particular reference to numerically small populations and breeds of fairy cattle. *Z. Tier. Zuch.*, **91**:169-175.
- Joreskog 1973. *Factor Analysis*. Polico-piado.
- Lebart, L. A. Morinea & Fénelon, J.P. 1982. *Traitement des Données Statistiques- Méthodes et Programmes*. 2^a édition, Dunod. Paris.
- Miller, R. H. & Corley, E.L. 1965. DHIA factors for projecting incomplete records to 305 days. *DHIL*, Vol. 41, n°6.
- Miller, R. H., Person & Fhorman 1972. Methods of projecting complete lactation production from part-lactation yield. *Dairy Sci.* **55**:1602-1610.
- Mocquot, J. & Auran, T. 1975. Etudes sur la production laitière des bovins II – intérêt des lactations partielles pour la sélection. *Ann. Génét. Select. Anim.*, **7(1)**:59-65.
- Robertson, A. 1957. Optimum groups sire in progeny testing and family selection. *Biometrics*, 442-453.
- Roquete, C., Feneja, P., Rodrigues, C. Carvalho, J., Haussmann, H. & Potes, N. 1989. *Análise e Incremento do Sistema de Produção Leiteiro no Perímetro de Rega do Mira*. GTZ, Resultados de projectos de investigação agrícola. Vila Real.
- Syrstad, O. 1965. Studies on dairy herd records. I-Evaluation of incomplete records. *Act. Agr. Scand.*, **14**:129-136.
- Roquete, C. 1993. *Aplicação do Modelo Animal na Caracterização Genética das Populações Frísia e Mertolenga no Alentejo*. Tese doutoramento. Universidade de Évora.
- Vanraden, P., R. Wiggans & Ernst, A. 1991. Expansion of projected lactation yield stabilize genetic variance.: *Dairy Sci.*, **74**:4344-4350.
- Van Vleck, L. & Henderson, C. 1961. Utilizing both part and complete daughter records in sire evaluation. *J. Dairy Sci.*, **44**:2068-2075.
- Weller, J. I. 1988. Inclusion of partial lactations in the genetics analysis of yield traits by differential weighting of records. *J. Dairy Sci.* **71**:1873-1881.
- Wiggans, G. R. & Grossan, M. 1980. Computing lactation records from sample-day production. *DHIL*. Vol. 56, n°4.
- Wiggans, G. R. 1988. Animal model Evaluation of Ayrshire milk yield with all lactation, herd-sire interaction and groups based unknown parents. *J. Dairy Sci.*, **71 (Supl 2)**: 1319-1329.

Padrão sazonal do regime estomático em azinheiras (*Quercus rotundifolia* Lam.) regadas

Seasonal pattern of the stomatal regime of irrigated holm-oak (*Quercus rotundifolia* Lam.)

F. Melhorado¹ & T. Moreira¹

RESUMO

O estudo realizado visou analisar a possível variação de regime estomático entre azinheiras regadas e azinheiras sob o clima natural ao longo das estações do ano. O projecto teve lugar num montado situado na Mitra, pólo universitário localizado a cerca de 13 km da cidade de Évora, região sudeste de Portugal. Recorremos a duas árvores isoladas, dentro do montado, para melhor caracterizar o padrão sazonal do regime estomático entre azinheiras regadas e padrão. As resistências estomáticas foram medidas com um porómetro (ΔAP_4) em três períodos diurnos (manhã, meio-dia e ocaso) ao longo do ano hidrológico de 2001-02. Durante o período de Verão as resistências estomáticas da árvore regada foram significativamente diferentes (99%; $\alpha = 0,01$) da árvore padrão, apresentando sempre o dobro da abertura estomática relativamente à árvore padrão. Verificando-se esta relação ao longo dos três períodos de medição diários. As resistências médias do período de Verão, seguem ao longo do dia, uma curva exponencial (com $r^2 = 0,99$) em ambas árvores, com um máximo de resistência no ocaso. No Inverno as diferenças nas resistências

estomáticas entre a azinheira regada e a padrão são significativas (a 99%; $\alpha = 0,01$) ao longo do dia. Verificando-se uma alteração no padrão diário das resistências, tornando-se mais visível o “midday-closure”, particularmente na azinheira padrão. As curvas de resistência seguem um padrão bimodal ($r^2 = 1$) em ambas azinheiras com o pico máximo ao meio-dia. Na azinheira regada, apesar da resistência máxima se verificar também ao meio-dia, a diferença para o período da manhã e ocaso não é muito pronunciada. Na análise da variação sazonal do regime estomático verifica-se a existência de diferenças significativas entre a azinheira regada e a padrão, no que concerne à amplitude de abertura estomática sendo o padrão comportamental diurno entre as duas azinheiras idêntico tanto no Verão como no Inverno. Conclui-se que a diferença entre o Verão e o Inverno no padrão comportamental da espécie, ou seja, a passagem de aumento exponencial das resistências para bimodal no Inverno, onde se evidencia o “midday-closure”, se deve, provavelmente, à menor solicitação evaporativa durante o ocaso no período de Inverno. Confirmou-se a existência do “midday-closure” na espécie como uma adaptação

¹ Departamentos de Ecologia, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000 Évora; e-mail: florbela@uevora.pt;

não rígida, dependente da disponibilidade hídrica do solo.

ABSTRACT

This project aims to study the possible variation in stomata regime between irrigated oak trees *Quercus rotundifolia* Lam. and the same trees under natural environmental conditions at the different seasons of the year. The study was carried in a montado situated in Mitra, southeast of Portugal, at 13 km from Évora. For this project two isolated trees were selected, one irrigated to keep the plant regularly water supplied and the other subjected to the typical dryness of our summer (we will call this the standard tree). The stomatal resistance was measured with a porometer (ΔAP_4) at three daily periods (morning, noon and sunset) in the hydrologic year of 2001-02. During the summer the stomata resistances of the irrigated tree were significantly different from the standard (99%; $\alpha = 0,01$), presenting always the double of the stomatic aperture of the standard tree. This relation lasted through all daily periods of the season. In the summer the average of stomata resistances in both trees follows an exponential curve ($r^2 = 0,99$), with a maximum of resistance at the sunset. In winter, the differences in stomata resistance between the two trees are significative (at 99%; $\alpha = 0,01$) over all daily period. And we have observed a change in the daily variation pattern of the resistances, becoming more visible a mid-day-closure, especially in the standard tree. The resistance curves follow a bimodal pattern ($r^2 = 1$) in both trees with the maximum at noon. In the irrigated tree, however, the maximum resistance occurs at noon as in the standard tree, but with a much lower value, and not very different from the values that occur in the morning and at the sunset.

In the analysis taken to the variation of seasonal pattern in stomatal regime, we have saw the existence of significant differences between irrigated and standard *Quercus rotundifolia* Lam. in stomatal aperture, but the daily behavior over the seasons (Summer-Winter) is identical in both trees, following the same type of curves. We have concluded that the difference between summer and winter in the behavior of the species, that is, the passage of an exponential type of stomata response in summer to the bimodal in winter, is due, probably, to the inferior evaporative demand at sunset during winter-time. We have confirmed the existence of stomata midday-closure in this species, showing that adaptation of the specie isn't rigid and depends on the water availability in the soil.

INTRODUÇÃO

Os montados de sobreiro e azinho ocupam em Portugal uma área superior a 1 milhão de hectares, representando estas duas espécies 36% da floresta portuguesa (DGF, 2001). A azinheira é, em termos de representatividade da área ocupada, a quarta espécie de maior interesse, ocupando 14% da área florestal, o que perfaz uma área de ocupação de 465 000 ha (DGF, 2001).

No futuro próximo esta área vai possivelmente aumentar, uma vez que a espécie é climax no contexto mediterrânico em que Portugal se encontra, e caracteriza-se por uma maior ruralidade e resistência à seca relativamente ao sobreiro. Como resultado directo da alteração climática, e também da acção indirecta de agentes patogénicos, o sobreiro poderá ter a sua área de ocupação diminuída no Alentejo interior (Pereira *et al.*, 1999; Pereira *et al.*, 2002).

A valorização económica da azinheira é uma mais valia para Portugal, quer com o

uso desta espécie em parques de lazer, quer com o seu fruto – a bolota que poderá ser usada para ração animal, para criação do porco de montanha, (outrora típica, antes da peste), quer para pão artesanal e mesmo café (Campos & Riera, 1996; Guerreiro, 1957, 1979; Onofre *et al.*, 1986a e 1986b).

Pensamos por isso ser importante conhecer melhor esta espécie nomeadamente no que concerne ao regime estomático, do qual depende a transpiração. Neste estudo preocupamo-nos em analisar os padrões de resistência estomática nas duas estações climáticas mais extremas, no Verão e no Inverno, assim como a sua evolução ao longo do dia, (manhã, meio-dia e ocaso), de uma azinheira regada e outra sujeita às condições de precipitação naturais (a que designamos por padrão).

Existem poucos trabalhos relativos à azinheira (*Q. ilex* subsp. *ilex*) (Larcher, 1960; Damesin *et al.*, 1998 in Mediavilla & Escudero, 2004), e menos ainda no caso da espécie *Q. rotundifolia* Lam., não se tendo encontrado nenhum trabalho referente à variação do regime estomático entre uma situação padrão (em condições climáticas naturais) e quando a espécie é sujeita a rega. Sobre esta espécie, e com resultados relativos a conductância e/ou resistência estomática, encontramos dois trabalhos, um realizado em Salamanca (Mediavilla & Escudero, 2004) e o outro em Portugal (David, *et al.*, 2004). No primeiro realizado em 1996-1997, comparam-se as respostas estomáticas na resistência à seca, de duas espécies, *Q. rotundifolia* e *Q. faginea* em árvores adultas e em jovens, no segundo, realizado em Portugal, num período de dois anos (1996-1998) avaliam-se as restrições à transpiração. Em ambos trabalhos, os autores apresentam valores de conductância estomática, o que tornou possível a comparação com os nossos valores de resistência estomática.

Em relação a outras espécies Mediterrânicas, existem extensivos trabalhos publicados

relativos às trocas de fluxos de vapor de água nas espécies Mediterrânicas (Losch *et al.*, 1982; Trambouze & Voltz, 2001; Schiller *et al.*, 2003), contudo, são trabalhos que se limitam a um curto período de tempo sob condições muito específicas, nomeadamente em situações de stress hídrico. Mais recentemente, foi publicado um trabalho sobre as variações de conductância das copas de oliveiras regadas e geridas como um pomar, (Testi *et al.*, 2006), os quais também comparámos com os nossos valores de resistência estomática.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio decorreu durante um ano, de Setembro de 2001 a Agosto de 2002, num montado de sobre e azinho com uma densidade arbórea de cerca de 40 árvores/ha localizado na herdade da Mitra (38° 32' N, 8° 01' W) pólo da Universidade de Évora.

O clima é mediterrânico, na classificação de Köppen do tipo Csb, com Verão quente e seco. A média de precipitação para o período de 30 anos de 1951-1980 foi de 665 mm por ano (90% dos quais ocorreram do Outono até à Primavera), a evaporação numa superfície livre de água foi de 1750 mm por ano no mesmo período (INMG, 1991), a temperatura média anual foi de 15 °C, com média de 8,6 °C em Janeiro e de 23,1 °C em Agosto. Durante o período experimental que decorreu em 2001 e 2002 a precipitação foi de 759 mm em 2001 e de 717,8 mm em 2002 (CGE, 2001-2002) sendo portanto a precipitação anual dos dois anos 10% superior à média do período 1950-1980.

Os solos da parcela experimental enquadraram-se no complexo de Litossolos dos Climas de Regime Xérico de Gnaisses e de Solos Litólicos Não Húmicos Pouco Insaturados Normais de Gnaisses (Nunes, 1998).

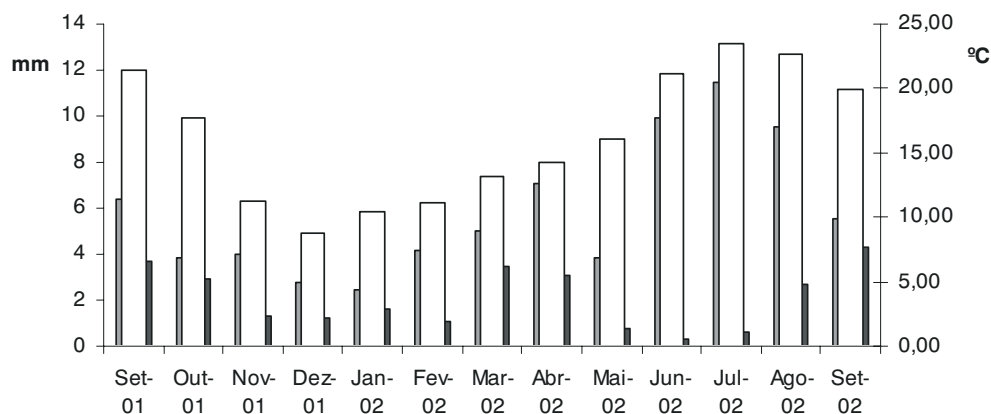


Figura 1 - Valores de evapotranspiração (barras a cinzento), temperatura média do ar (barras a branco) e precipitação ao longo do ano médias mensais (barras a preto)

As azinheiras (*Quercus rotundifolia* Lam.) foram seleccionadas pelo seu grau de isolamento relativamente às restantes componentes do montado, para que o grau de ensombramento de outras árvores e competição pela água na zona radicular fosse próxima de zero. A azinheira regada têm 0,8 m de Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e a escolhida como padrão têm 1,20 DAP.

As variáveis meteorológicas, temperatura, mínima, máxima e média diária, radiação, precipitação, velocidade do vento e humidade relativa, foram recolhidas da estação da Mitra do Centro de Geofísica de Évora (CGE, 2001-2002). A evapotranspiração de referência ET_0 , e o défice de pressão de saturação médio diário do ar, foram calculados através da equação de Penman-Monteith da FAO (Allen *et al.*, 1998) (Figura 1 e Figura 2).

Ao nível da parcela recolheram-se também dados de humidade relativa, velocidade do vento e temperatura do ar com um sensor de variáveis climáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INM) à altura de 2 m. Ao nível das copas, foram medidas as tempera-

turas das folhas e do ar com um termómetro de infravermelhos (TIV) da Teletemp. Estas medições decorreram com a mesma regularidade das medições aos valores de resistência estomática.

A resistência estomática ($s\ cm^{-1}$) foi medida com um porómetro ΔAP_4 (Delta-T Devices, Inc., 1990, UK) previamente calibrado. A curva de calibração é um ajustamento, por minimização da variância, entre resistência do orifício (abscissa) e o tempo decorrido no percurso ("transit time") do vapor de água, desde a sua fonte até ao sensor de humidade da câmara de medição. O porómetro opera em "steady-state" e é autocompensante em relação à variação de temperatura no seu interior (Monteith *et al.*, 1988). Este aparelho mede ainda a radiação fotosinteticamente activa (PAR), a temperatura do ar e da folha e a pressão barométrica na câmara. A resistência estomática da copa foi estimada com base na média das resistências estomáticas de trinta folhas. As medições foram estabelecidas em três períodos diurnos, manhã, meio-dia e ocaso de Setembro de 2001 a Agosto de 2002. Em

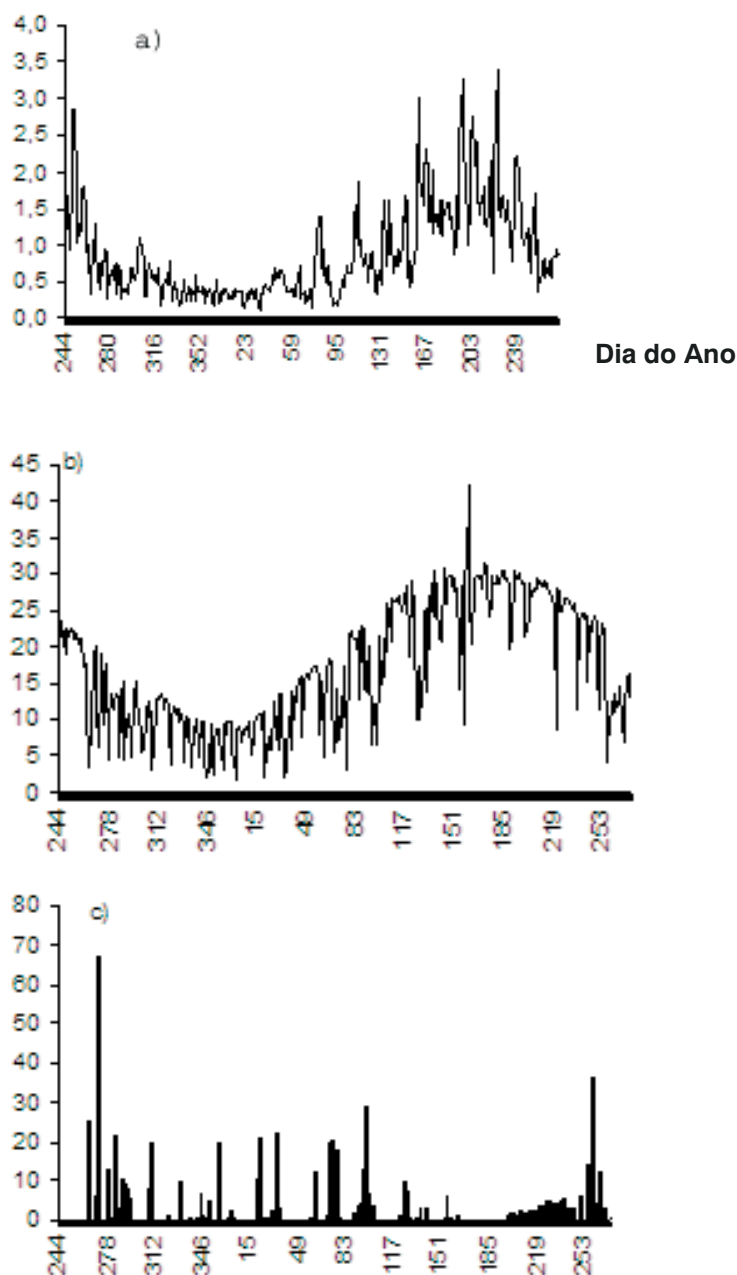


Figura 2 – a) Déficit de pressão de vapor médio diário (kPa); b) radiação global ($\text{MJ dia}^{-1} \text{m}^{-2}$) c) precipitação (mm dia^{-1}) de Setembro de 2001 a Setembro de 2002

QUADRO 1 - Número de medições efectuadas no período de Verão e Inverno ao longo do dia

Período Diurno	VERÃO (SET-OUT-JUN-JULH-AGOS)	INVERNO (NOV-DEZ-JAN-FEV)
Manhã	22dias×6 ramos×5folhas=660	22dias×6 ramos×5folhas=660
Meio-dia	22dias×6 ramos×5folhas=660	20dias×6 ramos×5folhas=600
ocaso	20dias×6 ramos×5folhas=600	21dias×6 ramos×5folhas=630

cada um destes períodos os valores de resistência foram determinados em seis ramos, três com exposição Oeste e três com exposição Este, e em cada ramo as medições foram obtidas em 5 folhas. Pretendeu-se deste modo caracterizar situações extremas diárias. Dado que as folhas da azinheira são hipoestomáticas, *i.e.*, com estomas localizados apenas na face abaxial, a resistência estomática da folha individual é só função da resistência estomática da face abaxial.

No período de Março a Maio de 2002, as medições foram interrompidas devido a uma avaria do porómetro, retomando-se as medições em Junho. Desta forma foi considerado como período de Verão, as medições estabelecidas em Setembro e Outubro de 2001 e Junho, Julho e Agosto de 2002 e como período de Inverno as medições dos meses de Novembro e Dezembro de 2001 e Janeiro e Fevereiro de 2002. O número de medições completas estabelecidas em cada

período diurno é de cerca de 640 medições em cada período sazonal (Verão-Inverno) ver Quadro 1.

A rega efectuada no Verão foi de 25 mm em cada intervalo de 4 dias, partindo do princípio de que a transpiração máxima fosse de cerca de 6 mm/dia na azinheira. A rega foi estabelecida manualmente com um sistema de vala e câmore ao longo do perímetro de projecção da copa da árvore. No Período de Inverno reduziu-se a dotação para 3mm, tendo a rega decorrido com a mesma periodicidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de Verão as resistências estomáticas da árvore regada foram significativamente diferentes (Tratamento estatístico dos dados realizado através de Análise de Variância ANOVA (2 factores

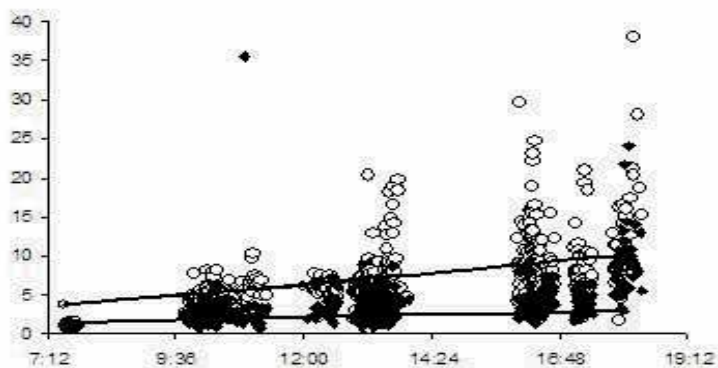


Figura 3- Resistência estomática ($s\ cm^{-1}$) observada no período de Verão ao longo do dia. o Azinheira padrão; ♦ Azinheira regada. Curvas de tendência da resistência estomática média da azinheira regada com $r^2 = 0.97$ e $r^2 = 0.99$ na resistência estomática média da azinheira padrão para o período de Verão

QUADRO 2 - Resistência média, rs ($s\ cm^{-1}$) e Desvio padrão no período de Verão (SET-OUT-JUN-JULH-AGOS) ao longo do dia

	RESISTÊNCIA média DE VERÃO			DESVIO PADRÃO das observações de Verão		
	7:30	12:00	18:00	7:30	12:00	18:00
Azinheira regada	2,37	3,28	5,19	2,51	1,38	3,22
Azinheira padrão	3,78	6,02	10,33	1,84	2,96	5,05

sem repetição)) (99%; $\alpha = 0,01$) da árvore padrão, apresentando sempre o dobro da abertura estomática relativamente à árvore padrão. Verificando-se esta relação ao longo dos três períodos de medição diários, manhã, meio-dia e ocaso.

Ambas as árvores seguem ao longo do dia, uma curva exponencial ($r^2 = 0,99$), com um máximo de resistência no ocaso (Figura 3 e Quadro 2).

No Inverno as diferenças nas resistências estomáticas entre a azinheira regada e a azinheira padrão são significativas (a 99%; $\alpha = 0,01$) ao longo do dia. Verificando-se uma alteração no padrão diário das resistências, tornando-se mais visível o “midday-closure”, particularmente na azinheira padrão. As curvas de resistência seguem um padrão bimodal ($r^2 = 1$) em ambas azinheiras com o

pico máximo ao meio-dia. Na azinheira regada, apesar da resistência máxima se verificar também ao meio-dia, a diferença para o período da manhã e ocaso não é muito pronunciada (Figura 4 e Quadro 3).

Durante o período de Verão ambas azinheiras têm um comportamento diurno exponencial relativamente à amplitude do fecho estomático, com o pico de resistência máximo no ocaso (Figura 5). Contudo, apesar da semelhança de comportamento no gráfico, uma análise detalhada à Figura 3 e ao Quadro 2 evidencia o início do fecho estomático na azinheira padrão às 12:00 h (“midday-closure”) com resistência de $6\ s\ cm^{-1}$, aumentando progressivamente até ao ocaso, o que não se verifica na azinheira regada, que só apresenta fecho estomático no ocaso.

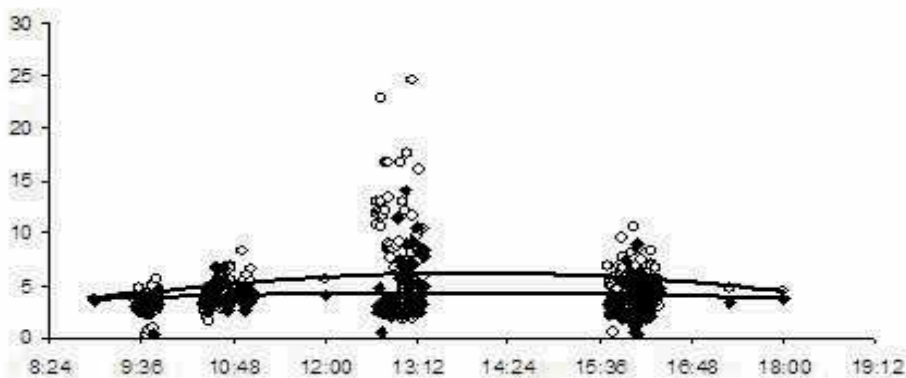


Figura 4 – Resistência estomática ($s\ cm^{-1}$) observada no período de Inverno ao longo do dia. o Azinheira padrão; ♦ Azinheira regada. Curvas de tendência da resistência estomática média da azinheira regada e padrão com $r^2 = 1$ para o período de Inverno

QUADRO 3 - Resistência média, rs (scm⁻¹) observada no período de Inverno ao longo do dia

	RESISTÊNCIA média e desvio padrão DE INVERNO (NOV-DEZ-JAN-FEV)			DESVIO PADRÃO DE INVERNO (NOV-DEZ-JAN-FEV)		
	7:30	12:00	18:00	7:30	12:00	18:00
Azinheira regada	3,56	4,03	3,61	0,98	1,29	3,21
Azinheira padrão	3,72	5,66	4,52	1,83	2,93	5,04

Os valores de resistência estomática obtidos no período de Verão com a azinheira regada assemelham-se, depois de convertidos ($gs=1/rs$; com gs =conductância estomática e rs = resistência estomática) aos valores de conductância estomática obtidos por David, *et al.*, (2004), contudo apesar deste trabalho ter sido conduzido durante dois anos (1996-1998), é apenas apresentada a evolução diária da conductância estomática num único dia de Verão (25-08-1998). A proximidade entre os valores deve-se, provavelmente ao facto da azinheira em estudo, pelos os autores acima referidos, não apresentar sinais de stress hídrico no período estival, tendo mesmo sido encontrado um aquífero a 13 metros de profundidade, onde as raízes da árvore se iriam abastecer, tendo talvez por isso, um desempenho semelhante à nossa azinheira regada.

Comparativamente a outras espécies mediterrânicas, na ausência de stress hídrico, encontramos o trabalho desenvolvido por Testi, *et al.*, 2006, sobre a variação da conductância nas copas de oliveiras regadas e geridas como um pomar, nos quais os valores sazonais de conductância estomática se aproximam dos valores por nós obtidos tanto no período de Inverno como no de Verão relativamente à azinheira regada, mas apenas no ano 2000 retratado por estes autores. Não encontramos justificação para a não coincidência de valores em 1998 e 1999, uma vez que apesar de aparentemente o ano de 2000 retratado por Testi *et al.*, (2006), ter sido o de maior precipitação, o facto de o pomar ter sido regado invalida o facto dessa hipótese ser a causa da semelhança entre os valores de resistência estomática se registar apenas com

o ano de 2000. É de salientar ainda que no trabalho desenvolvido por Testi, *et al.* (2006), a comparação da resistência estomática (depois de convertida) com os valores conductância foi realizada de forma global, uma vez que estes autores não fazem uma avaliação da variação media diurna ao longo das estações do ano consideradas.

Em trabalhos realizados sobre resposta estomática à seca, encontramos o trabalho de Mediavilla & Escudero (2004), realizado em *Q. rotundifolia* Lam. e *Q. faginea* no qual, depois de converter a conductância estomática (é apenas apresentado um valor médio dos valores diários obtidos) de $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$ para resistência (assumindo condições de pressão e temperatura constantes) em $s\ cm^{-1}$, verificamos que os valores de resistência, por nós obtidos para a azinheira padrão são cerca de metade dos obtidos por os autores acima referidos. Porém, há que referir que no estudo de Mediavilla & Escudero, 2004, realizado de 1996 a 1997, a precipitação anual foi de apenas 465 mm, sendo no nosso caso cerca de 1,5 vezes superior. Por conseguinte, a nossa azinheira padrão, apesar de não se ter comparado a capacidade de armazenamento de água do solo, terá tido menos restrições à transpiração, o que por sua vez poderá explicar esta diferença de valores.

No Verão, o comportamento das azinheiras estudadas denota assim um eficiente uso da água, sendo que o “midday-closure” só se verifica na azinheira padrão, onde o acesso à água é limitado. Na azinheira padrão os estomas iniciam o fecho a partir das 12:00 h – e perpetuam-no até ao ocaso, o que possivelmente se deve ao facto das temperaturas

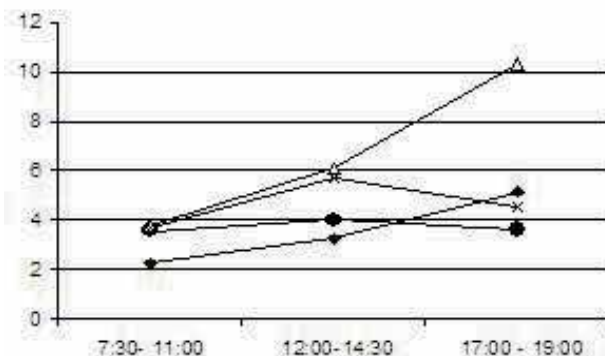


Figura 5 – Resistência estomática ($s\ cm^{-1}$) média no Verão e Inverno. ◆ Azinheira regada Verão; ● Azinheira regada Inverno; Δ Azinheira padrão Verão; × Azinheira padrão Inverno

e da radiação continuarem elevadas e por conseguinte a solicitação evaporativa do ar, tornar proibitiva a absorção de CO_2 .

Na azinheira regada, a disponibilidade de água de que dispõem artificialmente, permite-lhe manter os estomas abertos, praticamente durante todo o dia, não se evidenciando o “midday-closure”. Apesar de não se terem feito medições de fotossíntese, a disponibilidade hídrica da azinheira regada permite-lhe possivelmente um melhor rendimento fotossintético relativamente à azinheira padrão, uma vez que esta, evidencia um progressivo decréscimo na capacidade de absorção de CO_2 ao longo do dia.

No período de Inverno o acentuado fecho estomático verifica-se ao meio-dia – “midday-closure”, em ambas azinheiras. O que coincide, no Inverno, com o período diurno em que as temperaturas e o défice de pressão de vapor são mais elevados. Neste período, a rega efectuada na azinheira foi de 3 mm/dia, o que aparentemente não foi suficiente para cobrir a necessidade hídrica, uma vez que a resistência estomática às 12:00 h é superior à verificada no Verão.

No ocaso a resistência estomática da azinheira regada é inferior à ocorrida no mesmo período diurno no Verão; o facto de ser

evidente um “midday-closure” invernial na azinheira regada, denota que a rega efectuada neste período não foi possivelmente tão eficaz como no Verão, para cobrir os gastos transpiratórios da árvore nesse período diurno, mas aparentemente a menor solicitação evaporativa do ar durante o ocaso de Inverno é suficiente para a abertura ser maior que ao meio-dia.

Na azinheira padrão estes valores são inferiores aos verificados no Verão. A explicação para este facto poderá estar na menor solicitação evaporativa que ocorre no período de Inverno comparativamente ao Verão e ainda na maior quantidade de água retida no solo, o que permite uma maior abertura estomática no ocaso no período de Inverno.

CONCLUSÕES

Confirmou-se neste estudo a existência do fecho estomático ao meio-dia, “midday-closure”, na *Quercus rotundifolia* Lam., evidenciando a estratégia desta espécie com vista a um eficiente uso da água, e ainda, que esta estratégia não é rígida, ocorrendo apenas quando a disponibilidade hídrica não

é suficiente para manter uma taxa transpiratória adequada.

No padrão sazonal verificou-se existirem diferenças entre o Verão e o Inverno, particularmente no ocaso, os valores de resistência mais elevados no Verão poderão dever-se, à maior intensidade luminosa e temperatura de Verão, “obrigando” os estomas a fechar mais cedo, para permitir uma menor perda de água, o que no Inverno se torna desnecessário.

As resistências estomáticas que se verificaram nos períodos da manhã e meio-dia da azinheira padrão, parecem apontar para uma invariabilidade nas estações (Verão-Inverno), uma vez que as médias registadas são bastante próximas.

No caso da azinheira regada, é claramente perceptível que o aumento do volume de água no solo lhe permite baixar as resistências estomáticas nos períodos da manhã e meio-dia.

O “midday-closure” é um padrão constante, com a excepção, claro, da azinheira regada no Verão, revelando um comportamento eficiente do uso de água nesta espécie.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Fernando Henriques da Universidade Nova de Lisboa, agradece-se o apoio na análise dos dados. À técnica Custódia Gabriel e Patricia Lopes agradece-se todo a ajuda nas tarefas de campo e na rega em especial. Ao laboratório de Hidrologia da Universidade de Évora agradece-se o apoio na manutenção do material necessário às medições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M., 1998. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO irrigation and drainage paper, 56. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, 300 pp.
- Campos, Pablo & Riera, Pere. 1996. *Social Return of the Forest. Analysis applied to Iberian dehesas e montados*. Direcção Geral de Florestas.
- David T.S, Ferreira, M.I., Cohen, S., Pereira, J.S. & David, J.S., 2004. Constraints on transpiration on an evergreen oak tree in southern Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology* **122**: 193-204.
- Centro de Geofísica de Évora, 2001 a 2002 www.cge.uevora.pt
- DGF, 2001. *Inventário Florestal Nacional. Portugal Continental. 3ª Revisão, 1995 a 1998, Relatório Final*. Direcção Geral de Florestas, Lisboa.
- Guerreiro, M. Gomes, 1957. *Problemas Florestais da Região Mediterrânica ao Sul de Portugal* – Direcção Geral de Florestas Junta Nacional da Cortiça. Lisboa.
- Guerreiro, M. Gomes, 1979. *Ecologia dos recursos da terra*. Comissão Nacional do Ambiente. Lisboa.
- INMG, 1991. *O Clima de Portugal. Normas climatológicas da região do Alentejo e Algarve, correspondentes a 1951-1980*, Fascículo XLIX, vol. 4-4ª região. Lisboa, Portugal.
- Losch, R., Tenhunen, J.D., Pereira, J.S. & Lange, O.L. 1982. Diurnal courses of stomata-resistance and transpiration of wild and cultivated mediterranean perennials at the end of the summer in dry season in Portugal. *Flora* **172** (2): 138-160.
- Mediavilla, S. & Escudero, A. 2004. Stomatal responses to drought of mature trees and seedlings of two cooccurring

- Mediterranean oaks. *Forest Ecology and Management* **187** (2-3): 281-294.
- Monteith, J.L., Campbell, G.S. & Potter, E.A. 1988. Theory and performance of a dynamic diffusion porometer. *Agricultural and Forest Management*. **44** (1): 27-38.
- Nunes, J.M.S.D. 1998. Sistema de ciclo de nutrientes em árvores isoladas de *Quercus rotundifolia* Lam. Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora, Évora, 70 pp.
- Onofre, N.R., Rosário, L. & Cabral, M.T. 1986a. Valorização do Montado de Azinho através da sua Exploração em Uso Múltiplo. *1º Encontro sobre Montados de Sobro e Azinho, Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais*, Liga para a Protecção da Natureza, Grupo Universitário de Évora de Estudos do Ambiente. Évora.
- Onofre, N. R., Rosário, L. & Cabral, M.T. 1986b. Sobre a Azinheira – *Quercus rotundifolia* Lam. – Em Portugal. Importância e Necessidade da sua Conservação. *1º Congresso Florestal Nacional*, Lisboa.
- Pereira, J. S., Barros, M.C. & Rodrigues, J.M., 1999. As Causas da morte do Sobreiro Revisitadas. *Revista Florestal* **12**: 20-24
- Pereira J.S., Correia, A.V., Correia, A.P., Branco, M., Bugalho, M., Caldeira, M.C., Cruz, C.S., Freitas, H., Oliveira, A.C., Pereira, J.M.C., Reis, R.M. & Vasconcelos, M.J. 2002. Ecological processes affecting the survival of key forest species. In F.D. Santos, K. Forbes, R. Moita (eds) *Climate Change in Portugal Scenarios, Impacts and Adaptations Measures SIAM Project*, pp. 385-387. Gradiva, Lisboa
- Schiller, G., Unger, E.D., Moshe, Y., Cohen, S. & Cohen, Y. 2003. Estimating water use by sclerophyllous species under east Mediterranean climate. II. The transpiration of *Quercus calliprinos* Webb in response to silvicultural treatments. *Forest Ecol. Manage.* **179** (1-3): 485-495.
- Testi, L., Orgaz, F. & Villalobos, F.J. 2006. Variations in bulk canopy conductance of an irrigated olive (*Olea europaea* L.) orchard. *Environmental and Experimental Botany* **55**: 15-28.
- Trambouze, W. & Voltz, M. 2001. Measurement and modelling of the transpiration of a Mediterranean vineyard. *Agric. Forest Meteorol.* **107** (2): 153-166.

Análise da evolução da resposta à selecção numa população da raça bovina mertolenga

Evaluation of selection response in a population of mertolengo beef cattle

J. Castro¹, C. Roquete¹ & G. Barata¹

RESUMO

A zona Mediterrânica em que o Alentejo se inclui, caracteriza-se pela existência de pastagem natural de boa qualidade por um período bastante curto, normalmente, de Março a Maio.

A raça bovina Mertolenga é considerada, desde há muito, uma das raças autóctones portuguesas melhor adaptadas a condições alimentares difíceis, quer do ponto de vista quantitativo quer qualitativo. Assumida a sua orientação para a produção de carne, através de linha pura e de cruzamento industrial, representa um património genético de grande valia.

Os elementos referentes a pesos ajustados para as idades de 90 e 180 dias, possíveis indicadores da capacidade maternal desta raça, provenientes de uma população explorada em regime extensivo na região do Baixo Alentejo e recolhidos entre 1982 e 1996, foram utilizados para avaliação da evolução do nível genético dessa população que, ao longo do tempo, tem sido submetida a melhoramento por selecção.

Adoptou-se a metodologia sugerida por Elsen & Mocquot (1974) que tem em consideração a evolução ano após ano bem como as alterações da estrutura da população ao

longo do tempo, no que respeita ao número de indivíduos que integram as classes de idade ao parto. Esta metodologia prevê igualmente a existência de gerações sobrepostas, situação muito frequente em sistemas de produção de animais domésticos.

A evolução avaliada teve por base a estimativa da resposta à selecção quer do lado masculino quer do lado feminino, uma vez que as características analisadas foram medidas em ambos os sexos.

Através da equação da resposta à selecção proposta por Falconer & Mackay (1996): $R = S \times h^2$, estimaram-se os valores do diferencial de selecção (S) bem como os valores da resposta à selecção (R), em ambos os sexos. Utilizando a equação acima referida e combinando os dois sexos, estimou-se o valor da heritabilidade realizada. Assim, obtiveram-se os valores de 0,28 e 0,29 para os pesos ajustados para as idades de 90 e 180 dias, respectivamente.

As características acima referidas, encaçadas como possíveis indicadores da capacidade maternal desta raça, manifestaram-se de modo distinto.

O contributo dos toiros oscilou entre 0,529 kg e 4,665 kg para o peso ajustado à idade de 90 dias. No que respeita ao peso ajustado para a idade de 180 dias, o contri-

¹ Departamento de Zootecnia e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 ÉVORA; e-mail: jcastro@uevora.pt

buto dos machos variou entre -0,176 kg e 9,197 kg.

O contributo das vacas variou entre 0,104 kg e 1,113 kg, quando analisámos o peso corrigido para a idade de 90 dias. No que respeita ao peso corrigido para a idade de 180 dias, aquele contributo oscilou entre -1,433 kg e 0,779 kg. Ainda no que concerne a esta característica e para o conjunto de anos analisados, cerca de 46% das vacas apresentaram contributos de sinal negativo.

O comportamento da população, avaliado pela resposta observada na descendência, parece indicar uma marcada evolução. Assim e no que concerne ao peso ajustado para a idade de 90 dias, os valores oscilaram entre 0,201 kg e 2,466 kg. Quanto ao peso ajustado para a idade de 180 dias, os valores da resposta situaram-se entre 0,048 kg e 3,979 kg.

ABSTRACT

The "Mertolengo" is a Portuguese native beef breed which inhabits in the Alentejo country (south of Portugal). It is very well adapted to perform in range production systems.

A herd of Mertolengo breed were utilized for the evaluation of response to selection, over fourteen years. Field data were recorded and the weights were adjusted for 3 and 6 months of age. For those traits, realized heritabilities were estimated, combining the two sexes and utilizing the total response to selection and the weighted cumulative selection differentials. The values reached were, respectively, 0,28 and 0,29 for 3 months and 6 months age weight.

The evaluation of selection response, on the female side, followed the gene flow method referred by Elsen & Mocquot (1974), taking in account the age structure of the female population. Through this

method it was possible to evaluate the changes year by year.

The female contribution to the genetic progress was very low, and frequently negative, when compared with bulls. The amount of response achieved was entirely due to the bulls.

INTRODUÇÃO

A raça bovina Mertolenga, considerada desde há muito como uma das raças autóctones portuguesas melhor adaptada a condições alimentares difíceis, quer do ponto de vista quantitativo quer qualitativo, que caracterizam grande parte do Baixo Alentejo, representa um património genético de grande valia, neste contexto.

A questão da necessidade de a melhorar, levanta algumas questões de conceito e de metodologias pois, em regra, a produtividade entra em conflito com a adaptabilidade (Roquete, 1993).

A composição do património genético dos animais desta raça tem sido determinada por critérios de melhoramento dentro de um reduzido grupo de efectivos, considerados os melhores. Isto porque a raça Mertolenga não tem usufruído, de um modo generalizado, das técnicas auxiliares da reprodução, nomeadamente da inseminação artificial.

Assumida a sua orientação para a produção de carne, pelas qualidades que lhe têm sido reconhecidas, quer em linha pura quer em cruzamento de tipo industrial, a raça em causa merece o esforço conducente à sua preservação e melhoramento.

As tecnologias e metodologias postas ao serviço do melhoramento genético animal têm por missão melhorar a eficiência produtiva de uma população e não a de um determinado indivíduo. Pretende-se, deste modo, obter um melhor desempenho dos

indivíduos das gerações futuras, para as características eleitas.

A existência de um Registo Zootécnico desde 1979 e, posteriormente, a constituição do Livro Genealógico da Raça Bovina Mertolenga, têm primado pela manutenção da raça em linha pura. Assim é lícito pressupor que a evolução da raça, no sentido da sua preservação e melhoramento, tenha por princípio a metodologia da selecção, seguida ou não de estratégias de emparelhamento, partindo de uma base concreta. De facto, reconhece-se que a selecção é o método mais utilizado pelos produtores, para produzirem as desejadas mudanças genéticas em populações cujos animais estão inscritos em Livros Genealógicos.

Entre a informação disponível, optou-se por eleger a que respeitava a pesos vivos dos indivíduos de ambos os sexos, referenciados a idades-tipo bem como para a idade da vaca ao parto e época de parto. É frequente encontrarem-se referências às qualidades da raça Mertolenga, principalmente no que concerne às suas capacidades maternas. Neste sentido pretende-se avaliar, nesta população, a evolução do ponto de vista genético dos pesos ajustados às idades de 90 e 180 dias.

O presente trabalho simula os instrumentos e técnicas que nas décadas de 1980 e 1990, estavam à disposição dos produtores.

Neste contexto o objectivo é o de contribuir para o conhecimento da evolução da resposta à selecção, praticada na população eleita, preconizando a posterior validação através de sistemas estatístico - matemáticos mais actuais.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Os elementos utilizados na realização deste estudo, referentes ao período de 1982 a

1996, reportam-se a uma população bovina mertolenga, explorada em linha pura na região do Baixo Alentejo. Esta população encontra-se inscrita no livro genealógico da raça.

Acerca desta população foram recolhidas informações individuais sobre o comportamento reprodutivo e produtivo de indivíduos em fase de produção bem como de pesagens periódicas entre o nascimento e desmame.

Analisaram-se elementos referentes a 1690 descendentes masculinos e femininos, filhos de 19 touros.

Recolha de informação

Recolha de informação de campo.

Identificação individual quer dos progenitores quer dos descendentes.

Data de nascimento.

Data de parto.

Datas e pesos resultantes de avaliações periódicas.

Validação da informação recolhida e sua informatização, utilizando o programa BOVIS - Gestão Bovina (Roquete, 1996).

Definição das características que constituem a base do estudo evolutivo proposto.

Após a validação e informatização da informação, optou-se pela eleição dos pesos aos 90 e 180 dias de idade, pelo facto de pensarmos que qualquer uma destas características pode constituir um indicador da capacidade maternal da raça em causa.

As pesagens periódicas permitiram-nos estimar os pesos aos 90 e 180 dias de idade. A estimativa destes pesos foi obtida através do Ganho Médio Diário entre os pesos mais próximos (anterior e posterior) da idade pretendida.

As características anteriormente referidas foram ajustadas para idade da vaca ao parto e época de parto.

Análise da evolução da população através da estimativa da resposta à selecção por geração

Esta fase foi inteiramente dedicada à análise da evolução da população, tendo por base:

A metodologia indicada por Falconer & Mackay (1996) no que concerne à estimativa da resposta à selecção ($R = h^2 \times S$) em que se utilizou o valor estimado da heritabilidade realizada e do diferencial de selecção não ponderado;

A metodologia da Comparação dos Contemporâneos (Rendel & Robertson 1950, Johansson & Rendel 1966) no caso particular da avaliação dos toiros que não tinham informação própria para as características em análise, mas que possuíam descendentes (masculinos e femininos) com informação para as mesmas;

A metodologia proposta por Elsen & Mocquot (1974) para a previsão da evolução do nível genético de uma população submetida a selecção e em que as gerações se sobrepõem.

Metodologia para estimativa da resposta à selecção e estimativa do valor da heritabilidade realizada

A estimativa do valor da heritabilidade realizada (h_r^2), baseou-se na metodologia indicada por Falconer & Mackay (1996) isto é, partindo da equação da resposta à selecção: $R = h^2 \times S$. A estimativa do valor da heritabilidade teve por base os machos e as fêmeas que tinham informação própria, para as características em análise, no período de 1982 a 1996.

Os passos para a determinação do valor estimado da heritabilidade foram:

Determinação da resposta total na população, do lado masculino (R.T.M.) e do lado feminino (R.T.F.).

Cálculo da proporção de descendentes (Pd), dos toiros e das vacas [Desc.(Pd)].

Estimativa do valor do diferencial de selecção (Sp..._{SEL}), do lado masculino e do lado feminino, para cada característica, referente aos indivíduos nascidos e seleccionados em cada ano.

Ponderação do valor do diferencial de selecção (Sp..._{SEL}), dos machos e das fêmeas, em cada ano:

$$D.S.P.M. = S \times Desc.(Pd)$$

$$D.S.P.F. = S \times Desc.(Pd)$$

Pd = Proporção de descendentes

Obtenção do valor ponderado total do diferencial de selecção do lado masculino (D.S.P.T.M.) e do lado feminino (D.S.P.T.F.).

$$D.S.P.T.M. = \sum D.S.P.M.$$

$$D.S.P.T.F. = \sum D.S.P.F.$$

Estimativa do valor da heritabilidade realizada

$$h_r^2 = (R.T.M. + R.T.F.) / (D.S.P.T.M. + D.S.P.T.F.)$$

Avaliação dos toiros sem informação própria de pesos ajustados para as idades de 90 e 180 dias

O presente trabalho envolveu alguns toiros, acerca dos quais não existia informação própria referente a pesos aos 90 e 180 dias de idade. Todavia, foi possível obter informação sobre as características acima mencionadas, ao nível dos descendentes masculinos e femininos e seus contemporâneos de ambos os sexos.

Assim, a avaliação destes toiros foi feita com base nos princípios do Teste de Descendência, utilizando a metodologia da Comparação dos Contemporâneos, desenvolvida por Rendel & Robertson (1950). Este método baseia-se nas diferenças entre as médias ponderadas dos descendentes de

um toiro e as médias ponderadas dos seus contemporâneos.

Os cálculos que a seguir se indicam, foram realizados para cada ano de nascimentos dos descendentes dos respectivos toiros.

Determinação da média ponderada dos descendentes de cada toiro

$$\text{Med.Pond} = [(Mpm \times Mn) + (Fpm \times Fn)] / n_{\text{Tot}}$$

Cálculo do desvio entre a média ponderada dos descendentes masculinos e femininos de cada toiro (DT), relativamente à média ponderada dos contemporâneos de ambos os sexos (C), descendentes dos outros toiros

$$\text{Desv.Pond.T} = (\bar{X}_{DT} - \bar{Y}_C)$$

($\bar{X}_{DT}$ - Média ponderada dos descendentes de um toiro; $\bar{Y}_C$ - Média ponderada dos contemporâneos)

Desvio médio dos descendentes de cada toiro relativamente aos contemporâneos (Comparação dos Contemporâneos = C.C.)

O somatório dos Desvios Ponderados (Desv.Pond) foi dividido pelo somatório dos factores de ponderação (p):

$$C.C = \sum \text{Desv. Pond}_T / \sum p$$

($\sum p$ de cada toiro - Número de filhos efectivos de um toiro (Johansson & Rendel, 1966))

Resposta esperada dos descendentes do toiro

Superioridade que se espera que a média dos descendentes de um toiro venha a ter em relação à média da população:

$$R_{TSI} = C.C \times (\sum p / \sum p+a)$$

((p / (p+a) - Heritabilidade do teste de descendência; $a = (4 - h_r^2) / h_r^2$)

Contributo de cada toiro, para a descendência do ano seguinte

Os progenitores podem revelar na prática, diferenças de fertilidade ou terem diferentes oportunidades de acasalamento, por razões de vária ordem. Assim, alguns progenitores contribuem com diferente número de descendentes para a geração seguinte o que, em consequência, modifica a frequência génica ao nível da nova geração. Deste modo, para que se possa obter uma estimativa mais próxima da realidade, dever-se-à considerar a proporção de descendentes com que cada progenitor contribuiu, para a geração seguinte. Assim o contributo do toiro será estimado através de:

$$C_{TSI} = R_{TSI} \times \text{Desc.}(Pd)$$

Avaliação dos toiros com informação própria de pesos ajustados para as idades de 90 e 180 dias

Decorrente da metodologia utilizada anteriormente para o cálculo da heritabilidade realizada, referente às características em estudo, a avaliação destes toiros em termos de resposta estimada, baseou-se na seguinte equação:

$$R_{TCI} = h_r^2 \times S_{TCI}$$

Estimativa do diferencial de selecção

Uma vez determinado o valor da heritabilidade, resta estimar, para cada toiro, o valor de S_{TCI} , como sendo o desvio do valor fenotípico (P_{sel}) dos indivíduos seleccionados em cada ano, relativamente ao valor fenotípico médio da população ($\bar{P}_{pop}$)

$$S_{TCI} = P_{sel.} - \bar{P}_{pop.}$$

Contributo de cada toiro para a descendência do ano seguinte

À semelhança do procedimento havido para a estimativa do contributo dos toiros sem informação própria, também neste caso se adoptou a mesma metodologia, pelo que:

$$C_{TCI} = R_{TCI} \times Desc.(Pd)$$

Avaliação das vacas

As informações recolhidas acerca da população em causa permitiram a elaboração de uma matriz em que é revelada a evolução da estrutura da componente feminina, de acordo com a metodologia proposta por Elsen & Mocquot (1974).

A matriz, que designamos por estrutura da população, foi construída a partir das fêmeas existentes em 1982, incluindo as nascidas neste ano, e que contribuíram com descendentes nos anos seguintes.

A organização da referida estrutura teve por base classes de idade ao parto. De notar que a primeira classe de idades inicia-se com animais que pariram com idade superior a dois anos e meio, em virtude de se ter verificado que nesta população, as fêmeas se iniciaram na reprodução com uma idade média de dois anos.

Atendendo a que só a partir de 1982 existiam registos sistemáticos do efectivo, o ponto de partida para o estudo da evolução desta população foi o ano anteriormente referido.

A estrutura feminina assim elaborada, pretende mostrar a evolução do número de fêmeas que pariram, não só ao longo do período consignado ao estudo mas também por classes etárias. Pensamos poder visualizar a evolução do ponto de vista produtivo, considerando o aspecto reprodutivo e a lon-

gevidade. Porém, esta última, condicionada a uma idade de refugo considerada aceitável por quem geria o plano estabelecido para esta população.

As razões anteriormente referidas quanto à existência e tipo de registos, conduziram a que a avaliação genética das fêmeas se iniciasse com as nascidas em 1982. De acordo com as informações registadas, verificou-se que as fêmeas se iniciaram na reprodução com uma idade média de dois anos admitindo-se, teoricamente, que iriam parir com um ano mais.

Os passos inerentes ao processo de avaliação foram:

Determinação da proporção de fêmeas paridas em cada ano (V_p), relativamente ao total das paridas nesse ano, incluindo as existentes anteriormente.

Cálculo do número total e da proporção de descendentes ($Desc.(Pd)$), ao longo da vida produtiva das fêmeas nascidas em cada ano, a partir de 1982.

Estimativa do diferencial de selecção

A estimativa do valor do diferencial de selecção S_V , baseou-se no desvio do valor fenotípico dos indivíduos seleccionados em cada ano ($P_{sel.}$), relativamente ao valor fenotípico médio da população ($\bar{P}_{pop.}$)

$$S_V = P_{sel.} - \bar{P}_{pop.}$$

Estimativa da resposta

Decorrente da metodologia utilizada anteriormente para a estimativa do valor da heritabilidade realizada, referente às características em estudo, a avaliação das fêmeas em termos de resposta estimada, baseou-se na seguinte equação:

$$R_V = h^2_r \times S_V$$

Contributo das fêmeas paridas, para a descendência do ano seguinte

$$C_V = R_V \times V_P^5$$

(V_P - Proporção de vacas paridas em cada ano)

Avaliação da descendência

A resposta obtida na descendência (R_D), pressupõe que a selecção foi realizada em ambos os sexos (futuros progenitores) e, como tal, metade dos genes da descendência provém do progenitor masculino e a outra metade, do progenitor feminino.

Assim, a resposta obtida na descendência do ano seguinte será:

$$R_D = (\sum C_T + \sum C_V) / 2$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução da estrutura etária da população feminina

A utilização da metodologia proposta por Elsen & Mocquot (1974) permitiu elaborar

a estrutura que se apresenta nos Quadros 1 e 2. Os registos existentes disponibilizaram informação apenas a partir de 1982, ano em que se iniciou o plano de avaliação ponderal sistemática, nesta população. Assim o presente estudo tem início com os animais nascidos naquele ano e que, de acordo com o plano reprodutivo, foram beneficiados pela primeira vez em 1984 vindo a parir em 1985.

Embora com alguma reserva, e de acordo com a evolução do número total de fêmeas paridas (Quadro 1), poderemos supor que houve a necessidade premente de aumentar o número de animais desta população.

A leitura do Quadro 1, de acordo com a metodologia proposta por Elsen & Mocquot (1974), pode ser feita de três modos:

Na horizontal: identifica-se o número de fêmeas que pariram, ao longo dos anos, referentes à mesma classe etária.

Na vertical: contabilizam-se as fêmeas que pariram no mesmo ano mas que pertenciam a classes etárias diferentes.

Na diagonal: observa-se a evolução do número de fêmeas que pariram, à medida que mudavam de classe etária.

QUADRO 1 - Número de fêmeas paridas em cada ano, por classes de idade*

	N				B		P													
CL.I.P	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
>2,5≤3,5				28	31	29	32	33	35	45	38	39	28	41	38	40	21	27	30	
>3,5≤4,5				23	22	18	15	22	28	23	34	24	22	20	33	23	21	14	15	
>4,5≤5,5				17	12	15	12	14	21	16	18	23	21	18	13	16	19	12	14	
>5,5≤6,5					14	12	12	9	12	14	13	16	20	14	8	12	18	12	11	
>6,5≤7,5						11	8	8	8	9	10	12	15	10	6	8	8	10	9	
>7,5≤8,5							8	5	8	6	7	10	11	9	2	1	2	6	8	
>8,5≤9,5								5	7	6	6	7	2	7	----	1	1	1	1	
>9,5									4	7	6	----	----	----	----	----	----	----	----	
Total anual				68	79	85	87	96	123	126	132	131	119	119	100	101	90	82	88	

Vacas existentes anteriormente; * Inclui as fêmeas nascidas em 1982 e que pariram em 1985

QUADRO 2 - Proporção de fêmeas paridas em cada ano, por classes de idade (V_p)

	N			B			P											
CL.I.P	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997		
>2,5 ≤ 3,5				0,368	0,344	0,285	0,357	0,288	0,298	0,235	0,345	0,380	0,396	0,233	0,329	0,341		
>3,5 ≤ 4,5					0,229	0,228	0,183	0,258	0,183	0,185	0,168	0,330	0,228	0,233	0,171	0,170		
>4,5 ≤ 5,5						0,171	0,127	0,136	0,176	0,176	0,151	0,130	0,158	0,211	0,146	0,159		
>5,5 ≤ 6,5							0,111	0,098	0,122	0,168	0,118	0,080	0,119	0,200	0,146	0,125		
>6,5 ≤ 7,5								0,076	0,092	0,126	0,084	0,060	0,079	0,089	0,122	0,102		
>7,5 ≤ 8,5									0,076	0,092	0,076	0,020	0,010	0,022	0,073	0,091		
>8,5 ≤ 9,5										0,017	0,059	----	0,010	0,011	0,012	0,011		

Este método de organizar os animais permite conhecer a verdadeira estrutura da população bem como a sua evolução ao longo do tempo.

Estimativa da resposta à selecção das fêmeas

A respeito do peso ajustado para a idade de 90 dias, Roquete (1993) refere que uma das questões que se colocava acerca da utilização da raça Mertolenga em cruzamento industrial, era a eventual capacidade leiteira para alimentar um vitelo cruzado que tem, como é sabido, um maior crescimento devido aos efeitos genéticos directos. Aquele autor afirma não ter dúvidas acerca da eficiência da raça Mertolenga em sistema de cruzamento, ao produzir até aos três meses de idade do vitelo, pesos superiores a 32% do peso adulto médio da raça. Porém refere que em linha pura a eficiência baixou para valores da ordem dos 20%.

No decurso do seu estudo, reconheceu a importância da influência dos efeitos ambientais sobre o peso ajustado à idade de 90 dias, nomeadamente o efeito da idade da vaca ao parto.

Admitindo que aquela característica era utilizada como indicador da capacidade maternal, ainda que fortemente influenciada por efeitos ambientais, tivemos curiosidade em analisar, do ponto de vista do progresso genético, a evolução proporcionada por um hipotético plano que preconizasse a selecção para peso ajustado à idade de 90 dias.

Os valores estimados da resposta à selecção do lado feminino (Quadro 3) permitem demonstrar a pouca eficácia da selecção para a referida característica. O referido quadro revela valores iguais a zero, nos anos de 1983, 1985 e 1988 em virtude de, nestes anos, não ter sido feita selecção do lado feminino. Isto significa que estes animais em nada contribuíram, em termos do progresso genético esperado.

QUADRO 3 - Evolução da resposta estimada do lado das fêmeas seleccionadas em cada ano, a partir de 1982 (R_v)

	N*															
Ano de Nascimento	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
R_v (kg)	1,372	0,000	0,084	0,000	0,308	3,164	0,000	0,056	-0,392	0,644	0,504	-0,196	1,260	-0,224	2,464	

N*- Ano de nascimento das fêmeas com que se iniciou o estudo da população

As afirmações feitas anteriormente, a respeito desta característica, podem ser agora reforçadas se analisarmos aos valores da resposta à selecção, em cada ano.

Estimativa da resposta à selecção, do lado da descendência. Peso corrigido para a idade de 90 dias

O valor estimado da resposta da descendência (Quadro 4) revela a natural flutuação. Todavia, parece ter havido tendência para uma apreciável evolução. A apreciação deste quadro revela que o contributo das fêmeas foi sempre inferior ao dos machos. Pensamos que a eventual explicação para este facto poderá residir no maior número de descendentes dos toiros relativamente às vacas. Por outro lado, a pressão de selecção exercida sobre as fêmeas foi, em nossa opinião, bastante baixa.

As explicações dadas anteriormente fundamentam-se na realidade de certos factos:

1- O contributo anual de cada vaca traduz-se, normalmente, por apenas um descendente que retrata duas realidades:

- O potencial genético da vaca e do toiro;
- As condições ambientais naturais, variáveis ao longo do ano, em termos de disponibilidade de pastagem ou da necessidade mais ou menos acentuada de suplementação ("creep feeding").

2- O contributo anual de um toiro, comparativamente com o das vacas, traduz-se em muito maior número de descendente.

Assim, em termos de comparações dos contributos médios, as fêmeas são normalmente prejudicadas pois, o reduzido número de descendentes não permite uma diluição para uma média, comparativamente aos toiros.

QUADRO 4 - Evolução da resposta estimada, do lado da descendência (R_D)

	N		B*		P**											
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
C _V	---	---	0,505	0,314	0,258	0,168	0,204	1,113	0,673	0,540	0,141	0,428	0,270	0,104	0,522	
C _T	---	---	0,529	0,651	1,157	0,233	1,061	2,704	4,259	3,878	4,665	2,634	4,290	3,407	3,337	
RD (kg)	---	---	---	0,517	0,483	0,708	0,201	0,633	1,909	2,466	2,209	2,403	1,531	2,280	1,756	1,930

*B- Primeiro ano em que foram beneficiadas as fêmeas com que se iniciou o estudo; **P- Ano em que ocorreram os primeiros partos das fêmeas com que se iniciou o estudo; Contributo das Vacas (C_V); Contributo dos Toiros (C_T); Resposta da descendência (RD)

Peso corrigido para a idade de 180 dias

QUADRO 5 - Evolução da resposta estimada do lado das fêmeas seleccionadas em cada ano, a partir de 1982 inclusive (R_V)

	N														
Ano de Nascimento	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
R _V (kg)	2,117	0,000	0,203	0,000	0,174	-0,435	0,000	-2,668	-1,276	-1,247	-0,493	-1,972	-0,377	-0,087	0,812

QUADRO 6 - Evolução da resposta estimada, do lado da descendência (R_D)

	N		B		P												
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
C _V			0,779	0,485	0,419	0,272	0,238	0,089	0,011	-0,949	-1,390	-1,240	-1,217	-1,433	-1,072		
C _T			2,281	2,711	2,667	-0,176	0,844	4,307	7,042	6,707	7,565	9,197	8,451	5,545	3,637		
R _D (kg)			----	1,530	1,598	1,543	0,048	0,541	2,198	3,527	2,879	3,088	3,979	3,617	2,056	1,283	

Contributo das Vacas (C_V); Contributo dos Toiros (C_T); Resposta da descendência (R_D)

CONCLUSÕES

As características acima referidas, encarradas como possíveis indicadores da capacidade maternal desta raça, manifestaram-se de modo distinto. Parece haver fortes indícios de que o peso ajustado à idade de 90 dias, comparado com a outra característica, constitui um elemento pouco eficiente do ponto de vista da selecção, nesta raça.

Avaliando o contributo anual dos toiros para qualquer uma das características, parece haver uma tendência positiva na sua evolução.

O contributo das vacas foi, de um modo geral, muito baixo apresentando uma grande frequência de valores negativos. Ao compararmos os contributos das vacas, entre características, verificaram-se valores positivos embora pouco expressivos, para o peso ajustado à idade de 90 dias. No caso do peso ajustado à idade de 180 dias, o contributo das fêmeas revelou valores relativos bastante mais baixos quando comparados com o peso aos 90 dias. Assim, o contributo das vacas variou entre 0,104 kg e 1,113 kg, quando analisamos o peso corrigido para a idade de 90 dias. No que respeita ao peso corrigido para a idade de 180 dias, aquele contributo oscilou entre -1,433 kg e 0,779 kg. Ainda no que concerne a esta característica e para o conjunto de anos analisados, cerca de 46% das vacas apresentaram contributos de sinal negativo. A análise

do contributo das vacas faz-nos supor que os pesos aos 180 dias, não terão sido totalmente tomados em consideração, quando da selecção.

Os factos relatados anteriormente, levam-nos a inferir acerca da grande influência dos efeitos ambientais (maternais), sobre o crescimento até ao desmame. Provavelmente estamos perante a correlação negativa entre efeitos maternais e efeitos directos, referida por vários autores.

O comportamento da população, avaliado pela resposta da descendência, parece indicar uma evolução progressiva. A partir do ano de 1989, assiste-se a um marcado incremento, coincidindo com a eliminação de toiros sem informação própria e a introdução de machos com informação própria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Elsen, J.M. & Mocquot, J.C. 1974. Méthode de prévision de l'évolution du niveau génétique d'une population soumise a une opération de sélection et dont les générations se chevauchent. Recherches pour une rationalisation technique et économique des schémas de sélection des bovins et ovins. *Bulletin technique du département de génétique animale* **17**: 30-37. Institut National de la Recherche Agronomique.

- Falconer, D.S. & Mackay, T.F.C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4^a ed. Pearson-Prentice Hall (eds).U.K.
- Johansson, I. & Rendel, J. 1966. *Genetics and Animal Breeding* (Oliver & Boyd, ed.)
- Rendel, J.M. & Robertson, A. 1950. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. *Journal of Genetics* **50**: 1-8.
- Roquete, C.J.R. 1993. Aplicação do modelo animal na caracterização genética das populações Frísia e Mertolenga no Alentejo. *Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Agrárias, especialidade de Bovinotecnia*.
- Roquete, C.J.R. 1996. *BOVIS – Gestão Bovina*. Programa informático para gestão de efectivos bovinos.

ANEXO

Nomenclatura

B	Primeiro ano em que foram beneficiadas as fêmeas com que se iniciou o estudo.
C.C.	Comparação dos contemporâneos.
CL.I.P	Classes de idade ao parto
C _T	Contributo de todos os toiros, para a descendência do ano seguinte.
C _{TCI}	Contributo dos toiros com informação própria, para a descendência.
C _{TSI}	Contributo dos toiros sem informação própria, para a descendência
C _V	Contributo das vacas paridas, para a descendência do ano seguinte.
D.S.P.F.	Diferencial de selecção ponderado, das fêmeas seleccionadas.
D.S.P.M	Diferencial de selecção ponderado, dos machos seleccionados.
D.S.P.T.F	Diferencial de Selecção Ponderado Total, das fêmeas seleccionadas.
D.S.P.T.M	Diferencial de Selecção Ponderado Total, dos machos seleccionados.
Desc.(Pd)	Proporção de descendentes dos indivíduos seleccionados em cada ano
Desv.Pond _T .	Desvios ponderados da média dos descendentes de cada toiro.
Fn	Número de descendentes femininos dos toiros utilizados.
Fpm	Peso médio dos descendentes femininos dos toiros utilizados.
h ² _r	Valor estimado da heritabilidade realizada.
Mn	Número de descendentes masculinos dos toiros utilizados.
Mpm	Peso médio dos descendentes masculinos dos toiros utilizados.
N	Ano de nascimento das fêmeas com que se iniciou o estudo
nTot	Número total de descendentes (masculinos e femininos) dos toiros usados.
P	Ano em que ocorreram os primeiros partos das fêmeas iniciais.
p	Número de filhos efectivos.
$\bar{P}_{POP.}$	Valor fenotípico médio da população.
R	Estimativa da Resposta à Selecção.
R.T.F.	Resposta total da população, do lado feminino.
R.T.M.	Resposta total da população, do lado masculino.
R _D	Estimativa da Resposta à Selecção do lado da descendência.
R _T	Estimativa da Resposta Total, do lado dos toiros.
R _{TCI}	Superioridade esperada, dos descendentes dos toiro com informação própria.
R _{TSI}	Superioridade esperada, dos descendentes dos toiro sem informação própria.
R _V	Estimativa da Resposta Total, do lado das vacas.
S	Estimativa do Diferencial de Selecção.
S _{TCI}	Estimativa do Diferencial de Selecção não ponderado, dos toiros com informação própria.
S _{TSI}	Estimativa do Diferencial de Selecção não ponderado, dos toiros sem informação própria.
S _V	Estimativa do Diferencial de Selecção não ponderado, das vacas
V _P	Proporção de vacas paridas em cada ano.

Diversidade funcional em sistemas de montado: fluxo de nutrientes em *Quercus rotundifolia* Lam.

Functional diversity in “montado” systems: nutrients fluxes in *Quercus rotundifolia* Lam.

J. D. Nunes¹, L. Gazarini^{1, 2} & M. Madeira³

RESUMO

Os componentes dos ciclos de nutrientes em montados de *Quercus rotundifolia* Lam., relacionados com a precipitação foram estudados na região de Évora, de Novembro de 1996 a Dezembro de 2000. A precipitação bruta, o gotejo a diferentes distâncias do tronco e o escoamento ao longo do tronco das árvores foram quantificados de modo contínuo, sendo colhidas amostras semanalmente para se proceder à respectiva caracterização química. A quantidade de nutrientes transferidos para o solo através das diferentes soluções foi também determinada. Verificou-se um acréscimo da concentração das espécies iónicas no gotejo em relação à precipitação bruta, o qual foi ainda mais manifesto no escoamento ao longo do tronco.

Estudaram-se, igualmente, as características físico-químicas do solo sob e fora da influência da copa destas árvores, num montado relativamente esparso. Além disso, também se avaliou a quantidade das camadas orgânicas e a quantidade de nutrientes aí retidos. As características físicas e químicas do solo apresentaram, de

um modo geral, uma diferenciação positiva em resultado da presença das árvores.

Avaliou-se a taxa de mineralização de N nas áreas sob e fora da acção do coberto das árvores, tendo-se observado uma mais elevada disponibilidade deste nutriente nas áreas do sob coberto.

ABSTRACT

Nutrient cycling in *Quercus rotundifolia* Lam. systems, regarding precipitation was studied at Évora (Southern Portugal), since November of 1996 until December of 2000. The amounts of gross rainfall, throughfall (at different distances from the tree trunk) and stemflow were measured continuously and samples for chemical analysis were collected weekly. The concentration of nutrients was higher in the throughfall than in the gross rainfall, especially in the areas closer to the tree trunk. Nutrients transferred to soil, through bulk rainfall, throughfall and stemflow were quantified. The highest concentration of nutrients was observed in the stemflow water.

Soil physical and chemical characteris-

¹ Dep. Biologia, Universidade de Évora, 7002-554 Évora; e-mail: jdnunes@uevora.pt; ² Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora; ³ Departamento de Ciências do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia

tics, underneath and outside *Quercus rotundifolia* crowns, were studied in areas where trees commonly are wide spaced. The amounts of the forest floor litter layer were also evaluated. Soil physical and chemical characteristics showed in general a positive effect with tree presence.

Nitrogen transformation was examined under and outside the influence of the tree canopies. Nitrogen availability was higher in the soil of under crowns areas.

INTRODUÇÃO

As árvores de *Quercus rotundifolia* Lam. enquanto constituintes do sistema “montado” em que, de modo análogo às formações de tipo savana, as árvores apresentam grande espaçamento entre si, interagindo localizadamente com o solo e a vegetação sobcoberto, diferenciando assim as características do solo da área sob a acção da sua copa daquela em que essa acção não se verifica. Tal diferenciação dever-se-á à acumulação de folhada no solo do sob coberto e ao retorno de nutrientes, quer devido à decomposição da folhada acumulada e das raízes senescentes da árvore, quer ainda, devido à precipitação que atravessa a copa e que escorre pelo tronco das árvores.

Estudos realizados em sistemas semelhantes (com a mesma e outras espécies) indicam que as árvores muito espaçadas podem funcionar como “armadilhas” da precipitação e dos nutrientes por ela veiculados, na dependência da acção do vento, melhorando, assim, tanto o regime hídrico (Dancette & Poulain, 1969; Joffre & Rambal, 1988) como a disponibilidade de nutrientes do solo (Attiwill & Leeper, 1987; Gauquelin *et al.*, 1992). Com efeito, Gersper & Holowaychuk (1970) encontraram uma estreita correlação entre as características do solo sob árvores e as do res-

pectivo gotejo, enquanto Ryan & Mcgarity (1983) verificaram uma acentuada variação das características físicas e químicas do solo com a distância ao tronco de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.

A mineralização do C orgânico e do N do solo são processos fundamentais na sustentabilidade dos ecossistemas, quer naturais quer intervencionados pelo homem (Giardina *et al.*, 2001), sendo a disponibilidade em N considerada, para a grande maioria das comunidades de plantas, como a mais limitante relativamente à dos restantes nutrientes (Vitousek *et al.*, 1982; Vitousek & Howart, 1991; Paul *et al.*, 2002; Vestgarden *et al.*, 2003). Considerando que o N é preferencialmente absorvido pelas plantas por intermédio das suas formas minerais (N $[\text{NH}_4^+]$ e N $[\text{NO}_3^-]$) (Brady & Weil, 1999), o mecanismo e a taxa da mineralização do mesmo assume particular importância na disponibilidade em amónio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) nos ecossistemas (Vestgarden *et al.*, 2003). A diferenciação do microclima do solo e das suas características físicas e químicas, entre áreas sob e fora da acção da copa de *Q. rotundifolia*, poderão originar distintas disponibilidades de N e consequentemente diferentes taxas de absorção/lixiviação deste nutriente.

Tais aspectos sugerem que as árvores de *Q. suber* e de *Q. rotundifolia* num montado terão um papel fundamental no regime hídrico e nas características do solo sob a respectiva copa, o que poderá assumir enorme relevância para a sobrevivência deste ecossistema, sobretudo para suportar condições de eventos extremos.

Com efeito, estudos realizados em algumas das nossas áreas de montado têm demonstrado que os solos sob a copa de *Q. rotundifolia* podem apresentar maior disponibilidade de nutrientes em relação às áreas limítrofes (Baltasar *et al.*, 1983). Embora estes dados obtidos em Portugal corroborem

os da literatura estrangeira, eles são escassos e pontuais, sendo necessário mais informação para melhor conhecer o funcionamento do sistema solo-árvore isolada, nas nossas condições ambientais.

Neste contexto, desenvolveram-se estudos com vista à caracterização e modelação de fluxos de nutrientes em montados de *Q. rotundifolia*, destacadamente no tocante ao efeito das árvores na redistribuição da precipitação e nutrientes, na variação espacial de características físicas e químicas do solo e na disponibilidade e mineralização de N. No presente trabalho apresentam-se resultados, obtidos durante um período de quatro anos, referentes aos fluxos de nutrientes associados à precipitação bruta e à precipitação sob-coberto, às camadas orgânicas e minerais do solo e ao N orgânico do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O estudo decorreu no Centro de Estudos e Experimentação da Mitra (C. E. E. M.), da Universidade de Évora, conhecido vulgarmente por Herdade da Mitra. O Centro dista cerca de 12 km da cidade de Évora e está enquadrado pelos paralelos de 38° 31' e de 38° 32' de latitude norte e pelos meridianos de 8° 00' e de 8° 01' de longitude oeste de Greenwich.

A área de estudo caracteriza-se por uma temperatura média anual do ar de 15,6 °C e uma precipitação média anual de 655,6 mm (Reis & Gonçalves, 1985). Corresponde-lhe um clima sub-húmido chuvoso, mesotérmico, com grande deficiência de água no Verão e pequena concentração estival da eficiência térmica (C2 B2 s2 a'), segundo a classificação climática de Thornthwaite, e um clima mesotérmico

húmido com o Verão seco e muito quente (Csa), segundo a de Köppen (Reis & Gonçalves, 1985).

A área de estudo apresenta um relevo ondulado com declives entre 5% e 16%. A litologia corresponde a rochas gnaissóides. Na área experimental são predominantes os Solos Litólicos Não Húmicos Pouco Insaturados Normais de Gnaisses (Aguiar & Grilo, 1975).

A vegetação consiste num montado aberto de *Q. suber* L. e *Q. rotundifolia* Lam., com um estrato arbustivo dominado pela *Cistus salvifolius* L., acompanhada principalmente por *Cistus ladanifer* L., *Cistus crispus* L., *Quercus coccifera* L., *Myrtus communis* L. e *Arbutus unedo* L..

Amostragens

A precipitação bruta foi colhida por intermédio de udómetros colocados numa torre de 12 m de altura, acima da copa das árvores. Para a colheita da precipitação correspondente ao gotejo instalaram-se numa árvore, nas direcções dos pontos cardeais principais, udómetros ao nível da superfície do solo a 1,5, 5,2 e 6,9 m (limite da projecção da copa) de distância ao tronco; foram ainda instalados udómetros, para cada uma das direcções, fora do limite da projecção da copa, a 2 e a 7 m. O escoamento pelo tronco foi colhido por uma caleira helicoidal colocada à volta do tronco de uma árvore. A precipitação bruta, o gotejo e o escoamento ao longo do tronco foram objecto de quantificação contínua, colhendo-se semanalmente amostras para análise.

As camadas orgânicas, quase exclusivamente restringidas à camada L, foram amostradas no período do Outono-Inverno, com recurso a uma quadrícula metálica (0,25 x 0,25 m) a distâncias do tronco correspondentes a 33, 66, 100, 133 e 200% do raio da copa, de cinco árvores da área

vedada ao pastoreio e de cinco árvores da área não vedada.

Amostras não perturbadas, para determinação da massa volúmica aparente, foram colhidas a 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade, segundo a direcção dos quatro pontos cardeais, nos locais em que se amostraram as camadas orgânicas. As amostras de solo, para caracterização química, foram colhidas por sondagem a 0-5 cm de profundidade, segundo a direcção dos quatro pontos cardeais, às mesmas distâncias utilizadas para a recolha das camadas orgânicas.

A mineralização de N foi avaliada nas áreas sob e fora da acção da copa de *Q. rotundifolia*, por intermédio da metodologia da mineralização sequencial *in situ* descrita por Raison, *et al.* (1987), à profundidade de 0-10 e 10-20 cm.

Métodos analíticos

As soluções foram filtradas (sob vácuo) através de uma membrana de nitrato de celulose com uma porosidade de 0,45 μm de diâmetro. As amostras foram congeladas ou colocadas no frigorífico, consoante o tempo de espera para o processamento analítico.

A massa das camadas orgânicas, foi quantificada a partir da determinação do teor de humidade de sub-amostras, em relação ao peso seco a 80 °C. Os materiais orgânicos foram moídos num moinho centrífugo, utilizando um crivo de malha de 0,5 mm.

A massa volúmica aparente foi determinada após secagem das respectivas amostras a 105 °C.

Os materiais terrosos para caracterização química do solo, depois de secos ao ar, foram crivados através de um crivo de 2 mm.

As sub-amostras de terra resultantes da metodologia da mineralização sequencial do N *in situ* foram submetidas a uma extracção

com KCl 2M (4g de terra com 20 mL de KCl 2M), agitando-as durante uma hora. Finda esta agitação, procedeu-se à centrifugação dos extractos a 3.500 rpm durante sete minutos, seguindo-se a respectiva filtração. Os extractos foram imediatamente congelados para posterior processamento analítico.

O N (Kjeldahl) dos materiais orgânicos foi determinado por intermédio de um sistema de destilação Kjeltac Auto 1030 Analyzer. A solubilização dos elementos minerais (K, Mg, Ca e P) foi efectuada num digestor CEM Microave Digestion System Model MDS-2000. Para o efeito colocou-se 0,5 g de material em tubos LDV (Line Digestion Vessel), em contacto com 10 ml de HNO_3 concentrado a 65%. A solução resultante foi evaporada em copos de "Fourmeau", solubilizando-se o resíduo pela adição de 10 ml de HCl 3 M.

O pH dos materiais terrosos foi determinado numa suspensão de solo em água e KCl 1 M (suspensão 1:2,5) por intermédio do método electrométrico. O C orgânico foi determinado por via seca. O N dos materiais terrosos foi determinado pelo método utilizado para os materiais orgânicos. As bases de troca (Ca, Mg, K, Na) foram extraídas por uma solução de acetato de amónio ajustada a pH 7. O P e o K extractáveis foram obtidos pelo método de Egnér- Riehm.

A concentração de Ca, Mg, K e Na nos extractos de materiais terrosos e orgânicos, bem como nas soluções, foi determinada por espectrofotometria de absorção atómica; a de P foi determinada colorimetricamente (Murphy & Riley, 1962). O N (sob a forma de NH_4^+) foi determinado através do método do fenol-nitroprussiato (Dorich & Nelson, 1983). Os elementos Cl, N (sob a forma de NO_3^-) e S (sob a forma de SO_4^{2-}) foram determinados por cromatografia iónica.

Os teores em N-NH_4^+ e N-NO_3^- das extracções foram determinados por métodos

de espectrofotometria de absorção molecular em analisador automático de fluxo segmentado (Houba *et al.*, 1994). A determinação do teor em N-NH_4^+ foi baseado na reação de *Berthelot* e o teor em N-NO_3^- foi determinado pelo reagente de *Griess-Ilosvay* após redução numa coluna de cádmio.

Cálculos e métodos estatísticos

A verificação da natureza das diferenças entre os valores médios das quantidades das camadas orgânicas, e das quantidades de nutrientes do solo a diferentes distâncias do tronco, efectuou-se por intermédio de testes não paramétricos *H* de Kruskal-Wallis (Sokal & Rohlf, 1995), dado não ter sido possível normalizar e homogeneizar as variâncias das amostras, seguidos de comparações múltiplas específicas, segundo a metodologia descrita por Sprent (1993). As diferenças foram consideradas significativas para $p \leq 0.05$ (Sokal & Rohlf, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No local de estudo, os nutrientes com maiores fluxos anuais (Quadro 1) foram o Cl e o Na, seguidos do K, S [SO_4^{2-}] e Ca, com valores muito próximos (3,49 a 3,98 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$). O P foi aquele que apresentou o menor fluxo (0,77 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$). Os fluxos de N sob a forma de NH_4^+ , ou sob a forma de NO_3^- foram bastante próximos e em média inferiores a 3 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$.

A tendência para os fluxos de nutrientes através da precipitação bruta (PB) serem dominados pelo par Cl-Na, tal como o observado por Cortez (1996) e Bispo (2002) em estudos na região de Pegões, reflecte a importância que as emissões marinhas ainda assumem no local do presente estudo, apesar da maior distância da

linha de costa. O facto de nas condições locais o K ser o terceiro nutriente mais importante, interpondo-se entre o par Cl-Na e o par S-Ca observados nos estudos mencionados, poderá indicar uma mais forte influência das poeiras do solo na devolução de nutrientes ao mesmo pela PB. Não obstante, a importância do Cl^- relativamente aos dois outros aniões, sugere, ainda, a influência da acção marinha na composição aniónica da PB, apesar da maior distância percorrida pelas suas emissões, pois a composição química da precipitação, em geral, pode ser influenciada pelo aerossol marinho até a uma distância de 100 km (Parker, 1983).

As reduzidas quantidades dos restantes nutrientes, principalmente de P, introduzidas no sistema através desta solução, estão em linha com o observado por Cortez (1996) e Bispo (2002), e reflectem o baixo impacto de fontes antropogénicas de nutrientes para o local de estudo, pois em áreas em que estas fontes apresentam um forte impacto, os fluxos da PB apresentam um predomínio do N (NH_4^+ e NO_3^-) e do S, conforme tem sido observado por vários autores (Feger *et al.*, 1990; Takahashi *et al.*, 2001).

No GO da azinheira (Quadro1), os nutrientes com maiores fluxos anuais foram o Cl e o K, seguidos do Na e do Ca, com valores muito próximos (22,35 e 21,05 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$). Os fluxos de S e Mg aproximaram-se (7,05 e 6,54 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), passando este último a ter um peso superior aos fluxos de N, relativamente ao que ocorria na PB. Estes, quer sob a forma de NH_4^+ , ou sob a forma de NO_3^- foram, respectivamente, de 4,2 e 5,37 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, bastante próximos e inferiores a 5,5 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. O menor fluxo foi novamente o do P (1,35 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

No presente estudo verificou-se que no gotejo da azinheira, comparativamente à PB, o K passou a ser o nutriente com o segundo maior fluxo, ocupando a posição

QUADRO 1 - Valores correspondentes aos fluxos anuais médios para, a precipitação bruta (PB), o gotejo (GO), o escoamento ao longo do tronco (ET); fluxos líquidos do gotejo (GL) e valores das correspondentes precipitações (PR), durante o período de 1997 a 2000

		Ca	Mg	Na	K	N [NH ₄ ⁺]	N [NO ₃]	P	Cl	S [SO ₄ ²⁻]
	(mm)	 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹								
PB	654	3,49	1,84	8,66	3,98	2,82	2,07	0,77	17,94	3,88
GO	517	21,05	6,54	22,35	38,42	4,20	5,37	1,35	54,18	7,05
ET	3	0,86	0,13	0,16	0,63	0,01	0,01	< 0,01	0,35	0,06

Os valores para o ET foram calculados considerando como área de influência a da respectiva copa

do Na e o Ca trocou de posição com o S, que passou a ocupar a quinta posição. Este acréscimo de importância do fluxo do K no GO relativamente à PB, para além de se verificar para a grande parte das espécies arbóreas (Velthorst & Van Breemen, 1989; Feger *et al.*, 1990; Veneklaas, 1990; Gauquelin *et al.*, 1992; Muoghalu & Oakhumen, 2000; Moreno *et al.*, 2001), assumirá uma maior relevância na *Q. rotundifolia*, como é evidenciado pelo facto de ser o fluxo de K o mais importante no GO de *Q. ilex* (Bellet *et al.*, 1999), espécie esta considerada muito próxima da espécie estudada (Gonzalez, 1995).

As quantidades de nutrientes transportados pelo escoamento ao longo do tronco (Quadro 1) foram muito baixas em comparação com as transportadas pela precipitação bruta, apresentando, na maioria dos casos, valores inferiores a 1 kg ha⁻¹ ano⁻¹. No entanto, ao considerar-se que esta solução apenas terá influência sobre uma coroa circular à volta do tronco, com um reduzido raio, em vez de toda a área correspondente à área de projecção da copa da árvore (Voight, 1960), verificamos que a quantidade de nutrientes devolvidos ao solo pelo ET assume grande importância por unidade de área (Quadro 2). Este facto terá relevância na diferenciação da disponibilidade de nutrientes, principalmente nas áreas próximas do tronco, como está expresso pelas elevadas quantidades de Ca e K.

A massa das camadas orgânicas decres-

ceu significativamente da proximidade do tronco (305,56 g m⁻²), para o limite da projecção vertical da copa das árvores (131,15 g m⁻²) na área vedada ao pastoreio. Na área não vedada ao pastoreio, o decréscimo foi igualmente significativo, embora com os valores a situarem-se entre 205,56 e 94,74 g m⁻² (Figura 1).

Os valores obtidos sob as árvores da área vedada ao pastoreio, constituindo estas um povoamento com baixa densidade (35-45 árvores ha⁻¹), não se afastam muito dos obtidos para o horizonte L, por Serrasolses & Vallejo (1999) em povoamentos com uma densidade muito mais elevada (> 1000 árvores ha⁻¹).

As camadas orgânicas do solo apresentaram junto ao tronco das árvores o dobro da massa verificada para as áreas localizadas no limite da projecção vertical da copa, devendo esta diferença resultar das variações observadas no padrão da queda da folhada com a distância ao tronco das árvores (Nunes *et al.*, 1999, 2001). A redução da massa das camadas orgânicas junto ao tronco das árvores das áreas não vedadas, em relação aos das árvores das áreas vedadas, poderá dever-se à destruição parcial dessas camadas por acção do pisoteio.

As concentrações em N, P, K, Ca, Mg e Mn nas camadas orgânicas não apresentaram variação com a distância ao tronco, apenas se tendo observado, principalmente nas áreas não vedadas, uma concentração

QUADRO 2 - Fluxos anuais médios de precipitação (PR) e de nutrientes através do escoamento ao longo do tronco; considerando como sua área de influência, a área da copa (AC), ou uma coroa circular com raio de 1 m, 0,5 m e 0,2 m de distância ao tronco, durante o período de 1997 a 2000

		Ca	Mg	Na	K	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P	Cl	S-SO ₄ ²⁻
	(mm)	kg ha ⁻¹ ano ⁻¹								
AC	3	0,86	0,13	0,16	0,63	0,01	0,01	< 0,01	0,35	0,06
1 m	44,8	13,32	1,96	2,41	9,71	0,22	0,23	0,02	5,42	1,00
0,5 m	132,3	39,45	5,81	7,15	28,75	0,66	0,68	0,06	16,03	2,96
0,2 m	464,0	138,52	20,39	25,11	100,96	2,33	2,39	0,20	56,30	10,38

mais elevada de alguns nutrientes, nas camadas colhidas fora do limite (200%) da projecção vertical da copa comparativamente às camadas colhidas dentro desses limite. Estas diferenças poderão resultar de uma decomposição mais acelerada nas áreas do sob coberto, produto de uma actividade microbiana mais intensa, em consequência de diferenças que ocorrerão na composição e na quantidade da população microbiana, e de condições microclimáticas diferenciadas entre o sob coberto e as áreas fora da acção deste. Nas áreas não vedadas ao pastoreio, adicionalmente, ter-se-á verificado a conjugação do efeito do pisoteio com os factores mencionados.

Nas áreas vedadas, a quantidade de N acumulada nas camadas orgânicas variou, de 4698,91 g m⁻², junto ao tronco, a 2084,97 g m⁻², no limite da projecção da

copa. Nas áreas fora da projecção vertical da copa e na distância correspondente ao dobro do raio desta, essa quantidade foi de 564,82 mg m⁻² (Figura 2). Nas áreas não vedadas, essas quantidades foram, respectivamente, 2336,33, 1353,11 e 345,52 g m⁻². Padrão semelhante foi observado para os restantes nutrientes considerados, à excepção do K nas áreas não vedadas ao pastoreio. Sublinha-se, ainda, a elevada quantidade de Ca acumulada nas camadas orgânicas do sob coberto, respectivamente, 4950,6 e 3074,2 g m⁻² em média, nas áreas vedadas e não vedadas ao pastoreio, o que se justifica pelo facto de ser o elemento que é devolvido ao solo em maior quantidade, por intermédio da folhada (Nunes *et al.*, 2001).

As diferenças observadas para a massa das camadas orgânicas com a distância ao

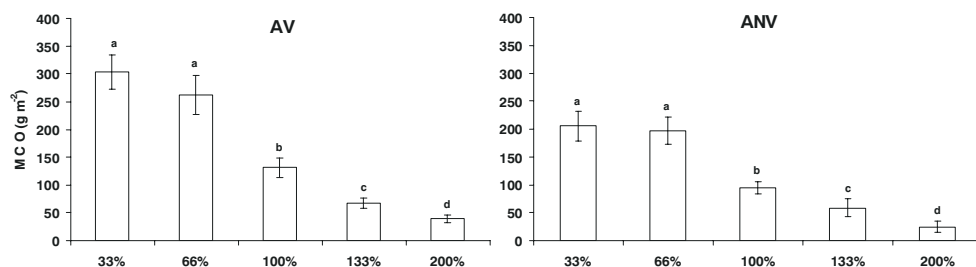


Figura 1 – Valor médio da massa da camada orgânica (MCO) e colhida a 33%, 66%, 100%, 133% e 200% do raio da copa, em áreas vedadas (AV) e não vedadas (ANV) ao pastoreio, de cinco árvores isoladas. Letras diferentes na mesma área correspondem a diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste *H* de Kruskal-Wallis

tronco, determinaram que a quantidade de nutrientes acumulados se correlacionasse inversamente com essa distância, ou seja, as quantidades foram mais elevadas quanto menor a distância ao tronco. As quantidades observadas à distância mais próxima do tronco, correspondente a 33% do raio da copa, comparativamente às observadas na distância correspondente a 200% desse raio, foram, consoante o nutriente, 6 a 10 vezes superiores. Nas áreas vedadas ao pastoreio a menor razão observou-se no K e a maior no Mn enquanto nas áreas não vedadas, estas foram respectivamente no P e no Ca.

Nas áreas pastoreadas, a quantidade de N acumulado nas camadas orgânicas foi cerca de metade da determinada por Serrasolles & Vallejo (1999) em povoamentos de *Q. rotundifolia* muito densos (> 1000 árvo-

res ha⁻¹) na região da Catalunha, Noroeste de Espanha. Esta desproporção poderá reflectir as diferenças existentes entre o tipo de povoamentos em estudo, bem como o facto de haver pastoreio no presente caso.

A massa volúmica aparente das camadas 0-5 e 5-10 cm de profundidade diminuiu com a proximidade do tronco, em resultado certamente, da acção da camada orgânica existente devido à presença da árvore; do teor em C total mais elevado nessas camadas minerais do solo, com consequências na melhoria da estrutura do solo; e provavelmente ainda de uma densidade radical mais elevada. Esta acção esbate-se com o aumento da profundidade, pois não se encontraram variações significativas da massa volúmica aparente com a distância ao tronco para a camada 10-20 cm.

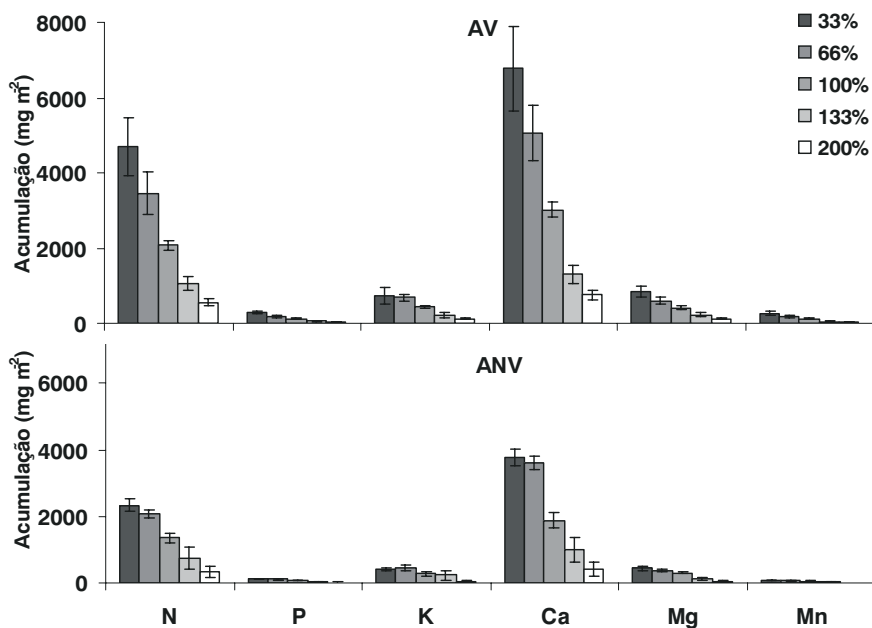


Figura 2 - Valores médios (e $\square$ respectivo erro padrão; n=4) das quantidades de N, P, K, Ca, Mg e Mn, retidas na camada orgânica do solo, recolhida a 33%, 66%, 100%, 133% e 200% do raio da copa, em áreas vedadas (AV) e não vedadas (ANV) ao pastoreio

Observou-se igualmente uma forte tendência para as características químicas da camada superficial do solo (0-5 cm) se diferenciarem significativamente em função da distância ao tronco da árvore (Quadro 3), bem como com a presença ou ausência da respectiva copa.

As quantidades de C e de N totais, bem como de C humificado e não humificado, foram mais elevadas nas áreas sob a copa das árvores do que nas áreas exteriores a ela. Além disso, essas quantidades decresceram de áreas mais internas da copa (33%) para aquelas correspondentes ao limite da projecção vertical da copa das árvores (100%).

As quantidades de Ca e de K de troca decresceram das áreas mais próximas do tronco (33%) para aquelas correspondentes ao limite da projecção vertical da copa (100%), não tendo, porém, as quantidades correspondentes a duas distâncias consecutivas sido significativamente diferentes. As quantidades destas bases de troca foram significativamente menores nas áreas fora da influência da copa do que naquelas sob a sua projecção vertical. Padrão semelhante foi verificado para a quantidade de K extraível, cuja diferenciação foi ainda mais acentuada, dado a quantidade determinada para as áreas correspondentes ao limite da projecção das copas (100%) ter sido menor do que a determinada naquelas mais próximas do tronco (33%), nas áreas sujeitas ao pastoreio.

A quantidade de P extraível, tal como o verificado para o Ca e o K de troca, atingiu o valor mais elevado à distância correspondente a 33% do raio da copa, o qual decresceu para o limite da projecção vertical da copa (100%), e deste para as áreas fora da influência directa desta. Porém, os valores encontrados embora fossem significativamente diferentes, não expressaram, de forma inequívoca, um padrão de varia-

ção definido com a distância ao tronco da árvore, mas apenas uma diferenciação entre áreas sob e fora da acção da copa da árvore.

As quantidades de Mg de troca não apresentaram diferenças significativas em qualquer uma das áreas estudadas, embora nas áreas não vedadas ao pastoreio, as quantidades foram mais elevadas nas áreas mais próximas do tronco (33 e 66%) do que naquelas correspondentes ao limite da projecção vertical da copa (100%), e do que nas áreas fora da influência directa desta. As quantidades de Na apresentaram pequena variação com a distância ao tronco das árvores.

A disponibilidade em nutrientes da camada superficial do solo das áreas fora do limite da projecção da copa das árvores, foi em geral inferior à verificada sob a copa das árvores. Para os diferentes nutrientes avaliados, essa diferença variou quase sempre entre 1,5 vezes no limite da projecção vertical da copa (100%) a 2 vezes na proximidade do tronco (33%).

À profundidade de 5-10 cm e de 10-20 cm, a variação da quantidade de nutrientes com o aumento da distância ao solo, apresenta um padrão mais atenuado, com as diferenças significativas a restringirem-se aos nutrientes K, N e C, ou seja aos nutrientes cujo ciclo é fortemente condicionado pela presença da árvore (Dahlgren *et al.*, 1997, 2003).

A diferenciação constatada nas características da camada superficial do solo (0-5 cm) tem sido igualmente verificada por diferentes autores (Zinke, 1962; Escudero *et al.*, 1985; Wolfe *et al.*, 1987; Kretinin, 1993; Seiler & Matzner, 1995; Dahlgren *et al.*, 1997, 2003), em estudos semelhantes com a mesma e outras espécies.

Um dos factores de maior relevância na diferenciação das características do solo consiste na interacção entre o ciclo de

QUADRO 3 – Quantidades médias (g m^{-2}), das bases de troca, de K e P extraíveis, de N orgânico total, e de C orgânico total (T), humificado (H) e não humificado (NH) determinadas a partir de amostras ($n=4$) colhidas à profundidade de 0-5 cm do solo, a 33%, 66%, 100% (limite da projecção copa), 133% e 200% do raio da copa, em áreas vedadas e não vedadas ao pastoreio. Letras diferentes na mesma coluna correspondem a diferenças significativas ($p<0,05$) pelo teste *H* de Kruskal-Wallis

Dist.	Bases de Troca				Extraíveis			Carbono			
	Ca	Mg	Na	K	P	K	N	T	NH	H	
..... g m^{-2}											
AV											
33 %	32,01 ±9,95	4,96 ±1,25	1,80 ±0,34	3,84 ±0,97	0,45a ±0,13	3,94 ±1,12	65,68 ±12,44	958,02a ±186,05	584,24a ±184,31	373,77 ±56,48	
66 %	28,29 ±9,66	3,83 ±0,94	1,82 ±0,73	4,05 ±0,41	0,41a ±0,08	4,45 ±0,37	63,81 ±9,87	873,14a ±79,37	434,93ab ±92,82	438,21 ±51,35	
100 %	28,39 ±2,73	4,77 ±0,60	1,86 ±0,20	3,86 ±0,32	0,39a ±0,06	4,26 ±0,42	57,22 ±7,10	791,29ab ±72,32	353,43b ±46,82	437,86 ±30,64	
133 %	25,39 ±3,15	4,01 ±0,24	2,00 ±0,38	3,35 ±0,36	0,26b ±0,06	3,63 ±0,29	50,84 ±2,77	690,26bc ±60,04	254,58c ±29,91	435,68 ±63,72	
200 %	22,93 ±3,54	3,93 ±0,78	1,87 ±0,36	3,29 ±0,65	0,28b ±0,09	3,53 ±0,73	44,50 ±8,45	595,08c ±73,44	226,92c ±46,96	368,17 ±60,14	
ANV											
33 %	40,73a ±5,07	6,23 ±0,48	2,16a ±0,27	6,11a ±0,91	0,63a ±0,04	6,19a ±1,19	83,45a ±7,94	1181,79a ±120,10	627,32a ±120,10	554,47 ±110,03	
66 %	34,93ab ±4,45	8,43 ±4,32	2,37ab ±0,04	6,22a ±1,11	0,61a ±0,06	5,91a ±0,88	72,65ab ±7,17	929,76b ±85,70	424,73b ±79,89	505,02 ±71,73	
33 %	29,86b ±1,73	4,48 ±1,99	2,24ab ±0,20	5,15a ±0,65	0,42b ±0,08	4,82ab ±0,65	64,24b ±4,45	827,07bc ±118,74	333,73b ±68,40	493,34 ±154,08	
66 %	26,25c ±2,16	4,87 ±0,80	2,47bc ±0,31	3,62b ±0,52	0,44b ±0,05	3,52b ±0,39	54,79c ±6,50	698,71cd ±114,95	222,39c ±42,86	476,32 ±77,70	
100 %	24,42c ±2,69	4,98 ±1,31	2,69c ±0,16	3,51b ±0,84	0,36b ±0,05	3,41b ±1,20	55,67c ±3,78	666,72d ±56,52	209,97c ±18,34	456,76 ±45,74	

nutrientes e essas características, na área da projecção vertical das copas das árvores, consubstanciada, em grande parte, pelos “inputs” de matéria orgânica devido à queda de folhada e pelo retorno de nutrientes ao solo devido à decomposição daquela. O retorno de nutrientes referido para a componente folhas deverá ser ainda mais elevado se considerarmos as outras componentes da folhada (frutos e ramos). A quantidade devolvida pelos ramos será reduzida, dado que estes, para além de representarem uma baixa fracção do total da folhada, apresentam geralmente uma concentração de nutrientes consideravelmente inferior à das folhas (Cortez, 1996). Pelo contrário, a quantidade respeitante aos frutos, devido à concentração de nutrientes nestes órgãos (Escudero *et al.*, 1985), poderá atingir valores bastante elevados.

A quantidade de nutrientes carreados pelas soluções resultantes da precipitação influenciará também, embora com um carácter complementar à da acção da folhada, a variabilidade da disponibilidade em nutrientes dos solos sob e fora da acção do copado das árvores de *Q. rotundifolia*, conforme foi constatado por outros autores em estudos análogos a este com a mesma e outras espécies (Rodá *et al.*, 1990; Wolfe *et al.*, 1987; Kretinin, 1993; Seiler & Matzner, 1995). Ainda no que se refere à redistribuição de nutrientes, devemos salientar a circunstância de ao escorrimento ao longo do tronco, não obstante corresponder uma devolução muito inferior àquela devida à precipitação bruta, quando expressa em relação à totalidade da área de coberto, corresponder uma devolução muito elevada quando expressa pela área

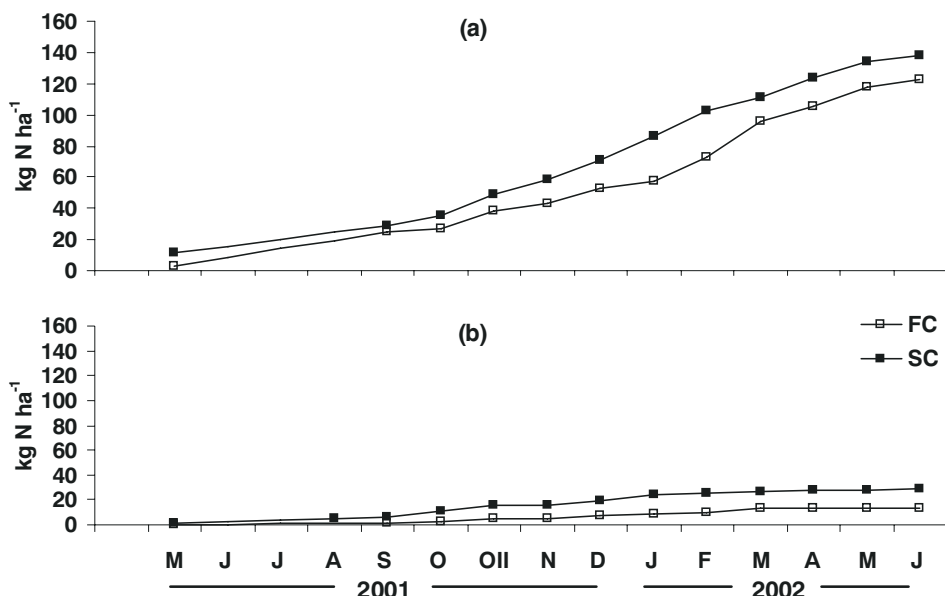


Figura 3 – Mineralização acumulada de N ($\text{N} [\text{NH}_4^+] + \text{N} [\text{NO}_3^-]$) *in situ* (kg N ha^{-1}) no solo, à profundidade de (a) 0-10 cm e (b) 10-20 cm, das áreas sob (SC) e fora (FC) da acção da copa de *Q. rotundifolia*, de Maio de 2001 a Junho de 2002. Os valores correspondem à média ($n=5$)

efectivamente por ele influenciada (Voight, 1960). Este facto poderá assumir relevância na diferenciação de disponibilidade de nutrientes, principalmente nas áreas próximas do tronco, como está expresso pela elevada quantidade de potássio.

A variabilidade apresentada pelas características do solo com a distância ao tronco da árvore sugere a influência da distribuição de nutrientes pelas soluções da precipitação, bem como do padrão de distribuição espacial da folhada, tal como é referido por Zinke (1962). Além disso, ter-se-á que considerar o efeito exercido pela vegetação herbácea e arbustiva fora e sob a projecção da copa das árvores na expressão das características físico-químicas do solo (Escudero *et al.*, 1985), bem como o devido ao sistema radical dessa vegetação e das próprias árvores (Dahlgren *et al.*, 1997, 2003).

A mineralização acumulada de N foi de 128,62 kg ha⁻¹ no solo das áreas fora da copa e de 166,69 kg ha⁻¹ nas áreas do sob coberto, dos quais, e respectivamente, apenas 6,23 e 29,11 kg ha⁻¹ correspondem à mineralização acumulada entre 10 e 20 cm de profundidade (Figura 3). Embora a mineralização acumulada de N tenha sido ligeiramente superior nas áreas do sob coberto, no final de Março, cerca de 83% do N acumulado tinha sido mineralizado nas duas áreas.

O facto das maiores taxas de mineralização de N terem sido verificadas na profundidade de 0-10 cm está de acordo com o observado em outros estudos de mineralização de N (Patra *et al.*, 1999); todavia Rovira & Vallejo (1997) sugerem que em condições mediterrânicas as elevadas taxas observadas se devem principalmente à grande quantidade e qualidade de matéria orgânica do solo à profundidade de 0-10 cm, que compensarão os constrangimentos pedoclimáticos, que serão menos

importantes ou mesmo inexistentes à profundidade de 10-20cm.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo confirmam que as árvores de *Quercus rotundifolia*, enquanto constituintes de formações de tipo montado, interagem com as áreas do sob coberto de forma semelhante à referida para as formações de tipo savana, localizadas em regiões com características climáticas próximas das verificadas no Sul de Portugal. Nestes sistemas agroflorestais, as azinheiras, mais ou menos isoladas, funcionam como captadores de precipitação e de partículas, redistribuindo-as no sob coberto através do gotejo e do escoamento ao longo do tronco. Concomitantemente, alteram as condições do microclima, as características físicas e químicas do solo e as taxas dos processos biogeoquímicos nas áreas sob a acção da copa da árvore.

As quantidades de elementos incorporados no sistema através da precipitação bruta foram, de um modo geral, pouco significativas. A quantidade de nutrientes devolvida ao solo através do gotejo teve alguma relevância, nomeadamente para o Ca e K. Já a devolvida pelo escoamento ao longo do tronco, embora pouco significativa em relação à área da copa, assumiu outra importância, ao considerarem-se diferentes áreas de influência deste fluxo. A diferenciação das características do solo sob coberto relativamente às zonas fora da área de influência da copa deverá estar em correspondência com o padrão de variação espacial da restituição de nutrientes ao solo pelo gotejo e escoamento ao longo do tronco.

Os indivíduos de *Q. rotundifolia* criam portanto ilhas de acentuada qualidade e

fertilidade do solo, comprovadas por um teor em nutrientes no sob coberto em geral 1,5 a 2 vezes superior ao observado nas áreas adjacentes. Por outro lado, a devolução ao solo de grandes quantidades de matéria orgânica nas áreas do sob coberto, originou uma melhoria considerável na estrutura do solo, com implicações evidentes na permeabilidade e na capacidade de retenção de água do solo.

A circunstância de no sob coberto se verificarem teores em N e C totais do solo mais elevados, características físicas do solo mais favoráveis e características pedoclimáticas diferenciadas, originou que o padrão de variação do teor de N no solo, embora sem diferir de forma apreciável entre o sob coberto e as áreas fora da acção deste, apresentasse teores mais elevados no primeiro do que no segundo. Uma qualidade do substrato mais favorável nas áreas do sob-coberto contribui grandemente para a existência de taxas de mineralização mais elevadas.

Os solos do sob coberto funcionam como reservatório de N orgânico que vai sendo lentamente mineralizado, reabsorvido pelas raízes e novamente devolvido ao solo pela folhada. A remoção das azinheiras poderia dar origem a uma ruptura no ciclo do N levando a perdas por lixiviação ou desnitrificação (Jackson *et al.*, 1990).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por:

- Programa PRAXIS XXI/ BD/ 18451/ 98

- Projecto INIA/PAMAF-4005-95 - “Ecologia dos montados de *Quercus suber* e *Quercus rotundifolia*: intercepção, transpiração, ciclo de nutrientes e vegetação espontânea”.

- Projecto PRAXIS XXI-3/3.2/Agr/2187/95 - “Processos hídricos, pedológicos e biológicos em montados de *Quercus suber* e *Quercus rotundifolia*”.

- Projecto INIA/PAMAF-8004-97 - “Efeito de acções antrópicas na dinâmica de comunidades em áreas de montado - Relações Solo-Flora-Fauna”.

Agradece-se igualmente a todos aqueles; docentes, investigadores e funcionários, do ISA e da UE, que contribuíram para tornar possível a realização do presente estudo

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, F.B. & Grilo, J.T. 1975. *Carta de Solos da Herdade da Mitra*. Universidade de Évora, Évora (n/publicado).
- Attiwill, P.M. & Leeper, G.W. 1987. *Forest Soils and Nutrient Cycles*. Melbourne University Press, Victoria.
- Baltasar, J.L.; Rego, F.C. & Coutinho, J.M. 1983. *Efeitos do coberto de azinheira (Quercus rotundifolia) na ecologia de pastagens à base de trevo subterrâneo*. Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
- Bellot, J., Ávila, A. & Rodrigo, A. 1999. Throughfall and stemflow. In F. Rodà, J. Retana, C.A. Gracia & J. Bellot (eds) *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. Ecological Studies 137, pp. 209-222. Springer-Verlag, Berlin.
- Bispo, R.M.B. 2002. *Meteorologia da camada limite e deposição atmosférica numa superfície vegetal (Eucalyptus globulus)*. Dissertação de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

- Brady, N.C. & Weil, R.R. 1999. *The Nature and Properties of Soils*. 12th ed. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Cortez, N.R.S. 1996. *Compartimentos e ciclos de nutrientes em plantações de Eucalyptus globulus Labill. ssp. globulus e Pinus pinaster Aiton*. Dissertação de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Dahlgren, R.A., Singer, M.J. & Huang, X. 1997. Oak tree and grazing impacts on soil properties and nutrients in a California oak woodland. *Biogeochemistry*, **39**: 45-64.
- Dahlgren, R.A., Horwath, W.R., Tate, K.T. & Camping, T.J. 2003. Blue oak enhance soil quality in California oak woodlands. *California Agriculture*, **57**(2): 42-47.
- Dancette, C. & Poulain, J. F. 1969. Influence of *Acacia albida* on pedoclimatic factors and crop yields. *African Soils*, **14**: 143-184.
- Dorich, R.A. & Nelson, D.W. 1983. Direct colorimetric measurement of ammonium in potassium chloride extracts of soils. *Soil Science Society of America Journal*, **47**: 833-836.
- Escudero, A.; Garcia, B., Gomez, J.M. & Luis, E. 1985. The nutrient cycling in *Quercus rotundifolia* and *Quercus pyrenaica* ecosystems («dehesas») of Spain. *Acta Oecologica/Oecologia Plantarum*, **6**(20): 73-86.
- Feger, K.H., Brahmer, G. & Zöttl, H.W. 1990. Elements budgets of two contrasting catchments in the Black Forest (Federal Republic of Germany). *Journal of Hydrology*, **116**: 85-99.
- Gauquelin, T., Fromard, F., Badri, W. & Dagnac, J. 1992. Apports d'éléments minéraux au sol par l'intermédiaire de la litière, des pluies et des pluviollessivats dans un peuplement à genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) du Haut Atlas occidental (Maroc). *Annales des Sciences Forestières*, **49**: 599-614.
- Gersper, P.L. & Holowaychuk, N. 1970. Effects of stemflow water on a Miami soil under a beech tree: II. Chemical properties. *Soil Science Society of America Proceedings*, **34**: 786-794.
- Giardina, C.P., Ryan, M.G., Hubbard, R.M. & Binkley, D. 2001. Tree species and soil textural controls on carbon and nitrogen mineralization rates. *Soil Science Society of America Journal*, **65**: 1272-1279.
- Gonzalez, G. L. 1995. *La Guía de Incafo de los Árboles y Arbustos de la Península Ibérica*. Las guías verdes de incafo nº 4, 6^{ta} ed. Incafo, Madrid.
- Houba, V.J.G., Novozamsky, I. & Tenminghoff, E. 1994. *Soil Analysis Procedures*. Departement of Soil Science And Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- Jackson, L.E., Strauss, R.B., Firestone, M.K. & Bartolome, J.W. 1990. Influence of tree canopies on grassland productivity and nitrogen dynamics in deciduous oak savanna. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **32**: 89-105.
- Joffre, R. & Rambal, S. 1988. Soil water improvement by trees in rangelands of southern Spain. *Acta Oecologica*, **9**(4): 405-422.
- Kretinin, V.M. 1993. Change in soil properties in the tree trunk zone of forest windbreak belts. *Eurasian Soil Science*, **25**: 88-96.
- Moreno, G., Gallardo, J.F. & Bussotti, F. 2001. Canopy modification of atmospheric deposition in oligotrophic *Quercus pyrenaica* forests of an unpolluted region (central-western Spain). *Forest Ecology and Management*, **149**: 47-60.

- Murphy, J. & Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, **27**: 31-36.
- Muoghalu, J.I. & Oakhumen, A. 2000. Nutrient content of incident rainfall, throughfall and stemflow in a Nigerian secondary lowland rain forest. *Applied Vegetation Science*, **3**: 181-188.
- Nunes, J.D., Sá, C., Soares-David, T., Madeira, M. & Gazarini, L. 1999. Interação entre o ciclo de nutrientes em montados de *Quercus rotundifolia* Lam. e as características do solo. *Revista de Biologia*, **17**:311-325.
- Nunes, J. D., Sá, C., Soares-David, T., Madeira, M. & Gazarini, L. 2001. Influência de árvores isoladas de *Quercus rotundifolia* Lam. nas características do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, **24**:211-226.
- Parker, G.G. 1983. Throughfall and stemflow in the forest nutrient cycle. *Advances in Ecological Research*, **13**: 57-133.
- Patra, A.K., Jarvis, S.C. & Hatch, D.J. 1999. Nitrogen mineralization in soil layers, soil particles and macro-organic matter under grassland. *Biology and Fertility of Soils*, **29**: 38-45.
- Paul, K.I., Polglase, P.J., O'Connell, A.M., Carlyle, C.J., Smethurst, P.J. & Khanna, P.K. 2002. Soil nitrogen availability predictor (SNAP): a simple model for predicting mineralization of nitrogen in forest soils. *Australian Journal of Soil Research*, **40**: 1011-1026.
- Raison, R.J., Connell, M.J. & Khanna, P.K. 1987. Methodology for studying fluxes of soil mineral-N *in situ*. *Soil Biology and Biochemistry*, **19**: 521-530.
- Reis, R.M.M. & Gonçalves, M.Z. 1985. Caracterização climática da região agrícola do Alentejo. *O Clima de Portugal*, Fascículo XXXIV, I.N.M.G., Lisboa.
- Rodà, F., Àvila, A. & Bonilla, D. 1990. Precipitation, throughfall, soil solution and stream-water chemistry in a holm-oak (*Quercus ilex*) forest. *Journal of Hydrology*, **116**: 167-183.
- Rovira, P. & Vallejo, V.R. 1997. Organic carbon and nitrogen mineralization under Mediterranean climatic conditions: the effects of incubation depth. *Soil Biology and Biochemistry*, **29**: 1509-1520.
- Ryan, P.J. & McGarity, J.W. 1983. The nature and spatial variability of soil properties adjacent to large forest eucalypts. *Soil Science Society of America Journal*, **47**:286-293.
- Seiler, J. & Matzner, E. 1995. Spatial variability of throughfall chemistry and selected soil properties as influenced by stem distance in a mature Norway spruce (*Picea abies*, Karst.). *Plant and Soil*, **176**: 139-147.
- Serrasolses, I. & Vallejo, V.R. 1999. Soil fertility after fire and clear-cutting. In F. Rodà, J. Retana, C.A. Gracia & J. Bellot (eds) *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. Ecological Studies 137, pp. 315-328. Springer-Verlag, Berlin.
- Sokal, R.R. & Rolf, F.J. 1995. *Biometry*. 3rd ed. W. H. Freeman and Company, New York.
- Sprent, P. 1993. *Applied nonparametric statistical methods*. 2nd ed. Chapman & Hall, London.
- Takahashi, A., Sato, K., Wakamatsu, T. & Fujita, S. 2001. Atmospheric deposition of acidifying components to a Japanese cedar forest. *Water, Air and Soil Pollution*, **130**: 559-564.
- Velthorst, E.J. & Van Breemen, N. 1989. Changes in the composition of rain-water upon passage through the cano-

- pies of trees and of ground vegetation in a Dutch oak-birch forest. *Plant and Soil*, **119**: 81-85.
- Veneklaas, E.J. 1990. Nutrient fluxes in bulk precipitation and throughfall in two montane tropical rain forests, Colombia. *Journal of Ecology*, **78**: 974-992.
- Vestgarden, L.S., Selle, L.T. & Stuanes, A.O. 2003. *In situ* soil nitrogen mineralisation in a Scots pine (*Pinus sylvestris*) stand: effects of increased nitrogen input. *Forest Ecology and Management*, **176**: 205-216.
- Vitousek, P.M., Goz, J.R., Grier, C.C., Melillo, J.M. & Reiners, W.A. 1982. A comparative analysis of potential nitrification and nitrate mobility in forest ecosystems. *Ecological Monographs*, **52**: 155-177.
- Vitousek, P.M. & Howarth, R.W. 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea-how can it occur?. *Biogeochemistry*, **13**: 87-115.
- Voigt, G.K. 1960. Distribution of rainfall under forest stands. *Forest Science*, **6**: 2-10.
- Wolfe, M.H., Kelly, J.M. & Wolt, J.D. 1987. Soil pH and extractable sulfate-sulfur distribution as influenced by tree species and distance from the stem. *Soil Science Society of America Journal*, **51**: 1042-1046.
- Zinke, P.J. 1962. The pattern of influence of individual forest trees on soil properties. *Ecology*, **43** (1): 130-133.

Produção pecuária no montado – suínos

Livestock production in the “montado” – pigs

J. T. Nunes¹

RESUMO

A produção pecuária no montado alentejano é muito importante, ao nível da exploração e à escala regional. Baseia-se no sistema silvo-pastoril, com aproveitamento directo dos recursos alimentares naturais por raças autóctones. O porco alentejano é considerado o rei dos montados alentejanos, destaca-se no aproveitamento pecuário desta floresta de uso múltiplo. Na primeira metade do século passado a raça alentejana representava cerca de 50% do armentio suíno português.

A intensificação dos sistemas de produção, agrícolas e pecuários, contribuiu para um decréscimo acentuado, da suinicultura extensiva tradicional. Em 1986 a população de suínos autóctones no Alentejo tinha decaído para cerca de 2% do total nacional.

As raças locais, seja de porcos ou ruminantes tem conhecido recentemente uma notoriedade nova, quando se aliam os produtos delas derivados ao território, numa perspectiva de fileira.

A evolução da PAC e a consciencialização para os problemas ambientais contribuíram para reenquadrar os sistemas silvo-pastoris e, particularmente, a montanheira numa óptica produtiva sustentável. A montanheira tradicional consiste na engorda de porcos, com idades de 14 a 18 meses, em

regime de pastoreio durante o Outono e Inverno, nos sob-cobertos dos montados de azinho e sobreiro. A engorda tardia, fortemente amilácea, produz carcaças pesadas de 120 kg a 140 kg com grande adiposidade. Porém, com a desejável infiltração de gordura intermuscular.

O manejo adequado, à optimização das características da carcaça e à aptidão tecnológica da carne e gordura nos sistemas silvo-pastoris, implica conhecer objectivamente: os recursos naturais, a fisiologia particular das raças locais, as características físicas químicas e sensoriais requeridas pelos produtos tradicionais e pela carne fresca.

ABSTRACT

Livestock production in Alentejo has been very important considering both farm and general economy. It is based on natural feedstuffs resources (pastures, acorns etc.) and local breeds. In Portugal, during the first half of last century Alentejano pig breed represented almost 50% of total pigs raised in the country.

Intensification on agricultural systems and on livestock management contributed to a strong decrease on extensive system pig herds and in 1986 the amount of autochthonous pigs in Portugal represented about 2%.

¹ Departamento de Zootecnia e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora; e-mail: jnunes@uevora.pt

Local breeds of pigs, sheep, goats or even cattle recently got a new opportunity. Considering high grade products they can apply for an add value, by valorisation of the originality linked to the traditional production system, under oaks or chestnuts canopy.

PAC evolution and a progressive environmental concern also helped to restart, on a sustainable way, the finishing animal grazing in open spaces, pigs fattened under acorns (montanheira) or chestnuts. That means the fattening of hogs aged 14 to 18 months grazing under oaks, during autumn and winter. This late fattening, performed on a diet rich in starch, produces heavy carcasses, from 120 kg to 140 kg, with high percentage of fat and an important intermuscular infiltration of fat.

To recommend a proper livestock management to optimise the carcass and meat characteristics, in farming systems using natural resources it's necessary to know, objectively, the natural feedstuffs resources, the particular physiology of local breeds, physical and chemical characteristics and sensorial request of traditional products, as well as fresh meat parameters.

INTRODUÇÃO

A Europa do Sul influenciada pelo clima mediterrânico preserva ainda recursos biológicos animais e vegetais, que foram sucessivamente evoluindo e que hoje são o sustentáculo de agrossistemas frágeis.

A produção animal durante séculos baseou-se em raças locais alimentadas com recursos naturais disponíveis. No sob coberto dos montados os recursos alimentares variam ao longo do ano, com dois picos de relativa abundância, embora com variação anual, meados do Outono até ao princípio do Inverno e Primavera e dois períodos de

grande escassez Inverno e Verão. Tradicionalmente para fazer uma gestão equilibrada das disponibilidades alimentares era necessário dispor-se de uma área grande, para que, em cada época, o aproveitamento das disponibilidades alimentares fosse utilizada pela espécie mais adequada. Assim, de finais de Outubro até Fevereiro o porco Alentejano era rei e senhor dos montados. Finda a montanheira chegava a vez dos ruminantes, particularmente os pequenos, já que as vacadas eram mais de terras limpas ou escassamente arborizadas. A sequência era, sem dúvida, inteligente porque não só as referidas espécies eram os melhores aproveitadores dos recursos disponíveis nas épocas referenciadas, como valorizavam economicamente, de forma imediata, subprodutos vegetais em produtos de elevado valor acrescentado: o porco engordado a bolota, o borrego da Páscoa e subseqüentemente o leite para elaboração de queijos. A saída de cena do porco baralhou os sistemas. É frequente desperdiçar bolota com reprodutores, na maior parte das vezes ruminantes, que até podem engordar mas, não se vende essa engorda. Também já se vai vendo, de forma não menos enviesada, porcas e farropos a pastorear na Primavera. Talvez isso se deva à dimensão actual da propriedade que não permite a coabitação de suínos e ruminantes.

A gestão dos recursos, face às novas realidades: exigência de resultados económicos e preservação do ambiente, isto é, actividades sustentáveis a longo prazo, implicará (i) a retoma de sistemas de parceria mantendo-se a extensificação e uma produtividade menor ou, (ii) os animais passam a enquadrar-se em sistemas de rotatividade, semi-extensivo ou extensivo, com recurso a aprovisionamento de alimentos extra exploração ou, ainda, para esse fim cultivados na exploração, aumentando-se a produtividade por ha e por UHT. Assim, se queremos ter por-

co de montanha, teremos que alimentar as outras espécies de forma alternativa durante esse período, de igual modo se queremos ter borrego ou vitela de erva e queijo tradicional, teremos, por sua vez, de suplementar os porcos e restringir-lhe a área de pastoreio durante a Primavera. Fazendo uso do conhecimento actual, este manejo parece adequado à optimização das características desejáveis das carcaças e da carne produzidas em sistemas agro-silvo-pastoris utilizadores de recursos naturais. As fases de acabamento são, sem dúvida, as mais marcantes na identidade dos produtos frescos ou transformados e as que lhes conferem qualidades específicas relacionadas com o meio produtivo. Nesta apresentação ter-se-á em consideração a fileira tradicional do porco Alentejano de montanha paradigma da interacção, acabamento (à base de bolota, erva...), características da carne e aptidão tecnológica.

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA SILVO-PASTORIL

Ambiente produtivo

Os Montados e “Dehesas arboladas” em Espanha são superfícies arborizadas por azinheiras (*Quercus rotundifolia* L.) e sobreiros *Quercus suber*). As quercíneas são espécies bem adaptadas aos solos pobres e ácidos e às características semi-áridas do clima mediterrânico. A luminosidade e o período vegetativo longo favorecem produ-

ções resultantes de intensa actividade química e sexual como: resina, taninos, cortiça e obviamente frutos (Pavari, 1954 *cit. in* Tirapicos Nunes, 1993). A montanha começa nos fins de Outubro e acaba em finais de Fevereiro. Os porcos alentejanos tal como os ibéricos desenvolveram-se com base na deiscência das bolotas e landes. Nas regiões povoadas de souts, por vezes, encontramos semelhante actividade de produção de suínos, alimentados a castanha.

Nos Quadros 1 e 2 podem observar-se a pobreza em proteína e o elevado conteúdo de amido da bolota.

A bolota e a lande apresentam diferentes teores de proteína e gordura (Figura 1). Na montanha de 2004/2005 essa diferença parece ter afectado alguns parâmetros avaliados nos suínos e na matéria-prima deles resultante, quando alimentados em montados de azinho ou sobre.

Considerando a composição em ácidos gordos, a gordura da bolota é rica em monoinsaturados particularmente, ácido oleico C 18:1 (Quadros 3 e 4). Em ensaio recente (Campaniço & Tirapicos Nunes, 2005) encontraram-se diferenças significativas entre os ácidos gordos da bolota e da lande (Figura 2).

A composição em ácidos gordos dos frutos ingeridos pelos porcos interfere nas características das suas carnes assim como na aptidão do músculo e gordura para serem processados de acordo com as matrizes tradicionais (Quadro 5 e Figura 2).

QUADRO 1 - Composição Química da Bolota (% descorticado)

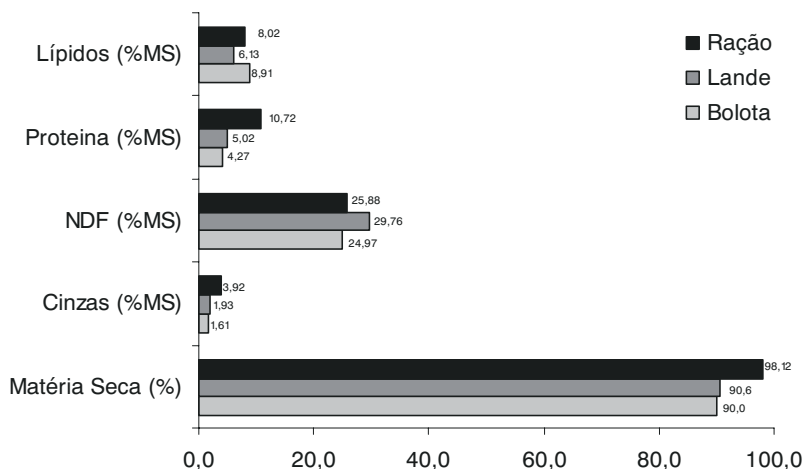
P.Bruta	6.80	6.20	3.60	5.10	4.60	7.20	8.30	6.60	8.40	7.50
Gordura	10.40	8.30	10.70	11.00	6.00	7.40	8.50	13.70	7.00	5.40
Fibra	0.90	4.20	2.40	6.00	5.90	4.90	4.70	5.50	3.10	6.60
S.E.I.N.	76.90	76.60	82.00	74.20	76.60	78.60	77.00	72.20	79.10	77.30
Cinzas	5.00	4.80	1.30	3.70	6.90	2.00	1.50	2.00	2.40	3.10
Autores	I.Grasa Sevilla	Vieira	Vidal	Varela	Cuenca	Aparício			Macarro	
Ano		1966	1969	1965	1965	1964	1965	1969	1969	1969

Mod. Tirapicos Nunes (1993)

QUADRO 2 - Evolução da Composição Química da Bolota (% do fruto inteiro)

Mês de Colheita	MS (%)	PB	EE	Açúcares Solúveis	Amido	Fenóis Totais	Taninos
Setembro	46.36	3.16	5.0	9.41	17.98	7.32	9.76
Outubro	53.43	3.26	7.7	10.20	51.64	7.94	7.35
Novembro	58.32	3.69	8.5	13.43	57.29	4.90	2.94

Mod. Almeida & Marinho (1992)

**Figura 1 - Composição química da bolota lande e ração (Mod. Campaniço e Tirapicos Nunes, 2005)****QUADRO 3 - Composição em Ácidos Gordos da Bolota como % de Gordura e como % Alimento**

	C 14:0	C 16:0	C 16:1	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 18:3
% de Gordura	~*	15	-	3	62	16	1.1
% de alimento	0,1**	12.23	0.40	3.16	63.46	16.96	0.76
	~*	0.63	-	0.12	2.62	0.68	0.05

* López Bote *et al.* (2002); ** Oliveira, A. (2000)

Durante a Montanheira os suínos ingerem, para além da bolota, outros alimentos de origem animal ou vegetal. Contudo, a erva desempenha um papel muito importante como fonte de proteínas, ácidos gordos e vitaminas, no Quadro 6 apresentam-se resultados obtidos por vários autores sobre a composição química da erva.

Maneio alimentar

O porco Alentejano criado nas condições tradicionais de exploração extensiva apresenta taxas de crescimento diário 200 g a 400 g durante um período muito alargado, (Freitas, 1998; Tirapicos Nunes, 1993). As curvas de crescimento apresentam uma

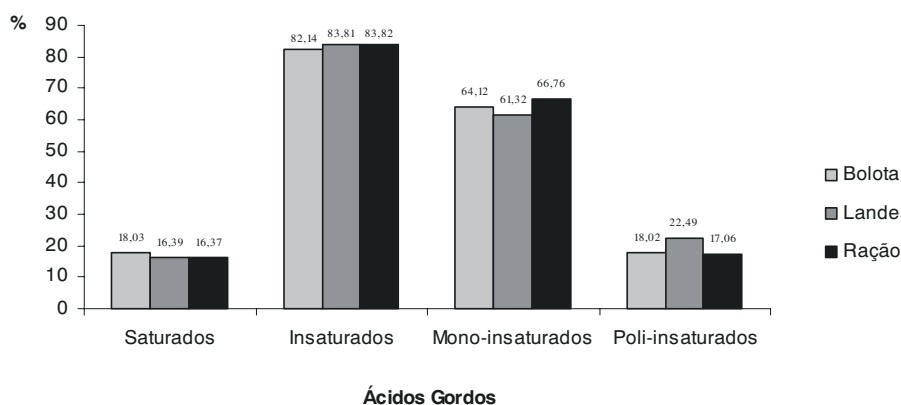


Figura 2 – Composição em Ácidos Gordos da Bolota, Lande e Ração em % de gordura (Campaniço e Tirapicos Nunes, 2005)

trajectória bem diferente da verificada nos porcos recriados em regime intensivo.

QUADRO 4 - Composição em Ácidos Gordos da Bolota em % de Gordura (média±epm)

Saturados	16.11 ± 1.13
Monoinsaturados	64.63 ± 1.14
Polinsaturados	17.81 ± 1.39

Mod. de Oliveira, A. (2000)

Do ponto de vista teórico este manejo estaria completamente errado e seria uma boa justificação para a baixa relação músculo/gordura observada. Todavia, ao ensaiarem-se em alternativa dietas equilibradas (atendendo às necessidades, tomando como base as tabelas do INRA de 1987) versus dietas restringidas, quantitativamente, até ao

nível de 40% de restrição, em ensaios realizados na Universidade de Évora verificou-se um crescimento compensatório inesperado durante a montanha (Freitas, 1998; Tirapicos Nunes, 1999) como ilustram as Figuras 3 e 4. Nos animais alimentados *ad libitum* com concentrados tal crescimento compensatório não se evidenciou.

A restrição durante o pré acabamento beneficia a infiltração adiposa nos músculos durante a engorda em montanha (Freitas, 1998; Casabianca, 1996) e melhora as características da carne, apesar deste manejo aumentar significativamente a percentagem de gordura na carcaça (Tirapicos Nunes 2004; Neves, 1998).

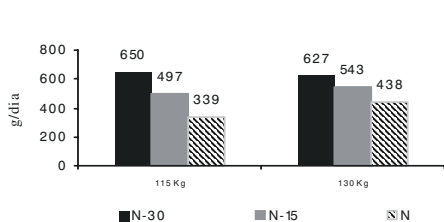
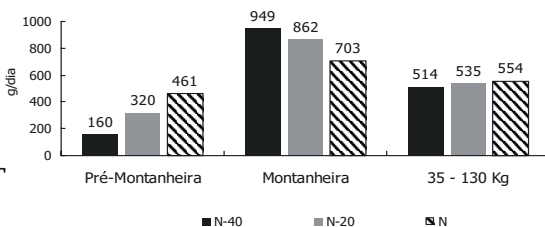
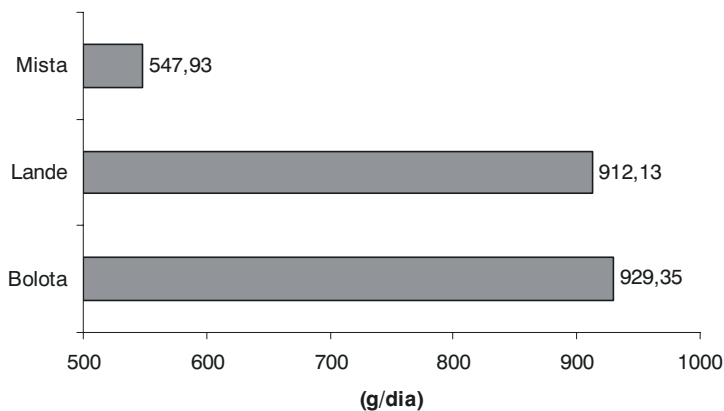
QUADRO 5 – Composição em Ácidos Gordos da Gordura subcutânea Dorsal (%)

	Ibérico		Alentejano	Corso	
Ácidos gordos					
Saturados	31*	32.2**	30.9***	38.3♦	35.3♦♦
Mono-insaturados	57.1*	57.0**	55.8***	51.6♦	55.0♦♦
Poli-insaturados	8.6*	10.8**	13.8***	10.2♦	9.7♦♦

* De Pedro (1989) ♦ Casabianca *et al.* (1990) ♦♦ Secondi, F. (1999) **Flores *et al.* (1988) *** Neves *et al.* (1996, 1998)

QUADRO 6 - Análise química da erva apanhada no sob coberto do montado (% na MS)

	Lopez Bote, 2002	Aparicio Macarro, 1992	Ruiz, 1993	Oliveira, 2000	Rey <i>et al.</i> , 1997
Matéria seca %	22.7	23.0	26.0	14.7	26.3
Cinzas %	9.5	9.1	7.0	15.22	7.3
Proteína Bruta %	14.9	15.0	15.5	15.49	13.7
Fibra Bruta %	21.2	25.0	22.0	20.29	22.2
Lípidos Totais %	3.8	3.5	6.0	1.97	6.2
α -tocoferol mg/kg MS	-	-	-	-	171
C 16:0 (% da gordura)	-	-	15.6	13.7	15.5
C 16:1 (% da gordura)	-	-	0.3	0.05	0.3
C 18:0 (% da gordura)	-	-	2.0	2.55	2.0
C 18:1 (% da gordura)	-	-	9.4	41.20	9.3
C 18:2 (% da gordura)	-	-	11.8	11.31	11.8
C 18:3 (% da gordura)	-	-	44.9	6.98	44.0

**Figura 3** – Efeito das Restrições de 15 e 30% no GMD**Figura 4** – Efeito das Restrições de 20 e 40% no GMD**Figura 5** – Ganho Médio Diário de acordo com o tipo de dieta de acabamento

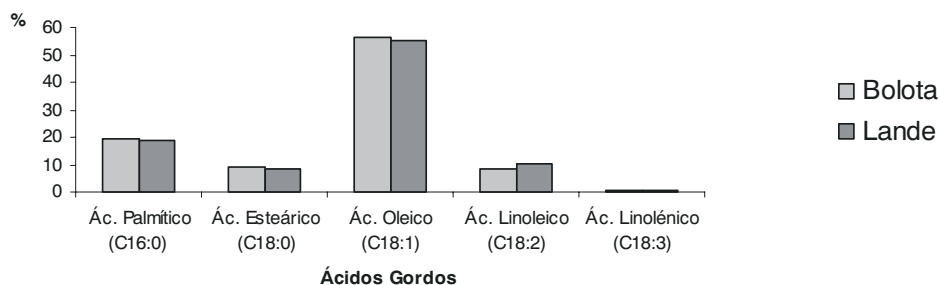


Figura 6 – Relação entre os principais ácidos gordos da gordura dos animais por exploração

A engorda em montanhiera faz-se, como já foi referido, à base de erva, bolota e/ou lande, por vezes questiona-se se existirão diferenças de efeito dos frutos diferentes nos parâmetros produtivos e nas características da carcaça e carne. As Figuras 5 e 6 reportam-se a resultados preliminares dum estudo realizado em 2004/2005. Verificaram-se algumas diferenças significativas que deverão ser aprofundadas em ensaios futuros.

CONCLUSÕES

O montado continua a ser importante como ecossistema enquanto sustentáculo duma biodiversidade peculiar mas, não deixa de ser uma fonte significativa de rendimentos para regiões marginais, frequentemente com atrasos de desenvolvimento e com poucas alternativas. O montado português no seu conjunto ocupa uma área próxima de um milhão e duzentos mil hectares, 463 800 de azinho e 719 000 de sobre.

O manejo optimizado em sistemas agrários usando recursos naturais deve considerar a fisiologia dos animais. Devem evitar-se sucessivos períodos de engorda e emagrecimento. É preciso adequar as características das carcaças aos vários mercados a que se destinam e é preciso inovar os conceitos

de extensificação. As modernas produções não se esgotam nos recursos naturais incluem-nos racionalmente mas, é preciso também não esquecer que “the optimisation of process should retain the specific values of traditional farming, including its social role, the favourable interactions with landscape and woods management, the associate cultural values and the characteristics of the typical meat products traditionally linked to those breeds.” (Pugliese, *et al.*, 2003).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, J.A.A. & Marinho, A.A.M. 1992. Valor Nutritivo da Bolota e da Lande. In: *II Coloquios sobre el Cerdo Mediterráneo*. pp. 9 – 10.
- Aparicio Macarro, J.B. 1992. La Montañera y el Cerdo Ibérico. In: *El Cerdo Ibérico. La Naturaleza de la Dehesa*. Zafra. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. pp. 169 – 188.
- Campaniço, L. F. C. & Tirapicos Nunes, J. L. 2005. *Influência dos Frutos Quercus rotundifolia e Quercus suber sobre as Performances Produtivas e Perfil de Ácidos Gordos da Gordura Sub-cutânea em Suínos de Raça Alentejana*. Universidade de Évora.

- Casabianca, F. 1996. Optimization des Systèmes d'élevage Traditionnels du Porc Méditerranéen. *Produzione Animale - Volume IX - III Série - Numero speciale*, pp. 51 - 58.
- Casabianca, F., Luciani, A. & Santucci, P. 1990. Elevage Porcin et Charcuterie Sèche en Corse : une Filière Axée sur la Maîtrise de la Qualité. *Science Technique Technologie*, **12**: 4 – 9.
- De Pedro, E., Garcia de Siles, J.L., Dobao, M.T., Rodriganez, J. & Silio, L. 1989. Efecto del Peso de Sacrificio y el Sexo sobre las Características de la Canal de Cerdo Ibérico. In: *I Colloque de Production Porcine en Europe Méditerranéenne*. Ajaccio, France, 13 pp.
- Flores, J., Biron, C., Izquierdo, L. & Nieto, P. 1988. Characterisation of Green Hams from Iberian Pigs by Fast Analysis of Subcutaneous Fat. *Meat Science*, **23**: 253 – 262.
- Freitas, A. A. G.B. 1998. *Influência do Nível e Regime Alimentar em Pré-Acabamento sobre o Crescimento e Desenvolvimento do Porco Alentejano e suas Repercussões sobre o Acabamento em Montanha e com Alimento Comercial*. PhD Thesis. Universidade de Évora.
- López Bote, C., Frutuoso, G & Mateos, G.G. (2002). Sistemas de Producción Porcina y Calidad de la Carne. El Cerdo Ibérico. *Solo Cerdo Ibérico*, **9**: 59-86.
- Neves, J.A.F.M., Sabio, E., Freitas, A. B. & Almeida, J.A. 1996. Déposition des Lipides Intramusculaires dans le Porc Alentejano. L'effet du Niveau Nutritif pendant la Croissance et du Régime Alimentaire pendant L'engraissement. *Produzione Animale*, **IX**: 93 – 96.
- Neves, J.A.F.M. 1998. *Influência da Engorda em Montanha sobre as Características Bioquímicas e Tecnológicas da Matéria Prima e do Presunto Curado de Porco Alentejano*. PhD Thesis. Universidade de Évora.
- Oliveira, A. 2000. *Estudo de Características da Carcaça e da Gordura do Porco Alentejano (Sus ibericus)*. PhD Thesis. Universidad de Extremadura. Facultad de Veterinária.
- Pugliese, C., Madonia G., Chiofalo, V., Margiotta, S., Acciaioli, A. & Gandini, G. 2003. Comparison of the Performances of Nero Siciliano Pigs Reared Indoors and Outdoors. 1. Growth and Carcass Composition. *Meat Science*, **65 (Issue 2)**: 825-831.
- Rey, A. I., López Bote, C. J. & Sanz, R. 1997. Effect of Extensive Feeding on α -tocopherol Concentration and Oxidative Stability of Muscle Microsomes from Iberian Pigs. *Animal Science*, **65**: 515-520.
- Ruiz, J. 1993 Influencia de la alimentación sobre las características y composición de la grasa subcutánea y hepática del Cerdo Ibérico. Tesis de Licenciatura. Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura.
- Secondi, F. 1999. *Croissance, Développement Tissulaire et Composition Lipidique des Tissus Musculaire et Adipeux chez le Porc Corse*. PhD Thesis. Université Blaise Pascal.
- Tirapicos Nunes, J.L. 1993. *Contributo para a Reintegração do Porco Alentejano no Montado*. PhD Thesis. Universidade de Évora.
- Tirapicos Nunes, J.L. 1999. El Cerdo Alentejano. Situación actual. *Actas das I Jornadas sobre el cerdo Ibérico y sus Productos*, 22-25 de Junio. Salamanca.
- Tirapicos Nunes, J. 2004 Conduite d'élevage en vue d'optimiser les caractéristiques de la carcasse et de la viande dans des systèmes de production utilisant des ressources naturelles. *Proceedings do 5th*

International Symposium on the Mediterranean Pig (invited paper).
Vargas, G.J.D. & Aparício, T.M.A. 2000. *El Cerdo Ibérico en la Dehesa Extremeña*

– *Análisis Técnico y Económico*. 1 Vol.
Ed. Indugrafic. Badajoz.

A cortiça como sonda ambiental de metais pesados – um serviço sócio-ambiental prestado por montados de sobreiro e sobreirais

The cork as environmental probe of heavy metals – a socio-environmental service done by “montados” with cork oaks and cork oak stands (*Quercus suber* L.)

J. Ponte-e-Sousa¹, Jorge Ginja Teixeira¹ & António Neto Vaz^{1,2}

RESUMO

A longevidade do sobreiro e a capacidade que a cortiça amadia tem de crescer construindo camadas anuais extremamente bem individualizáveis permitiu criar a hipótese de correlação entre as marcas químicas deixadas em cada camada de crescimento e as características ambientais do local onde o sobreiro vegeta. Isto permitiria a construção de séries de novénios de distribuição espacial e temporal da característica que se pretenda estudar. Há nisto algumas semelhanças com abordagens dendrométricas, sendo que estas tendem a ser muito mais agressivas. Foi objectivo deste trabalho que numa fase inicial do estudo se procedesse à criação de uma maneira credível de fazer a quantificação de chumbo (II) no felema da cortiça recorrendo a uma técnica de análise química nunca antes utilizada para este efeito – a voltametria. A escolha deste método da análise química moderna resulta do conhecimento das vantagens competitivas que tem sobre outros, quando aquele é aplicável, como se demonstra ser o caso. A

metodologia utilizada começou por exigir a recolha de uma porção de cortiça de um sobreiro escolhido ao acaso, de maneira a encontrar o material cortiça como se encontra na árvore. No momento não se consideram possíveis correlações biogeográficas mas tão somente o material propriamente dito. Tendo sido possível fazer a quantificação indicada, estão em curso os estudos necessários à verificação da hipótese que dá o mote a este trabalho de investigação centrado no sobreiro do montado e do sobreiral, sendo que a principal conclusão a retirar é que a possibilidade de utilização do sobreiro como indicador da qualidade ambiental do local, neste caso quanto ao teor em Pb(II), é mais um serviço prestável (pelo ecossistema que orbita em torno do sobreiro) às populações humanas da área da bacia mediterrânica ocidental. O futuro uso da voltametria como forma de, determinando a concentração do metal em causa em cada camada da cortiça de sobreiros dispersos na área onde vegetam, poder obter-se uma estimativa dos teores médios desses metais nos locais frequentemente caracterizados pela presença

¹ Dep. Química, Universidade de Évora, Colégio Luís António Verney, Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora; e-mail: jcps@uevora.pt; ²CECUL Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

daquela árvore, poderá vir a ser muito interessante para um conhecimento mais profundo desta realidade.

ABSTRACT

The long term life of cork oak and the capacity that “amadia” cork has to build annual layers (highly separable) allowed to create the hypothesis of correlation between the chemical marks made in each growing layer and the environmental characteristics of the place where the cork oak grows. This would allow to build space and time distribution series every nine years, about the characteristic in study. This is somewhat alike some dendrometric procedures, but these ones are much more aggressive. The objective of this work was to study lead (II) in cork by voltammetry, because this method is well recognized as having competitive vantages over other known methods already used. The methodology adopted was: bark extraction, acid-hot digestion in closed recipient and voltammetric analytical signal search. The main conclusion is the possible association of this technique as another socio-environmental service that “montado” can provide, in order to evaluate the quality of mediterranean basin continental areas with cork oak tree, regarding lead contamination.

INTRODUÇÃO

O teor em chumbo da cortiça interessa à investigação científica desde 1986 recorrendo a métodos de análise química envolvendo a interacção entre a radiação electromagnética e a matéria, nomeadamente a espec-

trometria de absorção atómica. Em 2003 também a análise química recorrendo a um método electroquímico interfacial dinâmico, assim caracterizado por recorrer à superfície electródica onde surge a resposta em termos de corrente eléctrica a um varrimento de potencial eléctrico, foi usado: a voltametria de redissolução anódica de impulso diferencial, cuja aplicação é revista no presente trabalho.

Marques *et al.* (1986) determinou por espectrometria de absorção atómica os seguintes teores em chumbo, em percentagem de peso seco:

- cortiça amadia (amostra A1 a A3) - 0,00102%, 0,00295%, 0,0037%;

- entrecasco (amostra A1 a A3) - 0,00479%, 0,00902%, 0,00734%;

- felema amostra (amostra A1 a A2) - 0,0044%, 0,00558%.

- Desperdícios de cortiça Unidade Industrial (UI) 1ª, Filtro - 0,0025%, Rotex - 0,01433%, BM - 0,00133%; UI 2ª, Raspa - 0,00366%, Pó - 0,00413%.

- Granulado de cortiça (0,5-7 mm) - 0,00416% (Marques *et al.*, 1986). Pereira (1987) determinou por espectrometria de absorção atómica os seguintes teores em chumbo, em percentagem de peso seco: raspa - 0,0009%; cortiça - 0,0007%. Soares *et al.* (1993) determinou por espectrometria de absorção atómica utilizando uma câmara de grafite com plataforma de L'vov o seguinte teor em chumbo em rolhas de cortiça: 0,0000054%. Ferreira *et al.* (1996) determinou por espectrometria de absorção atómica electrotérmica os seguintes teores em chumbo em amostras de cortiça rabanada: 0,000108%, 0,0000095%, 0,0000036%, 0,000089% (Portuguesa); 0,000108% e 0,0000136%; (Espanhola); 0,000238% e 0,0000258% (Marroquina). Gil (1998) recolhe e publica um conjunto de resultados de vários autores (nomeadamente Lanuza, 1965; Caldas, 1985; Marques, 1986; Pereira

e Rodrigues, 1987; Borges, 1988 e Ferreira *et al.*, 1996), donde retirou que o chumbo se encontra entre 0,001 e 0,005% (m/m) (Gil, 1998). Ponte-e-Sousa *et al.* (2003a) faz a análise qualitativa de chumbo (II) em cortiça por voltametria de redissolução anódica de impulso diferencial após digestão ácida a quente em recipiente fechado. Também nesse ano determina 0,00241% de chumbo (II) numa amostra de cortiça pelo mesmo método (Ponte-e-Sousa, 2003b).

O interesse na determinação de metais pesados em tecidos vegetais provenientes de árvores é demonstrado por vários trabalhos, dos quais se destacam os trabalhos versando sobre o efeito da poluição industrial nas concentrações de zinco, cádmio e cobre nos anéis de xilema do *Pinus sylvestris* L. e no solo (Lukaszewski *et al.*, 1988), sobre o efeito da poluição industrial nas concentrações de cobre, chumbo, zinco e cádmio nos anéis de xilema do *Populus marilandica* (resistente) e do *Populus balsamifera* (sensível) (Lukaszewski *et al.*, 1993), sobre uma estimativa da poluição por metais pesados em florestas de carvalhos do "Plateau" de Krotoszyn (Opydo, 1993) e sobre a concentração de metais pesados em anéis de crescimento da madeira de carvalho das regiões de Taunus (Alemanha) e da Valdivia (Chile) (Queirolo *et al.*, 1990).

São conhecidos três trabalhos nos quais a técnica analítica usada foi a voltametria. Estes são sobre a determinação de traços de Cd, Cu, Pb e Zn em anéis de crescimento anual por voltametria de redissolução anódica de impulso diferencial (Queirolo & Valenta, 1987), sobre o estudo da distribuição radial e axial de metais pesados em anéis de crescimento de carvalho por voltametria de redissolução (Queirolo *et al.*, 1991) e sobre a determinação de Cd, Pb, Cu e Zn em madeira por voltametria de redissolução anódica de impulso diferencial (Opydo, 1993).

MATERIAL E MÉTODOS

Reagentes e soluções

Foram preparadas: Uma solução de eletrólito de suporte NaCl 0.1 mol.dm⁻³ dissolvendo NaCl (Merck p. a.) em água Milli-Q. Uma solução de HNO₃ 0.1 mol.dm⁻³, feita dissolvendo HNO₃ 65% (Merck p.a.) em água Milli-Q. Uma solução-mãe de Pb(II) 1.1x10⁻² mol.dm⁻³, dissolvendo Pb(NO₃)₂ (Riedel) em HNO₃ 0.01 mol.dm⁻³. Uma solução padrão de trabalho de Pb(II) 1.1x10⁻⁵ mol.dm⁻³, feita diluindo a anterior. Foram usados como reagentes digestores: HNO₃ 65% (Merck p. a.) e H₂O₂ 30% p/v (Panreac p. a.).

Instrumentação

A voltametria de redissolução anódica de impulso diferencial foi feita usando um potenciostato/galvanostato AUTO-LAB/PGSTAT 20 (Eco Chemie) associado a um VA Stand 663 (Metrohm). Neste equipamento foram usados: um eléctrodo de mercúrio de gota suspensa, um contra-eléctrodo de vareta de carbono vítreo, e um eléctrodo de referência de Ag/AgCl/KCl 3M. O software utilizado foi o GPES 4.9 (Eco Chemie).

Condições voltamétricas

Pré-tratamento: Tempo de purga: 5 s. Potencial de deposição: -0.650 V. Tempo de deposição: 180 s. Agitador desligado durante a deposição: Não. Tempo de equilíbrio: 30 s.

Medição: Célula desligada após a medição: Sim. Tempo de modulação: 0.05 s. Intervalo de tempo: 0.25 s. Potenciais: Potencial inicial: -0.650 V. Potencial final: -0.1 V. salto de potencial: 0.00195 V. Ampli-

tude de modulação: 0.03 V. Velocidade de varrimento: 7.8 mV/s.

Outras características

Superfície da gota: $0.25 \text{ mm}^2 \pm 10\%$. Velocidade de rotação do agitador: 1500 min^{-1} . Tempo de desarejamento: 10-12 min.

Procedimento

Digestão: Foram feitas várias digestões de cortiça de acordo com o esquema seguinte: Extracção das faces da pequena prancha; Granulação com granulador plástico; Pesagem de 0.09g de cortiça granulada; Adição de 2 ml HNO_3 e 0.25 ml de H_2O_2 ; Descanso de 2 horas, aproximadamente; Digestão em recipiente fechado ($85-90^\circ\text{C}$) durante 8 horas.

Voltametrias: Quantidades de 0.1 ml de padrão foram adicionadas a 1 ml de solução de cortiça e 20 ml de electrólito de suporte. Cada medição foi feita em triplicado em cada adição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com vista à confirmação da possibilidade da voltametria permitir a análise qualitativa e quantitativa do Pb(II) no felema da cortiça foram efectuados ensaios dos quais resultaram voltamogramas como os visualizáveis na Figura 1, onde a consistência da análise é evidenciada pelo R^2 de 0,9970 (Figura 2) como em (Ponte-e-Sousa *et al.*, 2003a).

A Figura 1 mostra como o sinal analítico varia progressiva e regularmente com o acréscimo da concentração de Pb(II) durante a análise do mesmo ião proveniente do felema da cortiça utilizada. O elevado coeficiente de correlação (0,9970), a simetria das curvas, obtidas sem qualquer filtragem informática, e o aparecimento dos seus

máximos ao potencial característico do ião Pb(II), revelam a potência do método para fazer a análise deste ião no felema da cortiça, permitindo a sua aplicação à análise de qualquer amostra de felema, quanto a este ião, nomeadamente após individualização da camadas de crescimento numa amostra de cortiça amadia, o que terá como consequência a possibilidade de ter no sobreiro, cujas características de crescimento da cortiça amadia e longevidade da árvore são uma vantagem, um verdadeiro serviço sócio-ambiental, prestável pelo ecossistema mediterrânico, onde quer que este possua sobreiros, serviço esse que faz desta nobre árvore uma verdadeira sonda da qualidade ambiental capaz de indicar aos habitantes da região quais as condições em que vivem quanto à presença do poluente analisado, como aqui se apresenta para o caso da faculdade de analisar o Pb(II) no felema de cortiça por voltametria de redissolução anódica de impulso diferencial.

A subtracção do valor de concentração obtido para a intensidade de corrente nula do branco à concentração obtida da mesma maneira para a cortiça permite, de acordo com o método da adição padrão e utilizando as equações presentes na figura 2, obter para a concentração de chumbo (II) proveniente da cortiça e presente na célula voltamétrica o valor de $9.97 \times 10^{-8} \text{ M}$. A utilização dos factores convenientes leva à transformação deste valor em: $A = B \times C \times D \times E / F = G$ onde **A** significa (m Pb (II) / m cortiça), **B** significa $9.97 \times 10^{-8} \text{ M}$, **C** significa 21 (deve-se à diluição de 1 para 21 feita), **D** significa 5 ml (deve-se a que aqueles 1 ml vieram de uma aferição de 5 ml), **E** significa 207,2 g / mol (massa molar do chumbo), **F** significa 0,09 g (massa de cortiça usada) e **G** significa $24,1 \mu\text{g Pb (II) / (g de cortiça usada)}$, sendo este o resultado final obtido para a concentração mássica de Pb (II) nesta cortiça medida por este método.

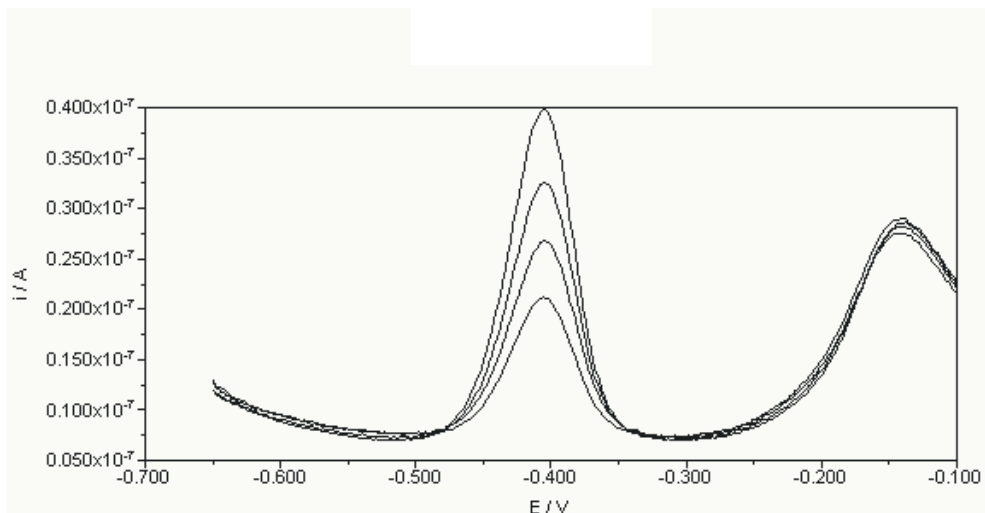


Figura 1 – Voltamogramas representativos: Acréscimo da intensidade da corrente eléctrica (i/A) com adições sucessivas de iguais quantidades do ião $Pb(II)$, à quantidade do mesmo ião proveniente do felema da cortiça (digerida pelo método ácido a quente usado), ao potencial característico do ião $Pb(II)$ (E/V)

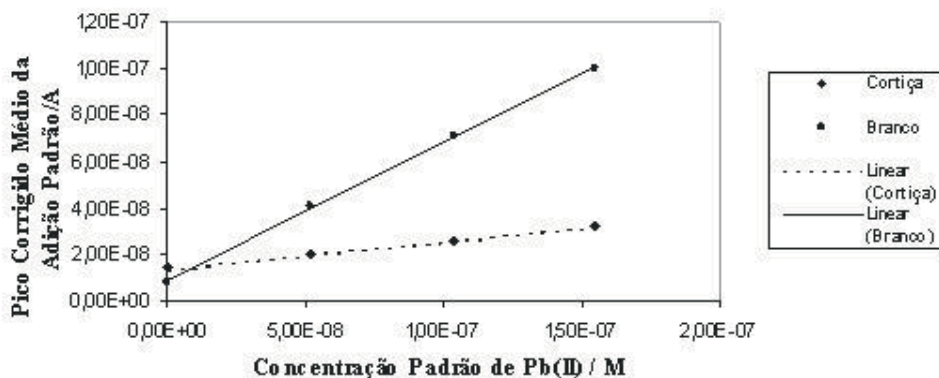


Figura 2 – Acréscimo da intensidade da corrente eléctrica (i/A) com adições sucessivas de iguais quantidades do ião $Pb(II)$, à quantidade do mesmo ião proveniente do felema da cortiça (digerida pelo método ácido a quente usado), ao potencial característico do ião $Pb(II)$ (E/V). A curva a tracejado resulta do ajuste aos pontos resultantes, cada um, da média de três máximos da intensidade de corrente obtidos, cada desses máximos, semelhantemente ao apresentado em qualquer das curvas da Figura 1

CONCLUSÕES

Procurou-se com o presente trabalho, para além de revelar o resultado obtido de 24.1 µg Pb(II)/(g de cortiça usada), uma melhor tradução para a linguagem considerada mais acessível a não electroquímicos e o anúncio da aplicabilidade da voltametria num âmbito tão geral como é o de permitir observar a nobreza do Sobreiro como sonda ambiental prestadora de um serviço sócio-ambiental enriquecedor da região onde vegeta. Tal é, cremos, algo enquadrável no largo espectro que é o extensionismo rural, cujas virtudes não nos cansamos de engrandecer e cuja menor atenção a que por vezes é votado não nos impede de insistir nas vantagens de manter o hábito, sempre tido por uma importante parte daqueles que estão ligados ao mundo rural, de observar, estudar, e divulgar, na linguagem mais acessível possível, os resultados da sua investigação, como agora se faz.

Tratando-se este trabalho de um essencialmente analítico, afigura-se-nos muito interessante apresentá-lo como um bom indicador da possibilidade de fazer uma determinação de chumbo em cortiça por um método cuja distinção positiva é a robustez operacional conjugada com os menores custos associados ao uso de aparelhagem desta natureza (potenciostatos, galvanostatos, eléctrodos,...), não acompanhada de distinções negativas significativas uma vez que a perda de sensibilidade associada a estas técnicas electroanalíticas, quando comparadas com as espectrais, que a precederam no estudo do chumbo, é habitualmente tida como desprezável para a generalidade das aplicações e expectavelmente para esta também, ainda que afirmá-lo com rigôr e certeza concretos exigiria um trabalho do âmbito

contabilístico ainda não feito, visando apurar custos exactos.

Verifica-se que a concentração obtida se enquadra no intervalo das obtidas no passado, e que é suficientemente baixa para não permitir esperar qualquer perigo alimentar associado ao uso de cortiça em contacto com alimentos, em particular bebidas alcoólicas, como indicado também em (Soares *et al.*, 1994).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Química da Universidade de Évora a disponibilização das condições necessárias à execução do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ferreira, Margarida A., Soares, M. Elisa, Bastos, M. Lourdes & Leal Ferreira, J. M. 1996. Avaliação do conteúdo de Ferro, Cobre, Alumínio, Chumbo e Cádmio em Cortiça originária de Portugal, Espanha e Marrocos por Espectrometria de Absorção Atómica com Atomização Electrotérmica, *CTCOR MAGAZINE*, **1**: 2.
- Gil, Luís, 1998. Cortiça: Produção, Tecnologia e Aplicação, *INETI*.
- Lukaszewski, Z., Siwecki, R., Opydo, J. & Zembrzski, W. 1988. The effect of industrial pollution on zinc, cadmium and copper concentration in the xylem rings Scot's pine (*Pinus sylvestris* L.) and in the soil, *Trees Structure and Function* **2**: 1-6.
- Lukaszewski, Z., Siwecki, R., Opydo, J. & Zembrzski, W. 1993. The effect of industrial pollution on copper, lead, zinc and cadmium concentration in xylem rings of resistant (*Populus mari-*

- landica*) and sensitive (*P. balsamifera*) species of poplar, *Trees Structure and Function* **7**: 169-174.
- Mata, F., Marques, V. & Pereira, H. 1986. Influência da granulometria na determinação de elementos minerais na cortiça, *Boletim do Instituto dos Produtos Florestais - Cortiça* **569**: 68.
- Marques, V., Mata, F. & Pereira, H. 1986. Composição química mineral dos desperdícios de cortiça provenientes da indústria de granulados, *Boletim do Instituto dos Produtos Florestais - Cortiça* **574**: 233.
- Opydo, J. & Lukaszewski, Z. 1993. Determination of Cd, Pb, Cu and Zn in wood by differential pulse anodic stripping voltammetry. *Chem. Anal. (Warsaw)*, **38**: 823-827.
- Opydo, J., 1994. Estimation of oak stand pollution heavy metal on the Krotoszyn Plateau, *Acta societatis botanicorum poloniae*, **1**: 83-86
- Pereira, H., 1987. Composição química da raspa em pranchas de cortiça de produção amadia, *Boletim do Instituto dos Produtos Florestais - Cortiça*, **587**: 231.
- Ponte-e-Sousa, J.C.A.C., Ginja Teixeira, J.M. & Neto Vaz, A.M. 2003a. Electroanalysis of Heavy Metals in the Cork of *Quercus Suber* Tree. Preliminary Study: Electroanalyticity of Pb(II), *Portugaliae Electrochimica Acta*, **21**: 74 – 84.
- Ponte-e-Sousa, J.C.A.C., Ginja Teixeira, J.M. & Neto Vaz, A.M. 2003b. The importance of the cork (bark) of *Quercus suber* in the environmental monitoring of heavy metals, *EJEAF-Che*, **2**: 2.
- Queirolo, F. & Valenta, P. 1987. Trace determination of Cd, Cu, Pb and Zn in annual growth rings by differential pulse anodic stripping voltammetry, *Fresenius Z Anal Chem.*, **328**:93-98.
- Queirolo, F., Valenta, P., Stengen, S. & Breckle, S. 1990. Heavy metal concentrations in oak wood growth rings from the Taunus (Federal Republic of Germany) and the Valdivia (Chile) regions. *Trees Structure and Function* **4**: 81-87.
- Queirolo, F., Valenta, P., Stengen, S. & Sanchez, A.M. 1991. Study of the radial and axial distribution of heavy metals in oak growth rings by stripping voltammetry. *Electroanalysis*, **3**: 325-329.
- Soares, M. Elisa, Bastos, M. Lourdes & Ferreira, Margarida A.1993. Determination of Cooper, Iron, Aluminium, Lead, and Cadmium in Cork Stoppers by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, **8**: 655-657.
- Soares, M. Elisa, Borges, M. A., Bastos, M. Lurdes & Ferreira, M. A. 1994. Estudo de migração de metais nas rolhas de cortiça para um simulador das bebidas alcoólicas, *Ciência e Técnica Vitivinícola* **11(2)**: 87-99.

Variabilidade em pastagens permanentes: contribuição para um projecto de *Agricultura de Precisão*

Variability in permanent pastures: contribution for a precision agriculture project

J. M. Serrano¹, J. O. Peça¹, V. Gonçalves¹, P. Palma¹, M. J. Carvalho¹,
J. R. Silva¹ & J. Roma¹

RESUMO

Neste trabalho divulgam-se os resultados da avaliação sistemática de uma parcela de pastagem permanente biodiversa em termos das propriedades físicas e químicas do solo e da composição florística da pastagem. Esta informação geo-referenciada constitui a base para a tomada de decisão num projecto de *Agricultura de Precisão* com utilização de novas tecnologias de aplicação diferenciada de fertilizantes.

São apresentados dados referentes a análises efectuadas antes da aplicação diferenciada e após o primeiro ano de aplicação diferenciada de adubo. Os resultados obtidos mostram a importância da gestão diferenciada da fertilização, nomeadamente ao nível da aplicação de fósforo. Em termos de desenvolvimento da pastagem, em especial das leguminosas, é também evidente o efeito de um ano agrícola muito seco.

ABSTRACT

In this work are published the results of a systematic evaluation of a permanent pas-

ture in terms of physical and chemical soil properties and floristic composition. This geo-referenced information constitutes the decision support in a Precision Agriculture project that uses differential application of fertilizers.

Data are presented regarding analyses made before the first differential application and after it. The obtained results show the importance of spreading fertilizers in a differential way, namely the spreading of Phosphorous. In terms of the pasture development it was also evident the effect of a very dry agricultural year.

INTRODUÇÃO

A agricultura apoiou-se desde sempre no princípio da homogeneidade das parcelas que entram no ciclo de produção, pelo que as intervenções culturais eram feitas uniformemente dentro de cada parcela (Zwae-nepoel & Bars, 1997).

Tecnologias como os sistemas de posicionamento global (GPS) e os sistemas de informação geográfica (SIG), associados a métodos de análise espacial, permitem hoje

¹ Dep. de Engenharia Rural e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: jmrs@uevora.pt

uma avaliação pormenorizada das áreas de cultivo (Coelho *et al.*, 2004).

O lançamento de sistemas de localização por satélite e a sua adaptação às máquinas agrícolas permite actualmente a tomada de consciência de que o solo, substrato de desenvolvimento das culturas, apresenta características muito diversas em áreas relativamente reduzidas. A variabilidade é acentuada por factores como o relevo, práticas culturais anteriores, etc., que implicam diferentes respostas e desenvolvimento das culturas e que no caso das pastagens se traduz em biodiversidade.

Os resultados da avaliação sistemática da variabilidade do solo e da cultura numa pastagem permanente biodiversa constituem o primeiro passo para a implementação de uma gestão diferenciada, adaptando a aplicação de fertilizantes ao potencial produtivo que o solo oferece, com o duplo objectivo de redução dos custos de produção e sustentabilidade do meio ambiente onde a actividade agrícola se desenvolve (Serrano *et al.*, 2005).

O interesse em transpor tecnologias tradicionalmente utilizadas nos cereais para a área das pastagens é um estímulo à pecuária extensiva e ao montado. A pastagem sob montado é uma imagem característica do Alto Alentejo e é um exemplo de variabilidade, com a presença de árvores, afloramentos rochosos, relevo e outros aspectos notáveis. Esta variabilidade acontece mesmo dentro de cada parcela e reflecte-se na capacidade produtiva, sugerindo uma gestão diferenciada, nomeadamente da fertilização (Serrano *et al.*, 2004).

As pastagens e forragens na pecuária extensiva alentejana fazem parte de uma estratégia básica de conservação dos recursos, estando estas inseridas em explorações onde o uso múltiplo da floresta e da silvo-pastorícia garante a diversidade do uso, a segurança perante as alte-

rações de preços no mercado e as variações do clima, e permitam, deste modo, a rendibilidade dessas mesmas explorações e, simultaneamente a garantia de ocupação de mão-de-obra especializada que permita evitar o despovoamento das regiões rurais. Para pôr em prática esta tarefa de conservação e recuperação dos recursos através dos sistemas agro-silvo-pastoris é necessário conhecer os factores limitantes aos usos destes sistemas, em especial o factor solo, e para tal é necessário conjugar com o conhecimento agronómico as novas tecnologias que estão à disposição.

Algumas das variáveis pertencentes ao ecossistema solo-planta são mais fáceis de analisar que outras, especialmente tendo em conta o custo das análises. Por outro lado, existem características do solo que é vantajoso modificar e outras em que o custo das alterações é superior aos benefícios esperados. Neste último caso, torna-se economicamente inviável realizar qualquer intervenção. As análises de solos devem, assim, incidir sobre variáveis viáveis, dos pontos de vista operacional e económico, mas dando sempre prioridade àquelas sobre as quais é possível intervir (Coelho *et al.*, 2004).

Neste trabalho de divulgação, que se insere no âmbito de um projecto de Desenvolvimento Experimental e Demonstração (DE&D) financiado pelo programa AGRO (AGRO-390) intitulado "Demonstração de tecnologias de aplicação diferenciada de fertilizantes e de sementes no melhoramento de pastagens no Alentejo", é dada particular atenção à avaliação geo-referenciada das características do solo (macronutrientes principais, pH, matéria orgânica, textura) e da pastagem (produção de matéria seca, teores de leguminosas, gramíneas e outras).

MATERIAL E MÉTODOS

Foi seleccionada uma parcela com 14 ha situada na Herdade da Revilheira (Direcção Regional da Agricultura do Alentejo), a poucos quilómetros de Reguengos de Monsaraz, na qual foi delimitado o campo experimental com uma área de cerca de 6 ha (Figura 1). Esta foi considerada a área aceitável em termos de custo e de tempo necessário para efeitos de acompanhamento e avaliação sistemática. A restante área

foi excluída da avaliação deste projecto tendo como critério a elevada densidade de azinheiras que impedia não só a captação de sinal GPS como também a passagem do conjunto tractor-distribuidor em linhas paralelas.

Nesta parcela encontra-se uma pastagem permanente biodiversa de gramíneas e leguminosas, instalada em Setembro de 2000, sendo pastoreada todo o ano por ovinos. Em termos de manutenção, até 2003 o melhoramento consistia na realização, em

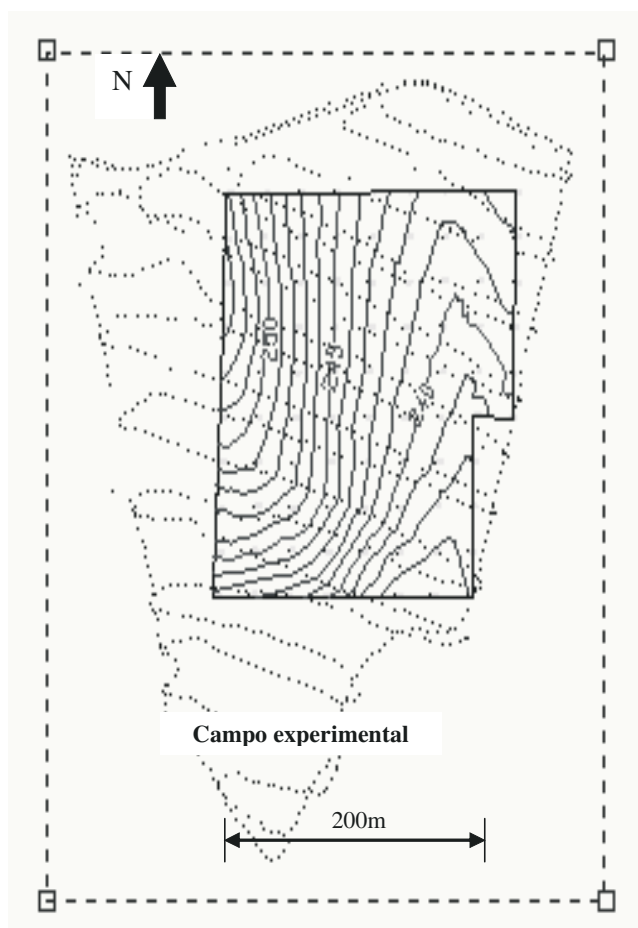


Figura 1 - Carta altimétrica do campo experimental instalado numa parcela da Herdade da Revilheira

Setembro/Outubro de cada ano, de uma adubação homogênea em toda a parcela com 300 kg/ha de Superfosfato 18%.

A mancha de solo onde foi instalada a parcela de ensaio pertence à família dos Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de Materiais Não Calcários Normais de rochas cristalofílicas básicas (Pv), com fases delgadas e pedregosas. Os solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos são solos Argiluvados, Pouco Insaturados, de cores avermelhadas ou amareladas nos horizontes A ou B, ou em ambos, que se desenvolvem em climas com características mediterrâneas. Os solos pertencentes a esta família são formados a partir de rochas não calcárias e apresentam 3 horizontes:

Horizonte A1 – 15 a 30 cm; pardo-avermelhado, castanho-avermelhado ou vermelho; franco-argiloso ou, por vezes, franco; estrutura granulosa fina a média moderada a forte; friável; pH 5,5 a 7,0. Transição nítida para o horizonte seguinte (B).

Horizonte B – 10 a 40 cm; vermelho, vermelho-escuro ou castanho-avermelhado; argiloso; estrutura subangulosa fina ou média moderada a forte; há algumas películas de argila nas faces dos agregados; firme; pH 5,5 a 7,0. Transição gradual para o horizonte C.

Horizonte C – Material originário: mistura de material semelhante ao do horizonte anterior com fragmentos de rocha, fazendo transição para a rocha-mãe (rochas cristalofílicas básicas).

O campo experimental, atendendo à largura de trabalho do distribuidor para o adubo a utilizar, foi dividido em quadrículas de 28 m x 28 m, num total de 76 quadrículas.

No Quadro 1 comparam-se os valores de precipitação total que se registaram no trinténio de 1971/2000 e nos anos agrícolas de 2003/2004 e 2004/2005. No Quadro

2 comparam-se os valores da temperatura média do ar que se registaram durante um período de 8 anos (1994/2003) e nos anos agrícolas de 2003/2004 e 2004/2005. Para o efeito utilizaram-se os dados climáticos da estação meteorológica de Reguengos de Monsaraz, que se localiza a cerca de 10 km do campo experimental.

QUADRO 1 - Precipitação total no período de 1971/2000 e nos anos agrícolas de 2003/2004 e de 2004/2005

Meses	Precipitação total (mm)		
	1971/2000	2003/2004	2004/2005
Setembro	24,49	15,7	3,4
Outubro	54,55	139,8	91,5
Novembro	61,51	66,3	14,2
Dezembro	76,51	66,0	18,5
Janeiro	65,69	34,0	0,9
Fevereiro	52,12	43,9	7,5
Março	39,83	34,2	19,9
Abril	52,71	17,7	14,4
Maió	43,36	24,5	49,6
Junho	18,54	6,6	0,4
Julho	4,95	0,0	0,6
Agosto	4,65	6,4	1,3
Total	498,91	455,1	222,2

Sendo a precipitação um parâmetro de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pode-se constatar pela análise do Quadro 1, que no ano agrícola de 2003/2004 se registou uma precipitação total inferior em 8,8% em relação à média do trinténio de 1971/2000, atingindo apenas 55,5% desse valor no ano agrícola de 2004/2005. É possível ainda constatar que nos anos agrícolas de 2003/2004 e 2004/2005 a precipitação se concentrou no mês de Outubro, respectivamente com 139,8 mm (30,7% do total anual) e 91,5 mm (41,2% do total anual). Deste modo, poder-se-á afirmar que a irregularidade da precipitação foi mais acentuada nos anos agrícolas em estudo em

relação à média do trinténio e que o ano agrícola de 2004/2005 foi um ano extremamente seco com menos 276,7 mm de precipitação em relação à média do trinténio e com menos 232,9 mm em relação ao ano agrícola de 2003/2004.

Relativamente à temperatura, outro parâmetro climático de grande importância, pode verificar-se pela análise do Quadro 2 a semelhança entre a média do período de 1994/2003, e os anos agrícolas de 2003/2004 e de 2004/2005. Deve notar-se, todavia, a quebra da temperatura média do mês de Janeiro de 2004/2005 quando comparada com igual temperatura no ano agrícola de 2003/2004. Atendendo à fase de dormência que a vegetação atravessa em períodos de reduzida temperatura, este poderá ser mais um factor limitativo do desenvolvimento da vegetação.

QUADRO 2 - Temperatura média do ar no período de 1994/2003 e nos anos agrícolas de 2003/2004 e 2004/2005

Meses	Temperatura média (°C)		
	1994/2003	2003/2004	2004/2005
Setembro	20,6	22,4	22,2
Outubro	17,5	16	17,2
Novembro	12,2	12,3	11,6
Dezembro	10,1	8,6	8,3
Janeiro	9,0	11,2	6,9
Fevereiro	10,3	9,7	7,3
Março	13,2	11	12,5
Abril	14,0	13,5	14,9
Maió	17,3	16,3	18,7
Junho	21,9	25,2	24,2
Julho	24,0	25,3	24,8
Agosto	24,1	23,7	25,8

Para avaliar a variabilidade do solo e da pastagem foram recolhidas amostras de solo em Abril e de pastagem em Maio de 2004. Em 2004, foram recolhidas 76 amostras compósitas de solo e 76 amostras de pastagem. As amostras de solo foram reti-

radas com uma sonda “meia cana” e com maço, a uma profundidade de 20 cm, constituindo a amostra compósita de cada quadrícula a partir de 4 a 5 perfurações da sonda, realizadas ao longo de uma das diagonais da quadrícula. No que diz respeito às amostras de pastagem, estas foram retiradas com uma tesoura de corte, numa área de 1m x 1m, definida por um aro metálico, sempre no canto Sudoeste de cada quadrícula. Todas os locais de amostragem foram geo-referenciados com um DGPS RTK.

As amostras, quer de solo quer de pastagem, foram colocadas em sacos devidamente identificados e transportados, respectivamente, para os laboratórios de Química Agrícola e de Pastagens e Forragens da Universidade de Évora, para procedimento standard. Estes laboratórios localizam-se na Herdade Experimental da Mitra.

As amostras de solo, foram submetidas a análises físico-químicas, tendo sido determinados os teores de matéria orgânica, de azoto, de fósforo, de potássio, a reacção e a textura do solo.

As amostras de pastagens foram pesadas e de seguida foram retiradas a cada uma das amostras principais duas sub-amostras. Uma destas, depois de colocada num cartucho, identificado com o código da respectiva amostra principal, foi pesada e colocada na estufa. Após 48 horas procedeu-se à pesagem das mesmas para apuramento do teor de matéria seca da amostra. A outra sub-amostra foi utilizada para análise da composição florística a qual consistiu na separação de gramíneas, leguminosas e outras.

Em Novembro de 2004 foi efectuada uma fertilização diferenciada da pastagem com Superfosfato 18%, utilizando um distribuidor centrífugo de adubo “Vicon RS-EDW” comandado pelo terminal “FieldStar” instalado no tractor. As instruções, definidas com base em critérios agrónómicos estabele-

lecidos por um dos especialistas da equipa do projecto atendendo à resposta das culturas em face dos teores de fósforo no solo, foram transferidas num cartão de memória programado num computador de bancada com base no conhecimento dos resultados da avaliação do solo e da pastagem.

A não utilização de adubos ricos em potássio ou em azoto na parcela deve-se a duas ordens de razões:

- por um lado, os solos da região de ensaio são relativamente ricos em potássio;

- por outro lado, não é prática comum o fornecimento de azoto em consociações que incluem leguminosas, dada a capacidade destas para fixarem o azoto atmosférico.

Após a aplicação diferenciada de Superfosfato 18% foram instaladas 40 caixas de exclusão de pastoreio, no canto Sudoeste de 40 das 76 quadrículas, de acordo com os seguintes critérios:

- nível de leguminosas e gramíneas na parcela;
- nível de fósforo no solo;

- mapa de aplicação diferenciada de fertilizante.

No 2º ano de ensaio (2005), em Abril foram recolhidas 76 amostras compósitas de solo e em Maio foram recolhidas 40 amostras de pastagem. Foi utilizado o mesmo material na recolha das amostras e o mesmo procedimento de recolha que no ano de 2004.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo do campo experimental apresenta na camada de 0-20cm de profundidade textura fina, com teores de argila entre 21 e 46% (média de 33%). Os Quadros 3 e 4 resumem, respectivamente, as características do solo e da pastagem na parcela de ensaio em 2004 e em 2005.

A Figura 2 ilustra o mapa de aplicação diferenciada de Superfosfato 18% utilizado em Novembro de 2004 na parcela de ensaio para comandar o distribuidor de adubo.

QUADRO 3 - Características do solo no campo experimental da Herdade da Revilheira na camada de solo de 0 a 20cm de profundidade, em Abril de 2004 e de 2005

Parâmetros	P ₂ O ₅ (ppm)		NO ₃ (ppm)		K ₂ O (ppm)		M. O. (%)		pH (H ₂ O)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Mínimo	14,0	16,0	1,5	1,0	56,0	62,0	1,1	0,8	5,68	5,56
Média	33,3	41,8	10,4	17,6	94,1	97,0	1,7	1,5	6,19	6,13
Máximo	92,0	152,0	30,5	170,5	244,0	150,0	2,4	2,2	7,38	7,15
DP	12,2	22,8	7,0	19,5	24,9	16,2	0,3	0,3	0,34	0,28
CV (%)	36,5	54,4	67,2	111,2	26,5	16,7	16,6	20,0	5,46	4,55

Onde: DP- Desvio padrão; CV- Coeficiente de Variação (%); M. O.- Matéria Orgânica (%).

QUADRO 4 - Características da pastagem no campo experimental da Herdade da Revilheira, em Maio de 2004 e de 2005

Parâmetros	Gramíneas (%)		Leguminosas (%)		Outras (%)		M. S. T. (kg/ha)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Mínimo	8,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	300,8	285,2
Média	40,3	45,6	20,8	0,3	38,9	54,2	2026,9	1394,6
Máximo	86,2	100,0	74,0	6,0	77,3	99,3	7167,4	3946,5
DP	19,7	28,2	18,8	1,1	18,2	28,4	1150,6	1000,9
CV (%)	48,9	61,9	90,4	390,4	46,7	52,5	56,8	71,8

Onde: DP- Desvio padrão; CV- Coeficiente de Variação (%); M. S. T.- Matéria Seca Total (kg/ha)

A Figura 3 ilustra a distribuição de fósforo assimilável (em solução) no solo da parcela de ensaio (em p.p.m.) em Abril de 2004 e em Abril de 2005.

A Figura 4 ilustra a produção média de matéria seca da pastagem da parcela de ensaio (em kg/ha) em Maio de 2004 e Maio de 2005.

Superfosfato 18% (2004)

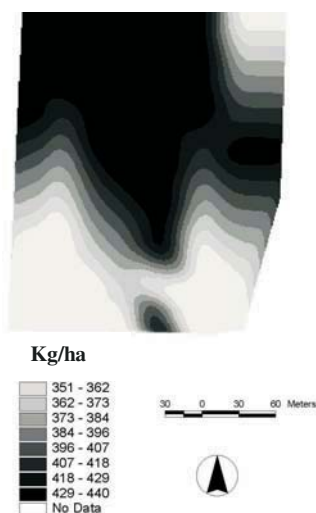


Figura 2 - Carta de aplicação diferenciada de Superfosfato 18% na parcela de ensaio em Novembro de 2004

A apreciação dos resultados médios das características do solo no campo experimental mostra, relativamente ao pH, uma amplitude entre 5,56 e 7,38, suficiente para afectar de forma diferente a disponibilização do fósforo no solo, não justificando, ainda assim, qualquer intervenção de correcção.

Os teores de matéria orgânica, em média superiores a 1,5%, sugerem o efeito positivo da pastagem permanente em comparação com as práticas culturais associadas por exemplo à tradicional rotação de cereais com mobilizações profundas do solo, toda-

via, o desconhecimento de informação anterior à instalação da pastagem não permite considerações conclusivas.

Os elevados teores de potássio no solo confirmam a informação disponível sobre os solos desta região do país, justificando a não inclusão deste nutriente nos programas de fertilização.

No que se refere ao fósforo, a grande dispersão encontrada nos valores deste nutriente (entre 14 a 152 ppm) reflecte a variabilidade inerente ao montado, onde se conjuga o efeito de factores como o relevo, a existência de árvores, o pastoreio animal e as zonas de descanso dos animais (acarro). É patente o acréscimo deste macronutriente no solo de 2004 para 2005, revelando as características do ano agrícola, extremamente seco, e a consequente reduzida extracção de fósforo pelas plantas. Não é possível, com apenas dois anos de resultados, tirar conclusões, uma vez que são diversas as fontes de variabilidade. É, especialmente neste campo de avaliação da variabilidade e de apoio à tomada de decisão, que grande parte das equipas de investigação em todo o mundo concentram os seus estudos, com o desenvolvimento de algoritmos que representem realidades locais, perfeitamente caracterizadas.

O desenvolvimento da pastagem foi claramente afectado pelo teor de humidade no solo, sendo visível em qualquer dos anos que a produção de matéria seca apenas ultrapassou os 300 kg/ha (Figura 4) na zona baixa do campo experimental (ver Figura 1). A seca extrema do Inverno de 2004 e Primavera de 2005, levou a uma clara quebra de produção de matéria seca, em média de cerca de 2000 kg/ha em 2004 para 1400 kg/ha em 2005, reflectindo fundamentalmente a quebra no teor de leguminosas, as quais representavam cerca de 21% da pastagem em verde em 2004 e apenas apresentaram vestígios em 2005.

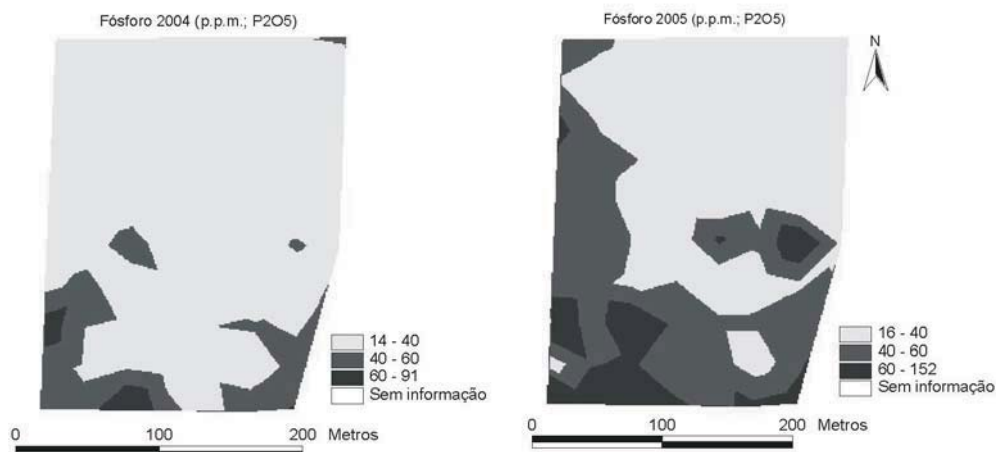


Figura 3 - Teores de fósforo assimilável (P_2O_5 , em p.p.m.) na camada de 0-20cm de solo do campo experimental, em Abril de 2004 (à esquerda) e em Abril de 2005 (à direita)

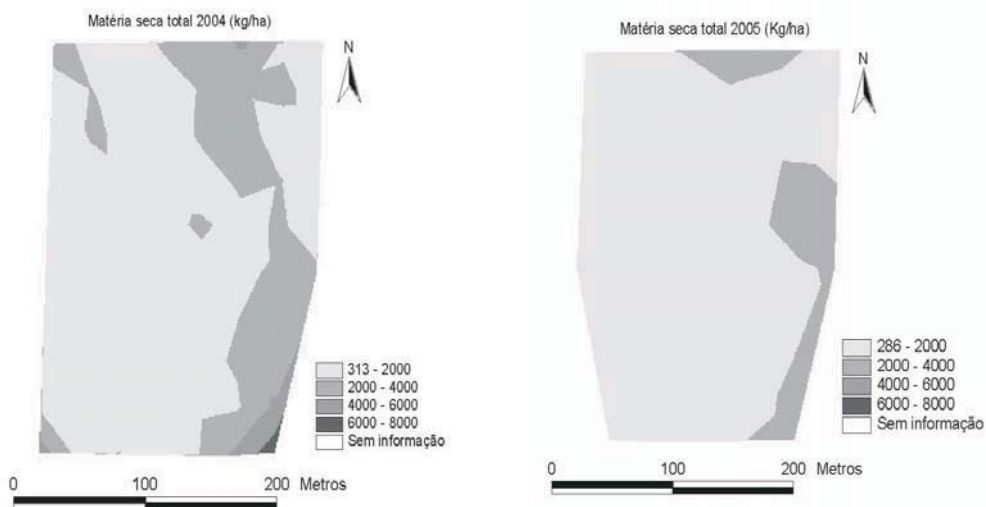


Figura 4 – Produção de matéria seca da pastagem (em kg/ha) do campo experimental, em Maio de 2004 (à esquerda) e em Maio de 2005 (à direita)

CONCLUSÕES

A falta de precipitação que se verificou no ano agrícola de 2004/2005 foi o factor que mais limitou o crescimento e desenvolvimento da vegetação no respectivo ano, o que se reflectiu não só na diminuição da produção de matéria seca mas também na ausência de leguminosas e predominância de espécies mais resistentes à secura, não sendo possível, nestas condições, atribuir uma relação do tipo causa-efeito entre a adubação diferenciada e a composição florística da pastagem ou a produção de matéria seca. Estes resultados levam actualmente a equipa do projecto a ponderar a possibilidade de proceder a uma ressementeira diferenciada da pastagem, com especial atenção sobre as leguminosas, como forma de restituir o equilíbrio e a biodiversidade à cultura.

Os resultados mostram, por outro lado, a importância da gestão diferenciada, nomeadamente ao nível da aplicação de fósforo e em função da variabilidade deste nutriente no solo, todavia, a gestão intra-parcelar é um processo em que o nível de conhecimento é cumulativo. São necessários vários anos de observações para identificar os principais factores explicativos da variabilidade encontrada, podendo então constituir uma ferramenta de apoio à decisão.

Foi também constatado que a avaliação sistemática de uma parcela com base em amostras de solo é um método moroso e muito dispendioso. Exige-se agora a adopção de estratégias que o agricultor comum possa utilizar, baseadas numa avaliação prévia da parcela assente nas características topográficas e agronómicas, que permitam identificar zonas homogéneas, simplificando o procedimento de amostragem. Nesta perspectiva e neste segundo ano de projecto, para além do acompanhamento do campo experimental instalado na Her-

dade da Revilheira, será iniciado o acompanhamento de uma segunda parcela de pastagem permanente localizada na Herdade da Mitra da Universidade de Évora. Ainda neste sentido, perspectiva-se a aquisição de equipamento para levantamento expedito das parcelas por métodos indirectos, nomeadamente, para determinação da condutividade eléctrica do solo e da estimativa da quantidade de matéria seca produzida pela pastagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores querem manifestar o seu agradecimento ao programa AGRO pelo financiamento do projecto nº 390.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coelho, J. C., Silva, L. M., Tristan, M., Neto, M. C. & Pinto, P. A. 2004. *Agricultura de Precisão*, pp. 15-88. Editora Prefácio.
- Serrano, J. M. P. R., Peça, J. M. N. O., Silva, J. R. M., Palma, P., Carvalho, M., Roma, J. & Crespo, D. 2004. Novas tecnologias na aplicação diferenciada de fertilizantes em pastagens. *Proceedings of the II Jornadas sobre Agricultura de Precisión*, Universidad A Coruña, Espanha, 15-17 julio, pp. 69-71.
- Serrano, J. M. P. R., Peça, J. M. N. O., Palma, P., Silva, J. R. M., Roma, J., Carvalho, M., Mendes, J., Crespo, D. & Casas Novas, A. 2005. Agricultura de Precisão: primeiros testes experimentais em pastagens permanentes no Alentejo (Portugal). *Proceedings of the III Congreso Nacional de AgroIngeniería*, León, 21-24 de Septiembre, pp.1-6.
- Zwaenepoel, P. & Bars, J. 1997. L'agriculture de précision. *Ingénieries*, EAT, Nº 12, Décembre, pp. 67-79.

Unidade de estudos de mastites em pequenos ruminantes – estudos em ovinos de regime extensivo

Small ruminant mastitis unity – studies on grazing ewes

M.C. Queiroga¹, M.E. Potes¹, E.M. Duarte¹, A.A.M. Marinho¹,
C.M. Bettencourt², C.A.P. Matos², C.C. Belo³, J.M. Ribeiro³ & C.L. Vilela⁴

RESUMO

A “Unidade de Estudo de Mastites em Pequenos Ruminantes”, formalmente constituída no âmbito do Programa Nacional de Re-equipamento Científico, da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, vem dar corpo ao trabalho de colaboração de diversas equipas de investigação que se têm debruçado sobre a problemática das infecções intramamárias em pequenos ruminantes, nos seus aspectos de saúde animal, saúde pública veterinária e qualidade e segurança alimentar. Tem como principal objectivo criar condições para o desenvolvimento de trabalhos de investigação e divulgação científica que contribuam para reduzir a prevalência de mastites em pequenos ruminantes e assim melhorar a produção e a qualidade do leite, favorecendo produtores de leite, produtores de queijo e consumidores.

Entre os trabalhos já realizados pela equipa científica, destacam-se o isolamento e identificação de agentes etiológicos de mastite em ovelhas, o estudo de factores de virulência nas bactérias mais relevantes, o

estudo dos mecanismos de infecção e a resposta imunológica local e sistémica do hospedeiro e outros estudos na área da epidemiologia.

O estudo da etiologia e da fisiopatologia da mastite ovina, com o objectivo de compreender a modulação da resposta imunitária da glândula mamária, poderá contribuir para o desenvolvimento de métodos de controlo com base na estimulação da resposta imunitária, alternativos ao uso de antibióticos.

ABSTRACT

The “Small Ruminant Mastitis Unit”, formally constituted in the scope of the Programa Nacional de Re-equipamento Científico, Science and Technology Foundation, gathers the collaborative work of several research groups that have been addressing the issue of small ruminants intramammary infections, related to animal health, veterinary public health and food safety and quality. Its main purpose is to generate an adequate environment for re-

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: crique@uevora.pt; ² Centro de Experimentação do Baixo Alentejo, Herdade da Abóbada;

³ Estação Zootécnica Nacional; ⁴ Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa

search and scientific communication that may contribute to reduce mastitis prevalence in small ruminants and thus to improve milk production and quality, with benefits for both milk and cheese producers as well as protecting food consumers.

Work already developed by this team comprises isolation and identification of ovine mastitis pathogens, detection of virulence factors in the most relevant bacteria, studies on the infection mechanisms and host local and systemic immune response and other epidemiological studies.

A deeper knowledge of aetiology and physiopathology of ovine mastitis, aiming at understanding the immune response modulation, may contribute to the development of control methods based on immune stimulation, alternative to antibiotic treatment.

INTRODUÇÃO

As mastites são infecções frequentes em ovelhas, de particular importância em animais de aptidão leiteira, mas afectando igualmente raças produtoras de carne. Estas infecções causam prejuízos económicos consideráveis, podendo comprometer a função mamária ou mesmo resultar na morte dos animais. As suas consequências estendem-se aos borregos, que apresentam menor crescimento (Larsgard e Vaabenoe, 1993).

As infecções intramamárias em pequenos ruminantes, tal como em bovinos, podem apresentar-se sob uma forma clínica, com sintomas facilmente detectáveis, ou sob uma forma subclínica, que frequentemente passa despercebida aos produtores. Estes processos são sempre responsáveis por importantes quebras de produção de leite em ovinos (Gonzalo *et al.*, 2002). No caso de infecções subclínicas, o leite pro-

duzido, embora possa não apresentar alterações visíveis, é de qualidade inferior (Ariznabarreta *et al.*, 2002). As suas características químicas e microbiológicas determinam um menor rendimento tecnológico, aquando do fabrico de queijo (Silanikove *et al.*, 2005) e podem pôr em risco a saúde dos consumidores (De Buyser *et al.*, 2001). Alguns dos microrganismos responsáveis por mastites subclínicas em pequenos ruminantes são produtores de toxinas, nomeadamente *Staphylococcus aureus* e *Staphylococci* coagulase negativos (Orden *et al.*, 1992), tendo sido isoladas algumas destas espécies no decurso dos nossos trabalhos (Queiroga *et al.*, 1999a; Vilela *et al.*, 1999).

Tratando-se de um processo infeccioso, o animal afectado está sujeito a desconforto, contrariando a directiva europeia que determina ser necessário “assegurar que os animais não sejam sujeitos a dores ou sofrimento evitáveis.” (Comunidades Europeias, 2005). Por outro lado, alguns dos agentes etiológicos de mastite são contagiosos e, nos casos de doença subclínica, constituem uma fonte de disseminação silenciosa.

O tratamento e profilaxia de mastites em bovinos assentam na utilização de fármacos antimicrobianos; estas estratégias podem ser adaptadas a ovinos com resultados positivos na redução da prevalência de mastites (Tietze, *et al.*, 1993). Porém, a utilização de antibióticos exerce uma pressão de selecção que leva à emergência de estirpes resistentes a estes fármacos (Costa, 2005), as quais podem originar surtos de infecções com microrganismos resistentes, tanto em animais (Rajala-Schultz *et al.*, 2005) como em humanos (Angulo *et al.*, 2004).

A Unidade de Estudos de Mastites em Pequenos Ruminantes tem como objectivos pesquisar a etiologia e fisiopatologia

das mastites nestas espécies animais (até à data, foram desenvolvidos estudos em ovinos), estudar a modulação da resposta imunológica da glândula mamária, conhecer o perfil de antibioresistência das estirpes locais de forma a contribuir para o uso prudente de antibióticos e investigar métodos de profilaxia e tratamento alternativos ao uso de antibióticos com base na estimulação da resposta imunitária, contribuindo assim para reduzir o uso destes agentes antimicrobianos em saúde animal, como tem sido preconizado pela OMS (WHO, 2000).

SÚMULA DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os trabalhos realizados pela equipa envolvida neste projecto revelaram que, no Alentejo, apesar de a prevalência de mastite clínica em ovelhas ser baixa, a mastite subclínica apresenta uma prevalência muito elevada (Queiroga *et al.*, 1997). Nos efectivos estudados, o valor médio de prevalência de infecção subclínica é de 31,7%, podendo atingir 92,5% dos animais afectados.

Os agentes etiológicos mais frequentemente isolados foram *Staphylococci* coagulase negativos, entre os quais se destacou *Staphylococcus epidermidis* (Queiroga *et al.*, 1999a; Vilela *et al.*, 1999). Os microrganismos isolados mostraram-se, na sua maioria, susceptíveis aos antibióticos incluídos em preparações medicamentosas de aplicação intramamária desenvolvidas para bovinos (Queiroga *et al.*, 1999a; Queiroga *et al.*, 1999b). Porém, os isolados de *Streptococcus agalactiae* revelaram menor susceptibilidade a alguns princípios activos, nomeadamente penicilina, do que o descrito em isolados de outros Países (Erskine *et al.*, 2002; Queiroga *et al.*, 2003).

Em estirpes de *Staphylococcus epidermidis* isolados de mastite ovina, foi realizada a pesquisa de proteínas antigénicas, cujo reconhecimento por imunoglobulinas presentes no soro e no leite de animais infectados naturalmente por *Staphylococcus epidermidis* sugere um potencial papel na resposta imunológica específica na glândula mamária de ovelhas (Queiroga *et al.*, 1999c; Queiroga *et al.*, 2001a; 2001b; 2001c).

Foi efectuada a pesquisa de factores de virulência em isolados de campo, tendo-se verificado que estirpes de *Staphylococcus epidermidis* causadoras de mastites subclínicas não eram produtoras de enterotoxinas A, B, C e D nem de toxina responsável pelo choque tóxico (*toxic shock syndrome toxin*, TSST-1). As mesmas estirpes apresentaram diferenças em relação à sua capacidade para produzir biofilme *in vitro*. Foram realizados estudos de adesão *in vitro* a células epiteliais de glândula mamária (linha celular BME), que mostraram que algumas estirpes possuem a capacidade de aderir ao epitélio mamário. No entanto, a capacidade de produzir biofilme não está correlacionada com a intensidade da inflamação na glândula mamária, as diferenças de produção de biofilme entre as estirpes que produzem diferentes graus de inflamação na glândula mamária não são significativas ($P \geq 0,05$). A aptidão das diversas estirpes de *Staph. epidermidis* para produzir biofilme não interfere com a capacidade para aderir a células do epitélio mamário *in vitro* (Queiroga *et al.*, 2005a; 2005b; 2005c).

Estudos de manipulação da dieta, em que foi comparada a dieta normal com dieta suplementada com zinco biodisponível, mostraram uma redução significativa na adesão, *in vitro*, de bactérias a células epiteliais da glândula mamária (Saianda *et al.*, 1999; Saianda *et al.*, 2001), sugerindo ser

possível a adopção de novas estratégias de controlo de infeções intramamárias.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Os trabalhos já realizados indicam que a prevalência de mastites subclínicas em ovelhas no Alentejo é elevada. Face ao impacto negativo sobre a saúde animal, a saúde pública e a economia das explorações, julgamos necessário diminuir esta prevalência. As medidas de controlo a implementar deverão oferecer garantias de segurança aos consumidores. Estas garantias devem contemplar a redução na utilização de antimicrobianos, na medida em que o Reg (CE) 2377/90, actualmente em vigor, estabelece os Limites Máximos de Resíduos (LMR) para algumas substâncias que podem estar presentes no leite e seus derivados.

Na sequência lógica dos trabalhos desenvolvidos, o objectivo que nos propomos alcançar é o desenvolvimento de estratégias profiláticas e terapêuticas que contemplem o conceito de uso prudente de antibióticos. Para tal, propomo-nos:

- Aprofundar os estudos sobre factores de virulência dos agentes etiológicos de mastites clínicas e subclínicas de pequenos ruminantes;
- Investigar a modulação da resposta imunitária da glândula mamária;
- Identificar antigénios com capacidade para induzir uma resposta imunitária protectora.

Além disso, é importante conhecer as especificidades dos animais dos efectivos nacionais e esclarecer os produtores sobre a importância e o interesse na aplicação das medidas de profilaxia de mastite. Assim, pretendemos ainda:

- Aferir métodos de diagnóstico de mastites para as raças nacionais;

- Desenvolver acções de informação e apoio a produtores, nomeadamente, estabelecendo uma rotina de apoio a produtores de leite de forma a melhorar a qualidade do leite de ovelha e cabra que se produz na nossa região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, F. J., Nargund, V. N. & Chiller, T. C. 2004. Evidence of an association between use of anti-microbial agents in food animals and anti-microbial resistance among bacteria isolated from humans and the human health consequences of such resistance. *J. Vet. Med.*, **51**: 374-379.
- Ariznabarreta, A., Gonzalo, C. & San Primitivo, F. 2002. Microbiological quality and somatic cell count of ewe milk with special reference to staphylococci. *J. Dairy Sci.*, **85** (6): 1370-1375.
- Costa, P. M. 2005. Antibiorresistências na flora entérica (*Enterococcus spp.* e *Escherichia coli*) de frangos e humanos. *Livro de Resumos do Congresso de Ciências Veterinárias 2005*, p. 66. Santarém, Portugal.
- De Buyser, M. L., Dufour, B., Marie, M. & Lafarge, V. 2001. Implication of milk and milk products in food-borne diseases in France and in different industrialised countries. *Int. J. Food Microbiol.*, **67**: 1-17.
- Ersline, R. J., Walker, R. D., Bolin, C. A., Bartlett, P. C. & White, D.G. 2002. Trends in antibacterial susceptibility of mastitis pathogens during a seven-year period. *J. Dairy Sci.*, **85**: 1111-1118.
- Comunidades Europeias. 2005. Do campo à mesa. Uma alimentação segura para os consumidores europeus. Série: *A Europa em movimento*. Luxemburgo: Serviço

- das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias.
- Gonzalo, C., Ariznabarreta, A., Carriedo, J. A. & San Primitivo, F. 2002. Mammary pathogens and their relationship to somatic cell count and milk yield losses in dairy ewes. *J. Dairy Sci.*, **85** (6): 1460-1467.
- Larsgard, A. G. & Vaabenoe, A. 1993. Genetic and environmental causes of variation in mastitis in sheep. *Small Rumin. Res.*, **12**: 339-347.
- Orden, J. A., Cid, D., Blanco, M. E., Ruiz Santa Quiteria, J. A., Gomez-Lucia, E. & De La Fuente, R. 1992. Enterotoxin and Toxic Shock Syndrome Toxin-one Production by *Staphylococci* Isolated from Mastitis in Sheep. *Acta Pathol. Microbiol. Immunol. Scand.*, **100** (2): 132-134.
- Queiroga, M. C., Marcelino, P. P., Espadaneira, E. M. & Vilela, C. L. 1997. Rastreio de mamites em ovinos: Estudo preliminar. *Vet. Téc.*, **2**: 52-55.
- Queiroga, M. C., Tamagnini, M. F. T., Saianda, I. M., Matos, C. A. P., Marinho, A. A. M. & Vilela, C. L. 1999a. Mamites em ovinos: Microorganismos causais e sua susceptibilidade a quimioterápicos. *Rev. Port. Ciên. Vet.*, **XCIV** (531): 132-140.
- Queiroga, M. C., Saianda, I. M., Marinho, A. A. M. & Vilela, C. L. 1999b. Antibiotic susceptibility profile of coagulase-negative *Staphylococci* isolated from sheep mastitis. *Actas do Congresso Nacional de Microbiologia MICRO'99*, p. 200. Luso, Portugal.
- Queiroga, M. C., Martins, C. & Vilela, C. L. 1999c. Electrophoretic transfer of proteins applied to lymphoproliferation assays as a tool to design vaccines. *Arquivos de Patologia Geral e Anatomia Patológica da Universidade de Coimbra*, **31** (supl.): 18.
- Queiroga, M. C., Martins, C. & Vilela, C. L. 2001a. Major antigenic proteins of *Staphylococcus epidermidis* isolated from mastitic ewes, recognised by milk whey antibodies. *1st International Symposium – Research in Veterinary Science*, p. 49. Lisboa, Portugal.
- Queiroga, M. C., Saraiva, A. P. & Vilela, C. L. 2001b. Resposta imunitária humoral a proteínas de *Staphylococcus epidermidis* isoladas de mamites ovinas em Portugal [Humoral immune response to proteins of *Staphylococcus epidermidis* isolated from ovine mastitis in Portugal]. *IX Congresso Internacional de Medicina Veterinária em Língua Portuguesa*, p. 265. Novembro, S. Salvador da Bahia, Brasil.
- Queiroga, M. C., Saraiva, A. P. & Vilela, C. L. 2001c. Antígenos de *Staphylococcus epidermidis* em mamites ovinas. *Actas do Congresso Nacional de Microbiologia MICRO'2001*, p. 133. Póvoa de Varzim, Portugal.
- Queiroga, M. C., Marinho, A. M. & Vilela, C. L. 2003. Antibiotic resistance profile of *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae* causing contagious mastitis in sheep. *Actas do Congresso Nacional de Microbiologia MICRO'2003*, p. 256. Tomar, Portugal.
- Queiroga, M. C., Marinho, A. A. M., Bexiga, R., Cavaco, L. M. & Vilela, C. L. 2005a. Slime production and adherence to mammary epithelial cells of *Staphylococcus epidermidis* isolated from subclinical mastitis in sheep – an *in vitro* study. *Proceedings of the 4th IDF International Mastitis Conference*, p. 920. Maastricht, The Netherlands.
- Queiroga, M. C., Fraústo da Silva, M. & Vilela, C. L. 2005b. Produção de biofilme por *Staphylococcus epidermidis* responsáveis por mastites subclínicas em ovinos. *Livro de Resumos do 3º*

- Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências Veterinárias*, p. 80. Santarém, Portugal.
- Queiroga, M. C., Marinho, A. A. M., Bexiga, R., Cavaco, L. M. & Vilela, C. L. 2005c. Slime production does not hinder *Staphylococcus epidermidis* adherence to epithelial cells – an *in vitro* study with clinical isolates from ovine mastitis. *Actas do Congresso Nacional de Microbiologia MICRO'05 Biotec'05*, p. 327. Póvoa de Varzim, Portugal.
- Rajala-Schultz, P. J., Torres, A., Rajeev, S., DeGraves, F. J. & Silveira, F. 2005. Antimicrobial susceptibility of *Staphylococcus spp.* isolated at dry-off and calving. *Proceedings of the 4th IDF International Mastitis Conference*, pp. 684-687. Maastricht, The Netherlands.
- Saianda, I. M., Bettencourt, C. M. V., Queiroga, M. C., Ferreira-Dias, G. & Vilela, C. L. 1999. Possible role of trace elements in mammary gland colonisation. *Proceedings of the 7th Congress of Mediterranean Federation for Health and Production of Ruminants*, pp. 83-88. Santarém, Portugal.
- Saianda, I. M., Bettencourt, C. M. V., Queiroga, M. C., Ferreira-Dias, G. & Vilela, C. L. 2001. Possible role of trace elements in mammary gland colonisation. *1st International Symposium – Research in Veterinary Science*, p. 50. Lisboa, Portugal.
- Silanikove, N., Shapiro, F., Leitner, G. & Merin, U. 2005. Subclinical mastitis affects the plasmin system, milk composition and curd yield in sheep and goats: comparative aspects. *Proceedings of the 4th IDF International Mastitis Conference*, pp. 511- 516. Maastricht, The Netherlands.
- Tietze, M., Majewski, T. & Szymanowska, A. 1993. Occurrence and prophylaxis of subclinical mastitis of sheep. *Proceedings of the 5th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants*, pp. 121-126. Budapest, Hungria.
- Vilela, C. L., Queiroga, M. C., Saianda, I. M. & Marinho, A. A. M. 1999. Importance of skin resident microbiota in sheep mammary gland pathology. *Proceedings of the National Congress of Microbiology*, p. 186. Luso, Portugal.
- WHO 2000. World Health Organization. WHO global principles for the containment of antimicrobial resistance in animals intended for food: report of a WHO consultation. Consultado em Novembro de 2005 no endereço http://whqlibdoc.who.int/hq/2000/WHO_CDS_CSRAPH_2000.4.pdf.

Cortiça: uma nova perspectiva

Cork: a new perspective

P. A. M. Mourão¹, P. J. M. Carrott¹ & M. M. L. R. Carrott¹

RESUMO

Com este trabalho tenta-se alargar o leque de aplicações dos desperdícios de cortiça, apresentando uma nova perspectiva sobre a sua utilização, nomeadamente, na preparação de materiais de carbono porosos. Estes materiais foram preparados tanto por activação física como por activação química com diferentes agentes químicos (dióxido de carbono, vapor de água, hidróxido de sódio, hidróxido de potássio e ácido fosfórico). Com os resultados alcançados por um conjunto representativo dessas amostras, demonstra-se a potencialidade de utilização de alguns desses novos materiais no domínio das aplicações em adsorção, tanto em fase gasosa como em fase líquida.

Esta contribuição soma-se a muitas outras, que incidem sobre a sua utilização em aglomerados, revestimentos e isolamentos, na tentativa de valorizar a exploração de uma árvore fundamental na agricultura portuguesa, o sobreiro. Os desperdícios envolvidos podem resultar tanto de actividades a montante como a jusante, envolvendo não só a produção florestal, mas também o tratamento e transformação industrial, bem como produtos derivados da cortiça, entre outras.

ABSTRACT

With this work we aim to increase the range of applications for cork wastes, presenting a new perspective on their use, namely in the preparation of porous carbon materials. These materials were prepared by physical activation and chemical activation with different chemical agents (carbon dioxide, water vapour, sodium hydroxide, potassium hydroxide and phosphoric acid). The results obtained by a representative group of samples, show the potential use of some of these new materials in the field of gas and liquid phase adsorption applications.

This contribution complements many others, such as the application of cork in agglomerates, coatings and isolations, in an attempt to valorise the exploration of a tree, the cork-oak, which is fundamental for Portuguese agriculture. The waste materials involved can result from activities both upstream and downstream, involving not only forestry production, but also industrial treatment and transformation, as well as derived products of the cork, amongst others.

¹ Centro de Química de Évora e Departamento de Química, Universidade de Évora, Colégio Luís António Verney, Rua Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora; e-mail: pamm@uevora.pt

INTRODUÇÃO

O conhecimento de que os carvões activados, material com estrutura porosa bem desenvolvida e elevada área superficial, podem ser preparados a partir dos mais diversos materiais poliméricos tanto naturais (madeira, cascas e caroços de frutos, ramos de videira, palha, lenhina) como sintéticos (fibras sintéticas) (Marsh *et al.*, 1997; Bansal *et al.*, 1998; Fortes *et al.*, 2004), abriu a porta à hipótese da utilização dos desperdícios de cortiça como material precursor (material de partida) (Carrott *et al.*, 1999; Carrott *et al.*, 2003; Carrott *et al.*, 2006). Analisando as suas propriedades físicas, nomeadamente a baixa densidade, elevada compressibilidade, elasticidade, diminuta condutividade térmica, e ainda a sua constituição química, caracterizada pela presença dominante de suberina e lenhina (Gonzalez *et al.*, 1995; Gil, 1998), e sabendo que este precursor está disponível em grandes quantidades e apresenta baixo valor comercial (apenas e só enquanto desperdício agrícola ou industrial) estavam reunidas as condições para a sua utilização na preparação de carvões activados.

Entre os vários materiais porosos, os carvões activados, pelas suas propriedades e múltiplas aplicações, representam um campo de investigação fundamental, tanto ao nível da sua caracterização como da produção (Marsh *et al.*, 1997; Bansal *et al.*, 1998). Do vastíssimo leque de aplicações destes materiais destacam-se as utilizações no domínio industrial, que incluem a recuperação de gases poluentes, armazenamento de gás natural, separação de gases, inclusão em baterias de ião lítio, e não menos importante, a purificação, descoloração e desodorização de líquidos, do ar, de produtos químicos e de alimentos, entre outros (Marsh *et al.*, 1997). Entre os líqui-

dos merecem destaque a água para consumo humano, as águas residuais e industriais e outras bebidas comerciais (Bansal *et al.*, 1998).

A produção destes materiais divide-se normalmente em três grandes fases: preparação do precursor, carbonização e activação. Na primeira, pode ser necessário separar os desperdícios das impurezas e de seguida triturar a matéria prima, dimensionando-a via peneiração. A carbonização dos materiais é feita em atmosfera inerte, normalmente azoto, sujeitando-se o precursor à elevação da temperatura, segundo uma taxa de aquecimento fixa, uma temperatura máxima final definida e um tempo de residência a essa mesma temperatura, obtendo-se um material de carbono sólido. A degradação térmica do material é acompanhada pela libertação de compostos voláteis, ricos em oxigénio e hidrogénio, com carbono e por vezes algum azoto e enxofre. Forma-se um emaranhado compacto de folhas aromáticas, rico em carbono, mas com uma porosidade pouco desenvolvida e diminuta área superficial. Este material desinteressante é o ponto de passagem para outro que mediante activação se tornará um produto de valor acrescentado, resultado do desenvolvimento da sua porosidade e química superficial. Esta activação pode ser feita recorrendo à gaseificação parcial das amostras com dióxido de carbono, vapor de água, ar ou mesmo misturas contendo algum oxigénio (*activação física*) ou, por outro lado, misturando (via solução ou mistura física) o precursor com um agente químico de carácter básico ou ácido (*activação química*).

A distribuição de tamanho de poros, o volume de cada uma das gamas de poros e o volume poroso total, assim como o tipo de grupos funcionais presentes na superfície vão definir o tipo de interacção (*adsorção*) entre o carvão activado sólido (*adsor-*

vente) e a espécie a reter tanto em fase gasosa como em fase líquida (*adsortivo*) (Marsh *et al.*, 1997).

Entre os adsorptivos mais utilizados, e alvo de análise neste trabalho, incluem-se o azoto em fase gasosa a 77 K e os compostos fenólicos em fase líquida a 298 K. Enquanto o primeiro é utilizado essencialmente como espécie caracterizante da estrutura física dos carvões, os segundos alargam essa caracterização ao tipo de superfície assim como constituem por si só um exemplo concreto de um problema de contaminação ambiental (Marsh *et al.*, 1997; Bansal *et al.*, 1998).

MATERIAL E MÉTODOS

Os carvões activados preparados neste trabalho tiveram como precursor cortiça amadia ou de reprodução, com cerca de 9 anos, proveniente de uma prancha extraída de um sobreiro (*Quercus suber* L.) com cerca de 70 anos, pertencente à Herdade da Provença, que se localiza a cerca de 12 km de Évora.

No caso da activação física, numa primeira fase efectuou-se a carbonização num forno horizontal sob fluxo de azoto, utilizando taxas de aquecimento de 1, 4, ou 8 °C min⁻¹ e mantendo durante 30 min à temperatura máxima de 600, 700, 750 ou 800 °C. Na segunda fase mudou-se o fluxo de azoto para dióxido de carbono ou vapor de água, mantendo-se o tempo suficiente para obter amostras com diferentes características estruturais. A designação das amostras respeita a sequência *r.T/b/a* (sendo *r* a taxa de aquecimento, *T* a temperatura final de aquecimento, *b* o agente de activação (CO₂ ou H₂O), e *a* o grau de queima).

No caso da activação química, os desperdícios de cortiça são pré-lavados com uma solução de ácido sulfúrico, para

remover algumas das impurezas da cortiça, seguindo-se a lavagem com água bidestilada até à completa remoção do ácido e posterior secagem do precursor. De seguida, fez-se a activação química por via de impregnação com soluções de diferentes concentrações absolutas (*C*) e diferentes razões mássicas químico/precursor (*R*). O excesso de líquido foi removido por pré-secagem. Seguiu-se a pirólise das amostras impregnadas a uma taxa de aquecimento de 8 °C min⁻¹ e diferentes temperaturas finais de aquecimento (450 e 700 °C). Finalmente, a amostra activada é lavada para remover o excesso de agente químico e seca a uma temperatura de 100 °C antes da sua utilização. As amostras são designadas *IMP-C/agente químico/R*. No caso da activação química por mistura física, a diferença consiste apenas na substituição da impregnação por solução pela mistura física directa do precursor com o agente químico sólido, seguindo-se um procedimento em tudo análogo ao anterior. A designação das amostras é *MF-agente químico/R*.

Os compostos fenólicos utilizados nos ensaios de adsorção em fase líquida, fenol, *p*-nitrofenol, *p*-clorofenol, *p*-cresol, designados respectivamente por F, PNF, PCF e PC, foram fornecidos pela Aldrich. A adsorção em fase líquida decorreu a 298 K e em meio ácido (pH=2), colocando cerca de 0,1 g de carvão em 50 ml de solução de composto fenólico num erlenmeyer sob agitação.

Com o objectivo de correlacionar os resultados obtidos tanto com a adsorção em fase gasosa como em fase líquida, fez-se a análise de várias amostras por microscopia electrónica de varrimento, SEM. As imagens dos materiais, sob vácuo, foram obtidas com uma tensão de 20 kV e ampliação de 250 vezes, e uma resolução de 512×512 pixels.

As isotérmicas de adsorção de azoto a 77 K foram efectuadas no equipamento automático de análise manométrica, modelo Sorptomatic 1990, da CE Instruments. A análise das isotérmicas experimentais foi feita pelos métodos BET (Brunauer, Emmett e Teller), DR (Dubinin e Radushkevich) e método comparativo α_s (Gregg & Sing, 1982). Na adsorção de compostos fenólicos foram utilizados banhos termostatzados com agitação modelo SS40-D da Grant, e WB14 com agitador acoplado SV1422 da Memmert. Na quantificação dos compostos fenólicos foi utilizado um espectrofotómetro UV-Vis, modelo U-3010 da Hitachi. A microscopia electrónica foi realizada com o microscópio electrónico de varrimento da R.J. Lee Group Incorporation, modelo Personal SEM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adsorção de azoto a 77 K

As isotérmicas de adsorção de azoto são indicativas de amostras com uma estrutura porosa bem desenvolvida, sendo constituídas maioritariamente por microporos, ou seja, com largura de poro inferior a 2 nm. Embora todas as isotérmicas sejam do tipo I na classificação da IUPAC, surgem variações em função do tipo e agente de activação utilizados. Assim, as isotérmicas das amostras activadas fisicamente (8.750/CO₂/48 e 8.750/H₂O/30) aproximam-se bastante de uma isotérmica rectangular de curvatura bem definida (isotérmica tipo I), verificando-se um afastamento de uma curvatura mais rectangular no caso das amostras activadas quimicamente (MF-NaOH/2 e IMP-4/H₃PO₄/2) (ver Figura 1).

Nas amostras activadas fisicamente o aumento de tempo de exposição ao gás

activante provoca um incremento do tamanho de poro e do volume poroso. Tanto com dióxido de carbono como com vapor de água, surgem valores máximos de volume poroso em torno de 0,35 cm³ g⁻¹, enquanto que em termos de tamanho médio de poro alcançam-se valores mínimos interessantes próximos de 0,75 nm. No caso da activação química foi possível preparar carvões activados com valores máximos entre 0,5 e 0,7 cm³ g⁻¹ e simultaneamente controlou-se o tamanho de poro numa larga gama de valores entre 0,7 e 2,2 nm. Observam-se assim valores bastante superiores de volume poroso no caso da activação química, assim como uma maior diversidade de tamanho médio de poro. Este aspecto é perceptível pela maior ou menor curvatura da isotérmica a baixas pressões relativas, correspondendo respectivamente a uma distribuição mais ou menos larga de tamanho de poros.

Comparando os valores obtidos com estas amostras verificou-se que muitas delas apresentam parâmetros estruturais, volume poroso, largura de poro e área superficial, similares ou mesmo superiores aos dos carvões activados comerciais (ver Quadro 1). A título de exemplo na Figura 1 apresentam-se, não só isotérmicas obtidas com os nossos carvões, mas também uma obtida num carvão comercial, o *NORIT SX Plus*.

Microscopia electrónica

A análise de várias amostras por microscopia electrónica de varrimento, SEM, permitiu entender e fundamentar melhor os valores dos vários parâmetros estruturais calculados com base nos resultados da adsorção de azoto. Assim, fica claro pela observação das imagens representativas apresentadas na Figura 2 que a activação física é uma técnica menos

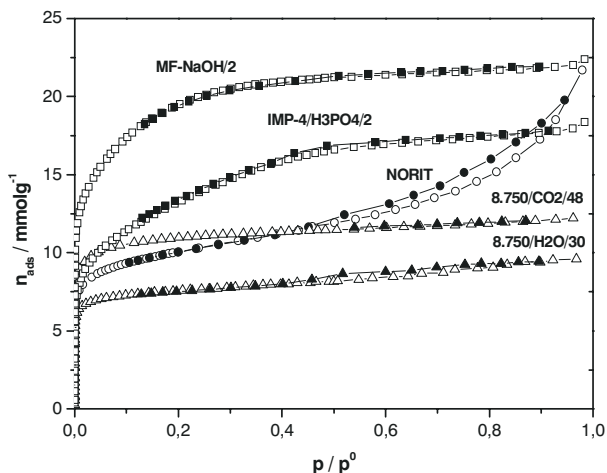


Figura 1 - Isotérmicas de adsorção de azoto a 77 K (quantidade adsorvida vs. pressão relativa), obtidas em amostras, com precursor de dimensão inferior a 1 mm, representativas de activação física (8.750/CO₂/48 e 8.750/H₂O/30), química (via mistura-física MF-NaOH/2 e impregnação IMP-4/H₃PO₄/2) e num carvão comercial (NORIT)

QUADRO 1 – Características estruturarias obtidas por análise das isotérmicas de adsorção de azoto a 77 K de amostras activadas fisicamente, quimicamente e de um carvão comercial. A_{BET} área específica aparente BET, A_{S} área externa, V_{S} volume microporoso, V_0 volume microporoso e L_0 largura média de poros

Amostra	BET	α_s		DR ⁽¹⁾	
	A_{BET} /m ² g ⁻¹	A_{S} /m ² g ⁻¹	V_{S} /cm ³ g ⁻¹	V_0 /cm ³ g ⁻¹	L_0 /nm
8.750/CO ₂ /48	957	36.0	0.38	0.36	0.95
8.750/H ₂ O/30	660	64.8	0.26	0.25	0.74
MF-NaOH/2	1615	18.5	0.73	0.55	1.55
IMP-4/H ₃ PO ₄ /2	1066	51.4	0.56	0.38	2.21
NORIT	833	299	0.24	0.31	1.06

⁽¹⁾ Método BET (Brunauer, Emmett e Teller), método comparativo α_s , método DR (Dubinin e Radushkevich)

agressiva que a activação química. Da Figura 2a), percebe-se que a activação com dióxido de carbono não afecta significativamente a estrutura celular macroscópica característica da cortiça (tal como com vapor de água).

A porosidade desenvolvida neste processo de activação resulta da formação de uma rede estruturada, composta de microporos do tipo membrana de carbono de espessura micrométrica. No caso da activação química e apenas com algumas das amostras activa-

das com ácido fosfórico, percebem-se alguns vestígios da estrutura original da cortiça, sendo essa totalmente destruída no caso dos agentes básicos, hidróxido de sódio e hidróxido de potássio.

Adsorção em fase líquida

Entre muitas das aplicações em fase líquida dos carvões activados, a descontaminação de águas, removendo compostos tóxicos e não biodegradáveis tais como compostos fenólicos e metais, constitui na actualidade um dos assuntos alvo de maior investigação. Nesta linha, testámos através

da realização de isotérmicas de adsorção em fase líquida, alguns dos carvões activados com dióxido de carbono, vapor de água e ácido fosfórico, preparados no nosso laboratório, na remoção de compostos fenólicos. A título de exemplo, na Figura 3 apresentam-se as quantidades adsorvidas em função da concentração de equilíbrio para as amostras com melhor desempenho na adsorção de *p*-nitrofenol.

Os resultados alcançados revelaram que as amostras activadas fisicamente (8.750/CO₂/48 e 8.750/H₂O/30), apresentam potencial para aplicação nesta área. Isso é confirmado pelas quantidades adsorvidas

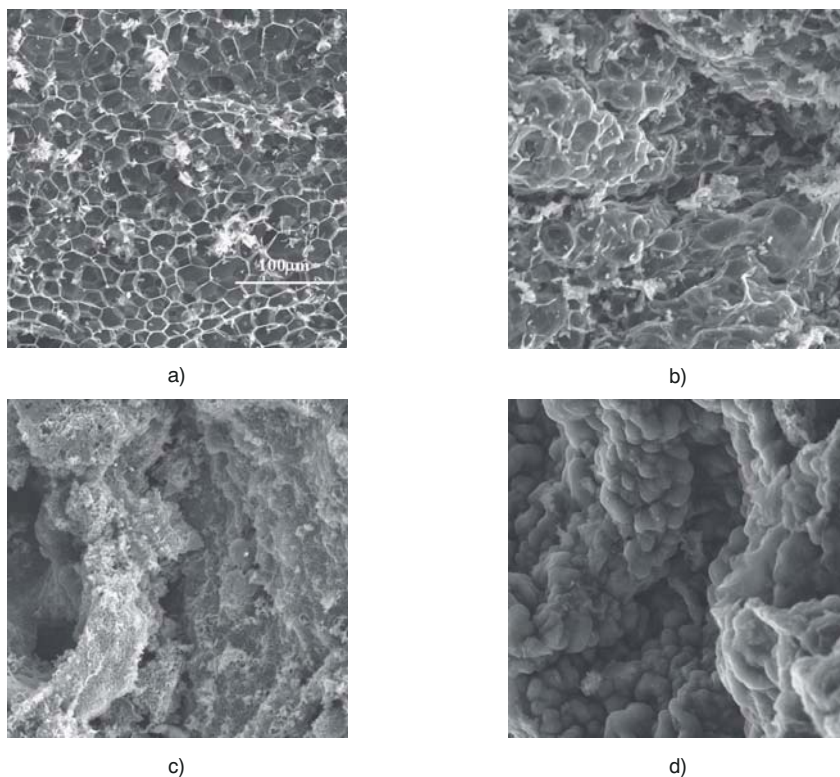


Figura 2 – Imagens obtidas por SEM, representativas de activação com a) dióxido de carbono, b) ácido fosfórico, c) hidróxido de potássio e d) hidróxido de sódio (todas segundo a escala presente na Figura a))

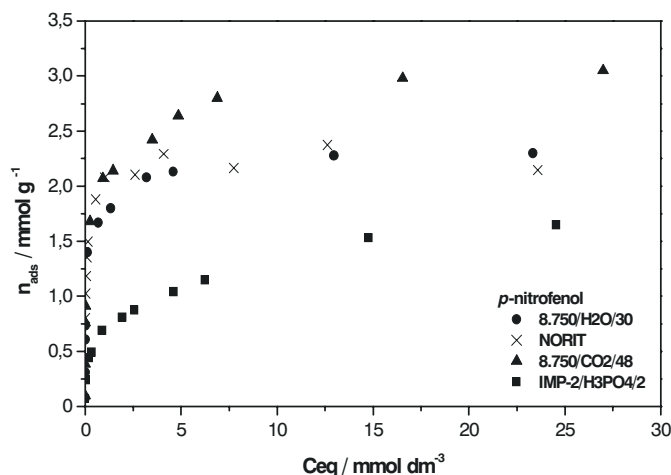


Figura 3 – Isotérmicas de adsorção de *p*-nitrofenol a 298 K em diferentes carvões

comparáveis e mesmo superiores às obtidas com o carvão comercial NORIT. Da análise da Figura 3 e Quadro 1, surgem como factores determinantes da capacidade de adsorção o tamanho de poro e o volume poroso. Assim, as quantidades adsorvidas são superiores quando os carvões têm um L_0 inferior a 1 nm. Entre estes, a quantidade adsorvida é maior quando V_0 é superior. A par destes parâmetros, também a química de superfície do carvão não é desprezável. Sendo por isso de considerar o carácter ácido da amostra activada com ácido fosfórico, como entrave ao processo de adsorção, contrariamente ao carácter básico das amostras activadas fisicamente.

CONCLUSÕES

Com este trabalho abre-se uma nova janela para a utilização e rentabilização dos desperdícios de cortiça. Os resultados obtidos pelas várias técnicas mostram que a cortiça é um precursor adequado à preparação de

carvões activados com um conjunto de características estruturais bastante diversificado, em função das condições de pirólise, do agente activante e do tipo de activação (Carrott *et al.*, 1999; Carrott *et al.*, 2003; Carrott *et al.*, 2006). Refira-se a capacidade de produção de carvões com características semelhantes às de muitos dos carvões activados comerciais, sendo mesmo de salientar a possibilidade de associação de elevados volumes porosos a tamanho de poro médio bastante reduzido. Com a aplicação de alguns desses carvões na adsorção em fase gasosa (Figura 1) e de compostos fenólicos (Figura 3), e tendo por base os resultados obtidos, afastamo-nos do ponto de vista meramente teórico para entrar claramente na esfera da aplicação dos materiais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Portugal) e ao Fundo Europeu para o Desenvolvimento

Regional (FEDER) pelo financiamento (Projecto no. POCTI/CTM/38255/2001) e ao Departamento de Geociências da Universidade de Évora pela possibilidade de utilização da Microscopia Electrónica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bansal, R.C., Donnet J.-B. & Stoeckli, F. 1998. *Active Carbon*. Marcel Dekker Inc. (Ed.), New York, USA.
- Carrott, P.J.M., Ribeiro Carrott, M.M.L. & Lima, R.P. 1999. Preparation of activated carbon “membranes” by physical and chemical activation of cork. *Carbon* **37**: 515-517.
- Carrott, P.J.M., Ribeiro Carrott, M.M.L., Mourão, P.A.M. & Lima, R.P. 2003. Preparation of activated carbons from cork by physical activation in carbon dioxide. *Adsorpt. Sci. Technol.* **21**: 669-681.
- Carrott, P.J.M., Ribeiro Carrott, M.M.L. & Mourão, P.A.M. 2006. Pore size control in activated carbons obtained by pyrolysis under different conditions of chemically impregnated cork, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, no prelo.
- Fortes, M.A., Rosa, M.E. & Pereira, H. 2004. *A Cortiça*. IST Press (Ed.), Lisboa, Portugal.
- Gil, L.M.C.C. 1998. *CORTIÇA: Produção, Tecnologia e Aplicação*. INETI (Ed.), Lisboa, Portugal.
- Gonzalez, J.C., Gonzalez, M.T., Molina-Sabio, M. & Rodriguez-Reinoso, F. 1995. Porosity of activated carbons prepared from different lignocellulosic materials. *Carbon*, **33**: 1175-1188.
- Gregg, S.J. & Sing, K.S.W. 1982. *Adsorption, surface area and porosity*, 2nd ed., Academic Press, London, England.
- Marsh, H., Heintz, E.A. & Rodriguez-Reinoso, F. 1997. *Introduction to carbon technologies*. Universidad de Alicante (Ed), Spain.

Avaliação da morfologia dos sistemas radicais de plantas de regeneração do sobreiro através de imagem digital

Evaluation of root systems morphology in young cork oak trees using digital image analysis

P. Surov¹, F. Brasil¹, N. A. Ribeiro¹ & M. R. G. Oliveira¹

RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo comparar padrões de enraizamento, ou seja, a morfologia do sistema radical de árvores regeneradas por sementeira com árvores plantadas. A evolução dos sistemas radicais pode ter influência no crescimento de longo prazo e daí a importância de o monitorizar. Os dados foram recolhidos num povoamento instalado em 1997. A metodologia seguida para avaliar a morfologia do sistema radical foi através de imagem digital. A morfologia do sistema radical e a distribuição das raízes nos vários horizontes do perfil do solo foi avaliada em oito trincheiras (4 árvores plantadas + 4 árvores semeadas). Os resultados mostram diferenças significativas, sendo a área do sistema radical das árvores plantadas maior do que a das semeadas, não se tendo encontrado diferenças significativas no padrão de enraizamento entre árvores plantadas e semeadas.

ABSTRACT

The purpose of this study is to compare rooting patterns, namely root systems mor-

phology of trees planted from seedlings with root systems morphology of seeded trees. The evolution of root systems can influence growth in future therefore it is important to monitor it. Data was collected in a stand installed in 1997. The evaluation of the root morphology was done using digital image analysis. Root system morphology and distribution of roots in different horizons was evaluated in eight trenches (4 trees planted + 4 trees seeded). The results show significant differences showing planted trees larger root area than seeded trees. It wasn't found significant differences in the root system shape between planted and seeded trees.

INTRODUÇÃO

Os montados são sistemas de produção que têm como componentes principais as árvores, estando a sustentabilidade destes sistemas muito ligada à gestão do coberto arbóreo. Além de produção de bens directos como a cortiça e frutos, os sobreiros têm como funções ecológicas a redução da velocidade do vento, interceptação e redistribuição da precipitação, interceptação da radiação solar e exploração das camadas mais pro-

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554, Évora; e-mail: psurovy@uevora.pt

fundas do solo. Estas funções traduzem-se numa mais eficiente protecção do solo, infiltração da água, circulação de nutrientes e criação de sombra.

A regeneração dos sobreiros (natural ou artificial) tem um papel fundamental na manutenção de um coberto arbóreo constante, sendo um dos actos de gestão mais importantes para a sustentabilidade deste sistema de produção. O sucesso da regeneração natural e artificial tem sido reduzido devido a condicionantes de ordem edafoclimática, em combinação com as opções de ocupação do sub-coberto (pastorícia, culturas forrageiras) tendo-se recorrido nas últimas décadas ao uso alargado da regeneração através de plantação, em substituição da sementeira. Contudo, o estabelecimento das plantas de sobreiro depende do desenvolvimento do sistema radical à semelhança do que foi observado em relação ao *Eucalyptus globulus* (Sasse *et al.*, 1997) e ao *Juniperus occidentalis* (Kramer *et al.*, 1996) onde se mostrou a importância da morfologia e volume de expansão do sistema radical na sobrevivência e crescimento das árvores.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado num ensaio instalado na Herdade da Mitra, Évora, com o objectivo de testar o crescimento de sobreiros (*Quercus suber* L.) instalados por sementeira vs plantação (Ribeiro *et al.*, 2003). Utilizaram-se para o presente estudo árvores em duas modalidades: (1) árvores semeadas com 7 anos; e (2) árvores plantadas com 8 anos. As árvores foram seleccionadas aleatoriamente dentro da mesma classe de diâmetro (a 10 cm do solo) e de altura total para cada uma das modalidades.

Para o estudo foram abertas quatro trincheiras, junto a árvores escolhidas aleatoriamente (4 árvores de plantação e 4 árvores

de sementeira). Em seguida e utilizando a metodologia de van Noordwijk *et al.* (2000), as paredes foram ajustadas a 15 cm de distância do tronco de cada árvore. A zona de estudo foi definida, tendo a área de 100 cm de largura e 90 cm de profundidade. Após uma lavagem preliminar à parede, tendo-se retirado aproximadamente 2,5 cm de solo, a mesma foi pulverizada com tinta. Depois de secar, a parede foi submetida a nova lavagem e retirados mais 2,5 cm de solo. Nesta altura foi tirada a primeira fotografia da parede da trincheira, para avaliação da distribuição das raízes finas, resultados não apresentados neste trabalho. De seguida, a parede foi lavada até se destacar a raiz principal, a qual foi pintada, com procedimento semelhante ao anterior. Após nova lavagem da parede, foi tirada a segunda fotografia.

As imagens foram gravadas no formato .bmp (logo na máquina fotográfica) para evitar a possível perda de informação, causada pelo uso da compressão. As raízes foram pintadas com cor azul por se ter concluído que, tendo em conta o sistema de cores em computador mais comum, o sistema RGB, esta cor era mais fácil de delinear automaticamente, usando a limiarização “thresholding” seguindo González (1995). Todas as imagens foram recalculadas, usando a técnica mencionada, para serem binárias, ou seja, para serem apenas constituídas por pixels pretos e brancos. A seguir foi calculada a área dos pixels pretos, que corresponde à área seccional da raiz.

As imagens binárias foram tratadas com filtro espacial de Gauss para visualizar as zonas de densidade de raízes. Cada pixel dentro da imagem foi recalculado seguindo a fórmula de Gauss em espaço 2D (González 1995):

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Antes de aplicar o filtro foi necessário definir dois parâmetros: o valor de sigma (σ) e o tamanho do kernel usado para o cálculo. O sigma deve ser definido avaliando a zona de impacto, ou seja, a zona de influência de kernel, tendo sido definido neste estudo o valor de 600. O sigma representa a distribuição das raízes estimada dentro da área de kernel. A um maior valor de sigma corresponde uma maior distribuição nas zonas marginais de kernel. Por outras palavras, um maior valor de sigma leva a uma mais escarpada forma de Gauss.

O tamanho de kernel depende, em parte, da forma de Gauss que se pretende usar, podendo-se usar o kernel inteiro ou só a parte central. Por outro lado, este tamanho depende do tamanho esperado para a zona de raiz. Neste estudo foi usado o tamanho de kernel de 250 pixéis, que corresponde aproximadamente ao valor de 25 cm. Este valor foi estimado empiricamente como o valor mais ajustado. O resultado do cálculo reflecte as características de Gauss, ou seja, quanto mais pixéis e mais perto do pixel calculado, mais escuro este vai ficar. O cálculo pode ser feito através dum software de tratamento das imagens que possua esta opção (Adobe Photoshop) ou usando programação. É preciso considerar que o algoritmo passa em cada pixel e em cada pixel

analisa os 250x250 pixéis vizinhos, o que implica um tempo de cálculo, sem usar optimização (diminuir precisão) de aproximadamente uma hora (processador Pentium 4, 2.66 GHz).

Utilizou-se o método de comparação de médias para amostras independentes do software SPSS 12.0. Este método compara médias de dois grupos, usando o teste T. É possível estudar a semelhança das variâncias dos dois grupos (Levene's test for equality of variances) e também a significância das diferenças entre as médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens das árvores plantadas são apresentadas na Figura 1, em cima. As imagens mostram uma área radical maior, sendo as raízes mais grossas e mais desenvolvidas porque foram plantadas depois de um ano no viveiro. Na Figura 1, em baixo, pode-se observar a forma de ocupação do perfil pelas raízes das árvores plantadas, depois da imagem ser tratada pelo filtro de Gauss, não existindo um padrão similar para todas as amostras.

As imagens das árvores semeadas (Figura 2 em cima) mostram uma área de raízes

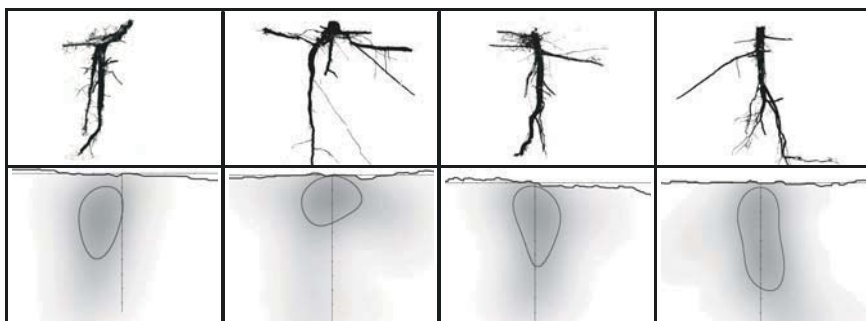


Figura 1 - Imagens das raízes das árvores plantadas em quatro trincheiras (em cima), imagens de ocupação de perfil (em baixo)

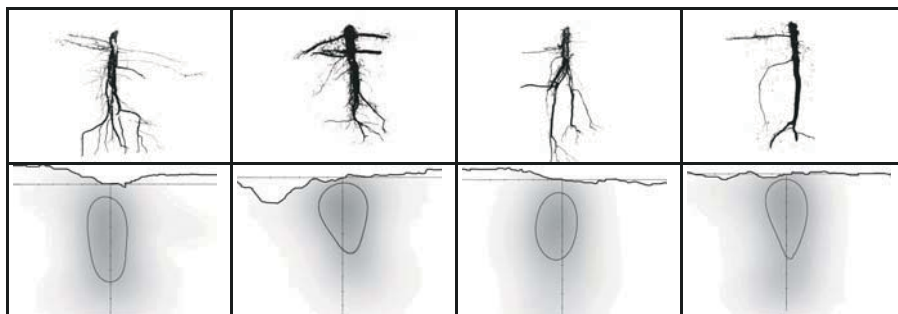


Figura 2 - Imagens das raízes das árvores semeadas em quatro trincheiras (em cima), imagens de ocupação de perfil (em baixo)

mais pequena. As raízes são também mais finas e menos desenvolvidas. Na Figura 2, em baixo, apresentam-se as imagens de ocupação do perfil pelas raízes das árvores semeadas, após terem sido tratadas pelo filtro de Gauss, não sendo igualmente visível um padrão similar. No entanto, pode-se identificar uma certa semelhança entre a 4ª imagem da Figura 1 em baixo e a 1ª imagem da Figura 2 em baixo. A maioria das outras imagens possui uma forma cuja largura diminui em profundidade.

Na Figura 3 pode-se observar a comparação das áreas radicais das árvores plantadas e das árvores semeadas (valores médios) e respectivos desvios-padrão. A diferença entre as médias é 265,79 cm². Para avaliar a

significância desta diferença foi executado o teste estatístico dos pares, utilizando o software SPSS 12.0 (Quadro 1).

Se o valor de significância for inferior a 0,05, a diferença média é considerada significativa, com intervalo de confiança de 95%. Neste caso o valor de 0,024 permite-nos concluir que existe uma diferença, no entanto, a proximidade do valor limite indica que a sua significância é pequena.

A diferença entre o tamanho da área seccional das árvores plantadas e das árvores semeadas, apresentada na Figura 3, pode ser em parte explicada pela diferença de idade das mesmas, uma vez que as árvores plantadas antes de serem instaladas no campo estiveram um ano no viveiro. No entanto, a pouca significância desta diferença permite considerar a hipótese de esta vir a desaparecer com o tempo. Será importante a verificação deste facto no futuro (em 5 anos). O impacto de outros factores que potencialmente poderão influenciar o tamanho de raiz (disponibilidade de água e condições edáficas, em geral) deverá ser eliminado pela escolha das plantas (plantas mais próximas) e estabelecimento do ensaio em geral, com vista a uma maior uniformidade em termos micro-estacionais.

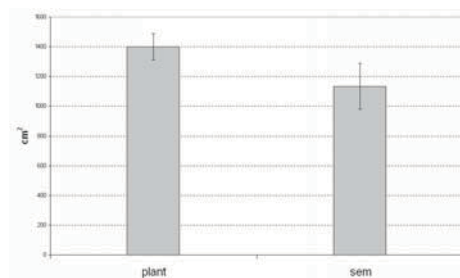


Figura 3 - Comparação das áreas das árvores plantadas (esquerda) e semeadas (direita)

QUADRO 1 - Avaliação de diferença nas áreas radicais, resultados de teste estatístico usado método "compare means" no SPSS

Levene's test *		t-test for equality of means					
F	Sig.	t	df	Sig. (2 tailed)	Mean dif.	Std. error dif.	
5.567	0.056	3.004	6	0.024	265.79	88.49	

*Levene's test for Equality of Variances

Em relação à forma de ocupação do perfil das raízes, a semelhança observada entre a 1ª imagem 1 da Figura 5 e a 4ª imagem da Figura 4 é provavelmente causada pelas características idênticas do perfil do solo. Em ambos os casos existia um horizonte do solo com características específicas onde a raiz principal se ramificava. Visualmente, este horizonte embora sendo parecido com os horizontes das outras trincheiras, duro, compacto e com alto teor de argila, demonstrava ser mais frágil.

Permanece a questão de esta característica se dever a um factor externo (condições hídricas, por exemplo) ou à própria actividade das raízes.

Sasse *et al.* (1997) provaram que as árvores semeadas e as provenientes de estacas de eucaliptos mostravam notáveis diferenças na morfologia dos sistemas radicais. No entanto, para além do facto de este estudo ter sido realizado apenas 3 semanas após o estabelecimento das plantas, as estacas têm características diferentes das de árvores plantadas, do sobreiro neste caso.

As restantes imagens que aparentam visualmente a forma de coração são indicadores de que a raiz cresce aleatoriamente em todas as direcções, como foi demonstrado em outros estudos (Fitter, 1985).

CONCLUSÕES

Pela forma de distribuição das raízes no perfil, estudada através de tratamento de imagem pelo filtro Gauss pode-se concluir que a forma do sistema radical não é princi-

palmente determinada pelo factor semeado ou plantado, verificando-se sim uma maior influência das próprias características do solo.

Observou-se uma tendência, não significativa, para uma maior área seccional das raízes das árvores plantadas em comparação com as árvores semeadas que necessita de um estudo mais detalhado independente do factor idade.

O método testado mostrou-se adequado para o estudo da distribuição das raízes no perfil especialmente pela combinação de técnicas de qualificação/quantificação laboratoriais com a análise de imagem.

A comparação dos resultados deste estudo com outros estudos semelhantes é dificultada pela escassez de estudos sobre a morfologia do sistema radical em árvores, principalmente em sobreiro, ou pelo facto de terem diferentes objectivos (efeito de morfologia em mortalidade de *quercus*, Thompson *et al.* 1995).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio dos projectos AGROREG e POCTI 2190

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fitter, A.H. 1985. Functional significance of root morphology and root system architecture. In Fitter, A.H. (ed) *Ecological Interactions in Soil*, pp. 87-106. Oxford: Blackwell.

- Gonzales, R.C. & Woods, R.E. 1995. *Digital Image Processing*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 716 pp.
- van Noordwijk, M., Brouwer, G., Meijboom, F., Oliveira, M. do Rosário G. & Bengough, A.G. 2000. Trench profile techniques and core break methods. In A.L. Smit et al. (ed) *Root Methods: A Handbook*, p.211-233. Springer-Verlag Heidelberg
- Krämer, S., Miller, P.M. & Eddleman, L. E. 1996. Root system morphology and development of seedlings and juvenile *Juniperus occidentalis*. *Forest Ecology and Management*, **86**: 229-240.
- Ribeiro, N.A., Gonçalves, A.C., Dias, S.S., Afonso, T. & Ferreira, A. G. 2003. Multilevel monitoring systems for cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. In Corona, P., Köhl, M.; Marchetti, M. (ed) *Advances in Forest Inventory for Sustainable Forest Management and Biodiversity Monitoring*, 395-404 pp. Kluwer Academic Publishers. Netherlands,
- Sasse, J. & Sands, R. 1997. Configuration and development of root systems of cutting and seedlings of *Eucalyptus globulus*. *New Forests*, **14**: 85-105.
- Thompson, J. R. & Schultz, R. C. 1995. Root system morphology of *Quercus rubra* L. planting stock and 3-year field performance in Iowa. *New Forests*, **9**: 225-236.

Estudo para a validação da técnica dos n-alcanos para estimativa da ingestão e da digestibilidade em porcos Alentejanos

Study for the validation of the n-alkane technique to estimate feed intake and digestibility in Alentejano pigs

T. Ribeiro¹, M. I. Ferraz-de-Oliveira², C. Mendes³ & M. C. d'Abreu³

RESUMO

Os n-alcanos presentes na cutícula das plantas têm sido utilizados com sucesso como marcadores fecais para a estimar a ingestão e a digestibilidade dos alimentos em ruminantes. Em porcos, existem poucos trabalhos publicados referentes à utilização da técnica dos n-alcanos, particularmente em suínos de raça Alentejana.

Este trabalho teve como objectivo a validação da técnica dos n-alcanos para a estimativa da ingestão e digestibilidade dos alimentos em porcos de raça Alentejana. Para tal, realizou-se um ensaio em caixas metabólicas, numa sala de ambiente controlado, com 8 porcos alentejanos, machos, com peso médio de cerca de 58 kg.

Foi fornecida uma dieta, composta por 3 kg de bolota e 400 g de erva, distribuída em duas refeições diárias. Os animais foram aleatoriamente distribuídos por 2 grupos de 4 animais cada. Aos animais do grupo 1 foi fornecido um bolinho por dia, contendo 100 mg de C₃₂ e 150 mg de C₃₆ e aos animais do grupo 2, 2 bolinhos por dia contendo 50 mg de C₃₂ e 75 mg de C₃₆.

Foram feitas recolhas de fezes para amostragem a partir do primeiro dia de administração dos n-alcanos, durante 10 dias, para determinação do perfil de excreção dos marcadores; recolhas de fezes *per rectum*, de 4 em 4 horas, durante 3 dias para determinar a variação diurna da concentração fecal dos n-alcanos, e recolhas das fezes totais, durante 5 dias, para determinar as recuperações dos n-alcanos.

A estabilização da excreção dos n-alcanos foi atingida no 5º dia após o primeiro dia de administração. Não se verificaram variações diurnas das concentrações fecais dos n-alcanos pares e ímpares, pelo que em condições semelhantes às do presente ensaio, as estimativas de ingestão e digestibilidade poderão ser baseadas em apenas uma colheita diária de amostra de fezes.

As recuperações fecais dos C₃₂ e C₃₆ foram de 106,8% e 110,0%, e as dos C₂₇, C₂₉ e C₃₁ de 75,1%, 133,9% e 91,5%, respectivamente. Dado o elevado erro padrão das médias (10,7), aquelas taxas de recuperação não foram significativamente ($P \geq 0,05$) diferentes.

¹ Rua do Sarra, nº1 esq. 2580-503 Carregado; ² Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Apartado 94, 7002-554 Évora; email: mifo@uevora.pt;

³ Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora

ABSTRACT

The plant epicuticular n-alkanes have been used with success as faecal markers for the estimation of intake and digestibility in ruminants, but few reports have been published with pigs, particularly, "Alentejano" pigs.

The aim of this experiment is to validate the n-alkanes technique for the estimation of diet intake and digestibility in pigs of the "Alentejano" breed. An experiment was carried out with eight male "Alentejano" pigs (average LW 58 kg), housed in metabolic cages, in a controlled environment room.

The animals were given a diet composed by 3kg of acorns and 400 g of grass per day, distributed into two meals (9:30 am and 5:30 pm). The animals were randomly distributed in two groups of four animals each. Animals in group 1 received one small cake per day containing 100 mg of C_{32} and 150 mg of C_{36} and in group 2 received two small cakes per day containing 50 mg of C_{32} and 75 mg of C_{36} .

Faecal samples were collected daily, for ten days, from the first day of alkanes administration, to determine the pattern of excretion of the markers. Also *per rectum* faecal samples were taken, every four hours, during three days, to determine daily variation of faecal n-alkanes concentration. Moreover, total faecal collection was carried out, for 5 days, to determine faecal n-alkane recoveries.

The faecal excretion of the artificial n-alkanes stabilized on the fifth day after the first dosing of the alkanes. No daily variation was observed in the faecal concentrations of even-chain and odd chain n-alkanes, therefore indicating that, in similar experimental conditions, intake and digestibility estimates can be based upon only one daily faecal sample collection.

The C_{32} and C_{36} recoveries were 107% and 110% respectively and those of C_{27} , the

C_{29} , the C_{31} were 75,1% 133,9% and 91,5% respectively. Given the high mean standard error (10,7) obtained, those recoveries were not significantly ($P>0,05$) different.

INTRODUÇÃO

Em Portugal, a produção de Porco Alentejano assenta num sistema tradicional de exploração – a Montanha – que funciona como um elemento de valorização do produto final.

A falta de informação relativamente à ingestão e digestibilidade dos alimentos em Montanha constitui uma lacuna importante para o conhecimento do sistema, dado não ter havido validação de metodologias para a sua medição nas condições prevalentes em Montanha. A técnica dos n-alcenos tem sido extensivamente utilizada em ruminantes (Oliván & Osoro, 1997), e em menor escala em porcos (Sehested *et al.*, 1999), para a estimativa da ingestão e digestibilidade dos alimentos.

Os n-alcenos são hidrocarbonetos constituintes das ceras epicuticulares das plantas, de tamanho de cadeia variável e específica para cada espécie vegetal. A técnica dos n-alcenos, permite potencialmente ultrapassar desvantagens inerentes a outras técnicas: permite estimar a ingestão e digestibilidade em sistemas extensivos, utilizar os mesmos marcadores para a estimativa da ingestão e da digestibilidade, reduzindo o trabalho laboratorial e analítico, e estimar individualmente a ingestão e a digestibilidade (Oliván, *et al.*, 1999). Apesar desta metodologia ter sido ensaiada em várias experiências em ruminantes, existem muito poucos resultados publicados em suínos e em particular em suínos de raça Alentejana, tornando este tema importante para o futuro da produção suína em extensivo em Portugal.

Com este ensaio pretendeu-se validar a

técnica dos n-alcanos para a estimativa, em porcos de raça Alentejana, da ingestão e da digestibilidade da erva e da bolota.

MATERIAL E MÉTODOS

Oito porcos alentejanos, com peso vivo médio de 58 kg, foram colocados em caixas metabólicas numa sala de ambiente controlado. Os animais foram alimentados com pastagem natural previamente colhida, trachada e congelada, e com bolota de azinho apanhada do chão entre os meses de Novembro e Dezembro, e igualmente congelada. Os alimentos foram descongelados 24 horas antes de serem distribuídos. O ensaio decorreu em 3 fases. Na primeira fase – período de pré-adaptação, 13 dias – os 8 animais, em conjunto, receberam 1 kg de alimento composto comercial e 0,5 kg de bolota por animal por dia. Seguiu-se um período de 15 dias de adaptação nas caixas metabólicas, em que foram oferecidas 2 refeições diárias (9:30 h e 17:30 h), sendo cada uma constituída por 200 g de erva e 1,5 kg de bolota. Nos últimos 3 dias deste período, procedeu-se à adaptação dos animais a bolinhos de 20 g, compostos por farinha de milho e melão de cana, na proporção de 190 g de farinha para 210 g de melão, fornecidos imediatamente antes da distribuição da refeição. Seguiu-se um período experimental de 10 dias em que os animais foram aleatoriamente distribuídos por dois grupos. O grupo 1 recebeu, antes da refeição da manhã, um bolinho por dia, contendo 100 mg de C_{32} e 150 mg de C_{36} . O grupo 2 recebeu 2 bolinhos por dia, contendo 50 mg de C_{32} e 75 mg de C_{36} por bolinho, fornecidos antes das refeições da manhã e da tarde. Os n-alcanos sintéticos foram incorporados nos bolinhos em substituição de igual quantidade de melão. Durante o período experimental foram colhidas dia-

riamente (9:30 h) amostras de fezes para determinação do nível de excreção dos n-alcanos. Nos últimos 5 dias do período experimental foi feita a colheita total de fezes e, num sub-período de 3 dias, colheitas de amostras de fezes de 4 em 4 horas para avaliação da variação da concentração dos n-alcanos ao longo de um período de 24 horas. Todas as amostras de fezes foram congeladas para posterior análise. Durante os últimos 5 dias do período experimental foram colhidas amostras da erva e da bolota distribuídas e pesados os refugos individuais. Amostras e refugos foram congelados até ulterior análise.

As amostras de fezes foram liofilizadas, e as de alimento e os refugos desidratados em estufa a 65 °C, e posteriormente moídos (crivo de 1 mm). Todas as amostras (fezes, alimento e refugos) foram sujeitas à extração e doseamento de n-alcanos por cromatografia gasosa (Dove & Mayes, 2003). Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (STATISTICA™ versão 6.0, Statsoft®) utilizando análise factorial em que os factores considerados foram os tratamentos (uma ou duas administrações por dia da mesma dose de n-alcanos), o factor dia após a primeira administração dos n-alcanos (dias 1 a 10) e a hora do dia (6, num intervalo de 24 horas). Para o tratamento dos resultados obtidos para as recuperações fecais, os factores considerados foram o tratamento e o comprimento da cadeia dos n-alcanos em estudo. Quando não se observou qualquer efeito do factor tratamento ou da interacção de dois factores, foi feita uma análise de variância a um só factor. A comparação de médias foi feita utilizando o teste LSD (Least significant difference).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do período de adaptação

foi eliminado um animal do grupo 1, por doença. Nos resultados obtidos em relação às concentrações fecais dos n-alcenos administrados ao grupo 2 não foi considerado um animal porque sistematicamente não ingeriu o bolinho com n-alcenos.

Alimentos

As concentrações de n-alcenos (mg kg^{-1} MS) na bolota e na erva distribuídas aos animais encontram-se no Quadro 1. As concentrações foram determinadas na casca, no miolo e na bolota inteira, dado os animais ingerirem essencialmente o miolo, deixando a casca como refugo.

Os n-alcenos ímpares existem em maior concentração do que os n-alcenos pares, tanto na erva como na bolota inteira, o que concorda com observações de outros autores (Tejeda *et al.*, 2001; Trigo, 2002). A concentração de n-alcenos na bolota é inferior à na erva, como já tinha sido demonstrado por Tejeda *et al.* (2001) e por Trigo (2002). Na bolota as concentrações mais elevadas de n-alcenos encontram-se na casca, o que não constitui surpresa, devido à presença de uma camada cerosa na superfície da sua casca. Os n-alcenos existentes em maior concentração na erva utilizada neste ensaio são o C_{29} e C_{31} e na bolota o C_{27} e o C_{29} . O C_{29} é o n-alceno presente em maior concentração tanto na casca como na bolota inteira. A concentração de n-alcenos na dieta oferecida é baixa devido à preponderância da bolota na mesma.

Variação da Concentração Fecal dos n-alcenos

Não se tendo observado efeito significativo ($P>0,05$) da frequência de administração diária (uma ou duas doses diárias) dos n-alcenos artificiais (C_{32} e C_{36}), na sua concentração fecal, utilizaram-se os dados dos 7 animais como um grupo apenas. As concentrações de C_{32} e C_{36} nas fezes ao longo de 10 dias estão ilustradas na Figura 1.

A partir do quinto dia de ensaio (Figura 1) foi atingido um nível de excreção fecal estável de C_{32} e C_{36} . O estado de equilíbrio foi atingido 2 dias mais cedo que o observado por Sehested *et al.* (1999), e 2 dias mais tarde que o registado por Trigo (2002). No entanto, no primeiro caso o nível de ingestão foi mais elevado, e no segundo mais baixo que o praticado no presente ensaio. O equilíbrio de excreção fecal pode estar associado, entre outros factores, ao nível de ingestão dos animais e também ao tipo de alimento fornecido, que foi diferente nas 3 situações aqui referidas.

Variação da concentração fecal dos n-alcenos ao longo do dia

As concentrações do C_{32} e C_{36} nas amostras de fezes recolhidas de 4 em 4 horas, não variaram ($P>0,05$), assim como as concentrações dos n-alcenos naturais C_{25} , C_{27} , C_{29} , C_{31} e C_{33} (Quadro 2). Este facto sugere que os n-alcenos administrados têm um comportamento cinético

QUADRO 1 – Concentração média dos n-alcenos constituintes da erva e bolota (mg kg^{-1} MS)

Alimentos	Concentração de n-Alcanos (mg/kgMS)									
	C ₂₅	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₅	C ₃₆
Bolota Inteira	9,5	31,9	9,4	47,1	3,7	4,4	2,0	1,0	0,8	1,5
Casca Bolota	12,8	62,0	17,8	155,1	4,1	5,2	1,3	0,8	0,7	0,7
Miolo Bolota	5,4	5,5	4,5	4,7	3,1	1,9	1,2	0,7	0,2	0,6
<i>Erva</i>	15,5	37,8	9,9	176,7	13,0	231,1	9,3	39,6	1,8	7,6

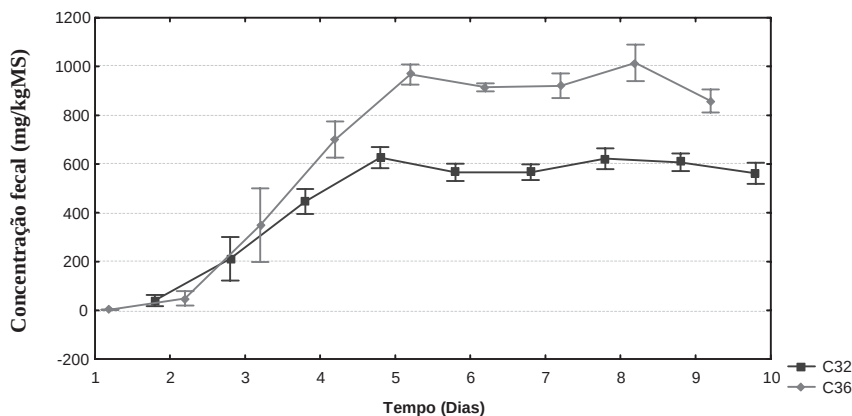


Figura 1 – Concentração Fecal de C_{32} e C_{36} durante 10 dias após o primeiro doseamento de alcanos (média $\pm$ EPM)

semelhante ao dos n-alcanos naturais da dieta, o que constitui uma condição fundamental para a obtenção de estimativas correctas da ingestão.

Estes resultados concordam com os de Ferraz de Oliveira *et al.* (2005), indicando que as estimativas de ingestão e de digestibilidade podem ser baseadas em apenas uma amostra de fezes colhida a qualquer hora do dia, em oposição à colheita total de fezes. No entanto, Sehested *et al.* (1999) num ensaio com porcas adultas, observaram alguma variação (não especificamente quantificada) ao longo do dia de todos os alcanos (pares e ímpares).

Recuperação fecal dos n-alcanos

As recuperações fecais dos n-alcanos foram calculadas com base nas quantidades ingeridas através do miolo da bolota e da erva e nas quantidades excretadas nas fezes. Através da análise dos refugos, verificou-se que alguns animais não ingeriram erva e que os restantes a ingeriram em baixa quantidade e que o miolo da bolota foi todo ingerido, encontrando-se nos refugos apenas a casca. Os valores das recuperações fecais do C_{32} e do C_{36} e dos n-alcanos naturais ímpares são apresentados no Quadro 3. Não se observou qualquer relação entre o tamanho da cadeia

QUADRO 2 – Concentração fecal média dos n-alcanos (mg kg^{-1} MS), a várias horas do dia (média de 3 dias)

n-alcanos nas fezes	Hora						n	EPM	P
	9:30	13:30	17:30	21:30	1:30	5:30			
C_{25}	9,3	9,8	10,6	10,7	10,2	11,1	7	0,47	0,112
C_{27}	42,2	42,0	43,3	43,3	42,1	44,8	7	2,12	0,937
C_{29}	91,8	94,4	83,5	83,5	86,1	96,3	7	4,54	0,284
C_{31}	22,5	22,6	22,8	22,8	20,8	23,1	7	2,22	0,984
C_{32}	639,4	577,5	629,7	629,7	648,6	636,6	6	36,34	0,694
C_{33}	5,1	5,1	5,2	5,2	5,1	5,2	7	0,41	0,996
C_{36}	974,8	906,5	969,1	969,1	1104,0	1035,2	6	50,79	0,066

QUADRO 3 – Percentagens médias de recuperação fecal dos n-alcenos de cadeia ímpar e de cadeia par

n-Alcano	C ₂₅	C ₂₇	C ₂₉	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₆	EPM
Recup. Fecal (%)	13,10 ^a	75,06 ^{be}	133,91 ^c	91,45 ^{bd}	106,77 ^{bc}	56,81 ^e	109,95 ^{cd}	10,7

a-e Médias com letras diferentes correspondem a diferenças estatisticamente significativas ($P \leq 0,05$)

carbonada e as taxas de recuperação, ao contrário do observado por vários autores em estudos com ruminantes (Dove & Mayes, 1991). Wilson *et al.*, (1999) e Sehested *et al.*, (1999) também não observaram, em suínos, qualquer relação entre as recuperações fecais dos n-alcenos e o tamanho das suas cadeias carbonadas; pelo contrário, Ferraz de Oliveira *et al.* (2005) observaram, para os n-alcenos naturais ímpares, uma relação directa entre o tamanho da cadeia carbonada e os valores de recuperação fecal. As recuperações foram semelhantes ($P > 0,05$) para os n-alcenos C₂₇, C₃₁ e C₃₂, para os C₂₉, C₃₂ e C₃₆ e para os C₃₁, C₃₂ e C₃₆, embora com um erro padrão da média elevado (Quadro 3), o que se deveu à elevada variação observada entre animais. Os n-alcenos acima referidos apresentaram recuperações relativamente elevadas e não estatisticamente diferentes (dado o elevado erro padrão das médias), sugerindo a viabilidade da sua utilização como marcadores para estimar a ingestão e a digestibilidade da erva e da bolota (Mayes *et al.*, 1988) tanto mais que as recuperações dos n-alcenos sintéticos e naturais não foram significativamente diferentes.

CONCLUSÕES

A frequência de administração (1 ou 2 vezes por dia) não afectou as concentrações fecais dos n-alcenos administrados, sugerindo a possibilidade de administração de apenas uma dose por dia daqueles marcadores aos animais explorados em

campo, facilitando todos os processos de manejo inerentes.

A excreção dos n-alcenos sintéticos (C₃₂ e C₃₆), estabilizou cinco dias após a primeira administração. Sugere-se assim que a amostragem de fezes para estimativas de ingestão e digestibilidade seja feita a partir do quinto dia após o início da administração daqueles marcadores. A baixa variação ($P > 0,05$), ao longo de 24 horas, nas concentrações fecais dos n-alcenos administrados sugere que as estimativas de ingestão e digestibilidade pela técnica dos n-alcenos, podem ser baseadas apenas numa colheita de fezes isolada. De acordo com as recuperações fecais observadas neste ensaio, os pares de n-alcenos que melhor permitirão estimar a ingestão e a digestibilidade da dieta são os C₃₁/C₃₂, C₂₉/C₃₆ e C₂₉/C₃₂ visto que os n-alcenos que os constituem têm recuperações fecais elevadas e próximas entre si.

Atendendo a que a bolota tem muito baixas concentrações de n-alcenos, e que esta pode constituir a maior parte da dieta ingerida pelo porco Alentejano em montanha importa aprofundar este tipo de estudos, nomeadamente ao nível da identificação de outros tipos de marcadores que nela possam estar mais representados.

AGRADECIMENTOS

A autora M. I. Ferraz de Oliveira agradece a bolsa de Pós doutoramento (SFRH/BPD/5646/2001) concedida pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dove, H. & Mayes, R.W. 1991 The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, **42**: 913-952
- Dove, H. & Mayes, R.W. 2003. *Satellite meeting: wild and domestic herbivore diet characterization of the 6th International Symposium on Nutrition of Herbivores*, pp. 1-88 Mérida, Yucatán, México.
- Ferraz de Oliveira, M. I., Trigo, A. P., Neves, J. A. & Cancela d'Abreu, M. 2005 Validation of the n-alkane technique to measure intake and digestibility in Alentejano pigs under "Montanha". In: Sandoval-Castro, C. A., Hovell, D., Acosta, F. T. & Ayala-Burgos, A. (eds), *Herbivores, The assesment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. Nottingham University Press, UK.
- Mayes, R. W., Lamb, C. S. & Colgrove, P. M. 1988 Digestion and metabolism of dosed even-chain and herbage odd-chain n-alkanes in sheep. *Proceedings of XIIth General Meeting of the European Grassland Federation*, pp. 159-163.
- Oliván, M. & Osoro, K. 1997. Utilización da la técnica de los n-alcanos en estudios de ingestión y selección de dieta de los rumiantes en pastoreo: revisión. *Itea*, **93A**: 193-208.
- Oliván, M., Dove, H., Mayes, R. W. & Hoebee, S. E. 1999. Other plant wax components to estimate intake and diet composition in herbivores. *Revista Portuguesa de Zootecnia*, **6**: 1-26.
- Sehested, J., Breinhild, K., Soegan, K., Vognsen, L., Hansen, H., Fernandez, J., Danielsen, V. & Kristensen, V. 1999. Use of n-alkanes to estimate grass intake and digestibility in sows. In: H. Dove & S. W. Coleman (eds) *Emerging techniques for studying the Nutritional Status of free-ranging herbivores*. Satellite Meeting of the Vth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, San Antonio, Texas. (CD-ROM)
- Tejeda, J. F., Garcia, C., Petró, M. J., Andrés, A. I. & Antequera, T. 2001 n-Alkane content of intramuscular lipids of Iberian fresh ham from different feeding systems and crossbreeding. *Meat Science*, **57**: 371-377.
- Trigo, A. 2002 *Validação da técnica dos n-alcanos para a estimativa da ingestão e digestibilidade de bolota e erva em porcos alentejanos*. Tese de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa.
- Wilson, H., Sinclair, A. G., Hovell, D., Mayes, R. W. & Edwards, S.A. 1999 Validation of the n-alkane technique for measuring herbage intake in sows. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, pp.177. UK.

PRODUTOS ALIMENTARES MEDITERRÂNICOS: DA TRADIÇÃO À INOVAÇÃO

Avaliação da qualidade da ameixa ‘Rainha Cláudia verde’. Métodos instrumentais vs avaliação sensorial

Quality of ‘Rainha Cláudia verde’ plums. Instrumental methods and sensorial evaluation.

A.O. Ferreira¹, A.C. Agulheiro-Santos¹, M.J. Bernalte-García² & G. Ribeiro³

RESUMO

Rainha Cláudia verde' (*Prunus domestica* L. ssp *Domestica*) é uma variedade de ameixa conhecida como um produto regional típico do Alentejo, com interesse económico e social importante para a região e protegido com a Denominação de Origem “Ameixa de Elvas” reconhecida pelo decreto nº 49/94 20/01.

Com este estudo pretendeu-se identificar quais os atributos sensoriais, que mais influenciam a Avaliação global das ameixas desta variedade e analisar a relação entre dados instrumentais e sensoriais.

Para caracterizar a qualidade sob o ponto de vista instrumental foram analisados parâmetros físicos (perda de peso e cor da epiderme), reológicos (Firmeza da pele e da polpa) e químicos (concentração de sólidos solúveis totais e acidez). A qualidade sensorial foi estudada recorrendo-se a análise sensorial descritiva, para atributos visuais (Aspecto exterior, Cor da pele e Cor da polpa), de sabor e odor (Doce, Ácido e Sabores/aromas característicos da ameixa), texturais (Firmeza e Suculência) e a Avaliação global.

Os atributos que mais contribuíram para a Avaliação global da qualidade destes frutos foram por ordem decrescente de importância: a Suculência, o Doce, os Sabores/aromas característicos da ameixa, a acidez e a Firmeza.

No estudo das correlações entre parâmetros instrumentais e sensoriais foram encontrados correlações significativas entre o atributo Suculência e o parâmetro instrumental Firmeza da polpa ($r = 0,72$) e entre o atributo Firmeza e o parâmetro instrumental Firmeza da pele ($r = 0,71$).

A medição da Firmeza de forma instrumental parece reflectir com bastante fiabilidade a avaliação da Textura e Suculência dos frutos por parte do painel de provadores, o que pode ter grande interesse para a avaliação da qualidade de forma expedita.

ABSTRACT

'Rainha Cláudia verde' (*Prunus domestica* L. ssp *Domestica*) is a regional commodity from Alentejo known with a Protected Origin Denomination of “Ameixa de Elvas” decree nº 49/94 20/01.

¹ Laboratório de Tecnologia e Pós-colheita, Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, 7000 Évora, ferreiraao@sapo.pt; ² Universidad Extremadura, Escuela Ing. Agrarias, Badajoz, Espanha; ³ Escola Superior Agrária de Elvas, Elvas

The aim of this work is to identify the most important attributes determinant for the global evaluation of these fruits and to study the relation among instrumental and sensorial evaluation.

In order to carried out an instrumental assessment the following quality parameters were evaluated: weight loss, external colour ($L^* a^* b^*$), visual assessment of the epidermis, epidermis puncture test, mesocarp penetration test, soluble solids content (SSC), titratable acidity and pH. Sensorial evaluation considered visual attributes (Outer aspect, Skin colour, Pulp colour), “flavour” (Sweetness, Acidity, Typical flavour), texture (Firmness and Juiciness) and Global evaluation.

The most important attributes for final classification were by decreased order: Juiciness, Sweetness, Typical flavour, Acidity and Firmness.

Correlation between instrumental and sensorial parameters were significant for Juiciness and Pulp firmness ($r = 0,72$) and Sensorial firmness and Skin firmness ($r = 0,71$).

Instrumental firmness reflects textural and juiciness sensorial characteristics of these fruits, fact that could be very useful to preview the quality of plums ‘Rainha Cláudia verde’.

INTRODUÇÃO

Segundo Kader *et al.* (2001), a qualidade dos frutos e vegetais é uma combinação de atributos que determinam o seu valor como alimento humano. Estes factores de qualidade incluem a aparência visual (frescura, cor, defeitos, doenças), textura (Firmeza, Suculência, integridade dos tecidos), gosto (sabor, cheiro), valor nutritivo (teor em vitaminas, minerais e fibras) e segurança (ausência de resíduos químicos e contami-

nação microbiana). As medidas instrumentais reduzem as variações introduzidas pela análise sensorial e possuem uma linguagem comum entre os demais interlocutores. Essencialmente, relaciona-se a aparência com as propriedades ópticas, a textura com as propriedades mecânicas e o “flavour” (sabor e aroma) com as propriedades químicas (Abbott, 1999).

Os parâmetros mais utilizados para caracterizar a qualidade da ameixa são: a cor, os sólidos solúveis totais (SST), a Firmeza da polpa, a resistência da epiderme e a perda de peso que é um indicador da perda de água (Audubert e Chambonniere, 1995).

Os mesmos autores demonstraram que relativamente à variedade “Rainha Cláudia INFEL®” que o parâmetro de cor mais representativo da cor de fundo é a coordenada cromática a^* e que se distinguem quatro classes ao longo da maturação que evoluem do verde para o amarelo: 1) verdes com $a^* \leq -14$; 2) predominantemente verdes com $-14 < a^* \leq -11$; 3) predominantemente amarelas com $-11 < a^* \leq -8$ e 4) amarelas com $a^* > -8$. Agulheiro-Santos e Ribeiro (1998) propõem a utilização deste parâmetro (a^*) para classificar distintos estados de maturação em ameixa Rainha Cláudia Verde, visto tratar-se de uma avaliação de carácter não destrutivo.

Para controlar a qualidade e o valor nutricional da maioria dos alimentos é importante conhecer o seu conteúdo em açúcares. O índice de refração é proporcional à concentração, em percentagem, dos sólidos diluídos em soluções aquosas (Kader, 2002). Este índice está estritamente ligado ao estado de maturação do fruto e em especial à sua qualidade (Herrero e Guardia, 1992). No entanto sabe-se que a comestibilidade da fruta na generalidade dos casos está melhor relacionada com o rácio sólidos solúveis totais/acidez, do que unicamente com a taxa de açúcares ou de ácidos. A acidez titulavel

total, determina-se por titulação de um volume específico de sumo com 0,1 M NaOH até um pH de 8,1 e calcula-se a acidez expressa em ácido predominante, cítrico, málico ou tartárico (Kader, 2002).

A textura dos alimentos é fundamentalmente uma propriedade sensorial que pode se quantificada sem a reduzirmos à sua componente mecânica, o que é dizer, se utilizarmos metodologias simples para medir a resistência que um determinado alimento oferece à deformação provocada pela acção de uma força (Stampanoni e Noble, 1991). Segundo Bourne (1980), a textura de um alimento diz respeito a um grupo de características físicas relacionadas com a estrutura do alimento, que são avaliadas pelo tacto e relacionadas com a deformação, desintegração e fluidez do alimento quando se submete a uma força. Este grupo de características pode ser medido objectivamente através de funções de massa, tempo e distância. A possibilidade de medir as propriedades qualitativas permite supervisionar, normalizar e tipificar a qualidade dos produtos, de modo a conduzir a uma maior valorização económica dos produtos (Ruiz-Altisent e Ubierna, 1996).

Segundo a “Norma Portuguesa 4263” (1994), pode-se definir Análise Sensorial ou Exame Organoléptico como o “exame das características organolépticas de um produto pelos órgãos dos sentidos”, sendo aí, organoléptica definida como a característica que “qualifica uma propriedade de um produto perceptível pelos órgãos dos sentidos”. Os testes sensoriais descritivos encontram-se entre as ferramentas mais sofisticadas utilizadas para a análise sensorial, e envolvem a detecção e discriminação de componentes sensoriais qualitativas e quantitativas de um produto de consumo, por um painel de provadores treinado. A grande vantagem da análise descritiva é o facto de permitir relacionar a descrição sensorial e instrumental e

assim determinar instrumentos de medição para avaliar as preferências dos consumidores. O conhecimento da “composição desejada” permite otimizar um produto e validar modelos entre a análise sensorial descritiva e as medições instrumentais, o que é cada vez mais utilizado na indústria alimentar (Murray *et al.*, 2001).

Crisosto e Crisosto (2004) realizaram testes de aceitação por parte dos consumidores “In-store”, com parte de um programa de quatro passos para desenvolver um índice de qualidade mínima, de forma a determinar a relação entre a concentração de sólidos solúveis totais (SST) à colheita e/ou acidez titulavel (AT) à colheita, e a aceitação do consumidor ao pêssego “Elegant Lady”, nectarina “Spring Bright” e ameixa “Blackamber”. Para estas cultivares de pêssegos e nectarinas, a aceitação por parte dos consumidores estava significativamente ligada à concentração de SST à colheita. Para “Blackamber”, a aceitação dos consumidores estava significativamente ligada com a concentração de SST e à AT à colheita. Os resultados dos testes aos consumidores “In-store” e os estudos prévios demonstraram que as concentrações de SST e AT podiam ser excedidos por estas cultivares se forem usadas boas práticas de produção.

Este estudo tem como principal objectivo identificar quais os atributos sensoriais, que mais influenciam a Avaliação global das ameixas ‘Rainha Cláudia verde’ e analisar a relação entre dados instrumentais e sensoriais.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Os frutos provêm de pomares comerciais instalados no início da década de 90 em Vila Viçosa e no Cano, sobre porta-enxerto

medianamente vigoroso, com bom crescimento e renovação da copa, que induzisse uma rápida entrada em frutificação e com boa adaptação às condições edafoclimáticas da região. Os pomares estão estabelecidos em ambos os casos com um compasso 6x4 m com ameixeiras provenientes do clone 11, porta enxerto GF81.

Para todas as experiências realizadas neste projecto houve o cuidado de escolher frutos em ambos os pomares, que se encontrassem no estado de maturação comercial (17-18 °Brix), para simular uma colheita comercial. Para se verificar o acerto da selecção no campo foi medido o teor de Sólidos Solúveis Totais com um refractómetro digital. Colheram-se frutos com características exteriores semelhantes, baseando-nos na percepção do tacto, pruína e coloração. A recolha das amostras foi sempre aleatória no que respeita à localização na plantação e na árvore.

Durante a colheita as ameixas eram acondicionadas em caixas e rapidamente transportadas para o laboratório a uma temperatura aproximada de 20 °C. Os frutos eram aí seleccionados tendo em conta os diversos critérios de qualidade externa: frutos intactos, limpos, sem defeitos, com calibre superior a 30 mm de diâmetro e mantendo o pedúnculo e a pruína.

Metodologia utilizada na análise instrumental

Todos os frutos seleccionados, 890 provenientes de Vila Viçosa e 550 provenientes do Cano, foram pesados e numerados individualmente no dia das respectivas colheitas, 15-07-04 e 02-08-04, para Vila Viçosa e Cano respectivamente.

Para todas as experiências, foram efectuadas análises físicas, mecânicas, químicas e sensoriais ao longo da conservação.

Perda de peso

Todos os frutos seleccionados e numerados foram pesados individualmente no dia das respectivas colheitas, utilizando uma balança de precisão de 0,001 PR 1502- Mettler Toledo, anotando-se os valores de peso correspondentes a cada fruto em grama. Posteriormente, e em cada dia de análises pesaram-se novamente 10 frutos por cada modalidade de conservação.

Cor da epiderme

A determinação dos parâmetros de cor foi efectuada com um colorímetro Minolta CR-300 acoplado a um processador de dados. Determinaram-se as coordenadas cromáticas de cada fruto, utilizando o sistema L* (Luminosidade) a* (-Verde; +Vermelho), b* (-Azul; +Amarelo), que também é referido como o sistema CIELab.

O aparelho era sempre calibrado antes de cada análise, usando-se o padrão (branco), programando o aparelho para utilizar como iluminante o D65. Efectuaram-se em cada fruto duas medições em locais diametralmente opostos. O aparelho estava preparado para efectuar em cada medição a média de três disparos por ele efectuados automaticamente.

Testes Reológicos

Para a realização destes testes foi utilizado um texturómetro TA_Hdi. As definições utilizadas nestes testes ("Settings") foram os seguintes: velocidade do teste ("Test speed") 1,00 mm/s e deformação ("Distance") 7,00 mm.

Efectuou-se punção da epiderme e penetração da polpa, com uma sonda cilíndrica de 2 mm de diâmetro e de base plana. Em qualquer uma das medições fizeram-se duas repetições, na zona equatorial e em locais

diametralmente opostos de cada fruto. A partir dos gráficos obtidos determinaram-se valores de Força Máxima (N) – FMÁX., de Deformação (mm), DEF: que é a distância de penetração/punção até ao pico de FMÁX., e determinou-se o valor para o Gradiente Força/Deformação (N/mm)–GRAD.

Testes químicos

Estas análises realizaram-se a partir de soluções obtidas com a trituração da polpa e da epiderme dos frutos, obtendo-se por cada dia de análise e para cada modalidade de conservação duas soluções que provêm da trituração de 5 frutos, ou seja, duas soluções por cada 10 frutos. Cada solução obtida era submetida à filtragem através de um tecido de malha fina para se obterem soluções homogeneizadas.

Sólidos Solúveis Totais

O conteúdo de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado utilizando um refractômetro Atago PR-101, depois de calibrado com água destilada. Efectuaram-se as determinações em duplicado para cada solução homogeneizada, obtendo-se assim 4 resultados por dia de análises e por modalidade de conservação.

pH e Acidez titulável

O pH foi determinado a partir de uma solução de 6g de homogeneizado em 50 ml de água destilada, utilizando um potenciômetro previamente calibrado com as soluções padrão de pH 7 e 4 respectivamente.

Para a medição da acidez foi utilizado um titulador automático Crison Compact titrador- versão S; Sonda Crison e respectivas soluções de calibração. Foi determinada a partir da dissolução anteriormente referida,

segundo-se a norma ISO 750-1981, ao qual foram adicionadas quantidades de hidróxido de sódio a 0,1M até atingir um valor de pH = 8,27. Obtendo-se assim 2 valores de pH e 2 valores ml de hidróxido de sódio gastos por dia de análises e por modalidade de conservação.

Dos resultados obtidos com o potenciômetro, anotaram-se os valores de pH e efectuou-se o cálculo da % de ácido málico existente através da seguinte equação:

%Ác. Málico = ((ml de hidróxido de sódio gastos * 0,1 * 0,067)/6g amostra)*100

Metodologia utilizada na análise sensorial

Os resultados das análises físicas, mecânicas e químicas foram correlacionados com os resultados obtidos com a análise sensorial, recorrendo-se a um painel semi-treinado com um número limitado de membros (neste caso 10).

Foram utilizados testes analíticos e descritivos e dentro dos testes descritivos optou-se por provas escalares. A escala utilizada foi a escala múltipla. Para cada tipo de amostra foram utilizados códigos com três letras, de tal modo que fosse possível identificar a ficha com a amostra a que correspondiam sem o dar a conhecer ao painel de provadores.

Metodologia utilizada na análise estatística

Para verificar o modo como os diferentes atributos sensoriais foram atribuídos e a sua coerência ou veracidade, fizeram-se correlações, recorrendo ao programa Statistica.5, primeiro entre os atributos (Aspecto exterior, Cor da pele, Cor da polpa, Doce, Ácido, a fruta (ameixa), Firmeza e Suculência) com o atributo Avaliação global. Foram ainda feitas correlações entre os dados sensoriais e os dados instrumentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Painel de provadores

Com o objectivo de analisar o painel de provadores e tirar algumas ilações sobre a contribuição de cada atributo na Avaliação global dos frutos, efectuaram-se correlações utilizando os valores médios de todos os dados obtidos com a análise sensorial e instrumental. Considerou-se que valores de $r \geq 0,7$, correspondem a correlações altamente relacionadas.

QUADRO 1- Correlações entre a avaliação global e os atributos estudados

Y \ X	X= Avaliação global				
	r (X/Y)	r ²	p	N	
Aspecto exterior	0,34	0,12	0,064	30	
Cor da pele	-0,48	0,23	0,007	30	
Cor da polpa	-0,57	0,33	0,001	30	
Doce	0,91	0,82	0,000	30	
Ácido	-0,83	0,68	0,000	30	
Sabores/aromas	0,89	0,80	0,000	30	
Firmeza	-0,62	0,38	0,000	30	
Suculência	0,92	0,85	0,000	30	

Pela análise do Quadro 1, verifica-se que existiram correlações significativas ($p \leq 0,05$) para todos os atributos com excepção para o Aspecto exterior. A Avaliação global, esteve mais correlacionada, e por ordem decrescente de importância com: a Suculência, o Doce, o sabor/aroma, o Ácido, a Firmeza, a Cor da polpa, a Cor da pele e por último o Aspecto exterior. As correlações entre a Avaliação global e os diferentes atributos só se apresentam altamente relacionadas ($r \geq 0,7$) relativamente à Suculência, ao Doce, ao Sabor/aroma e ao Ácido. A Firmeza, apresenta uma correlação média alta ($r = -0,62$).

Suculência versus Avaliação global

Para o atributo Suculência existiu alto valor de correlação com a Avaliação global ($r = 0,92$), com valores altamente significativos ($p \leq 0,001$). Verifica-se ainda uma relação directa entre o atributo Suculência e a Avaliação global atribuída, sendo que quanto mais suculentas as ameixas se apresentavam, melhor era a Avaliação global obtida pelas mesmas. As ameixas consideradas excelentes, são também muito suculentas (Figura 1).

Doce versus Avaliação global

Para o atributo Doce, existiu alto valor de correlação com a Avaliação global ($r = 0,91$), com valores altamente significativos ($p \leq 0,001$). A Avaliação global esteve então directamente relacionada com o Doce, verificando-se que quanto maior era a percepção do Doce nas ameixas melhor era a classificação da Avaliação global, tendo sido consideradas excelentes as ameixas consideradas muito doces (Figura 2).

Sabores/Aromas característicos da ameixa versus Avaliação global

Para o atributo Sabores/Aromas Característicos da Ameixa existiu alto valor de correlação com a Avaliação global ($r = 0,89$), com valores altamente significativos ($p \leq 0,001$). A Avaliação global esteve então directamente relacionada com este atributo, e verificou-se que quanto mais intensos eram os sabores/aromas das ameixas, melhor era a Avaliação global atribuída, tendo sido consideradas excelentes as ameixas com Sabores/Aromas muito intensos (Figura 3).

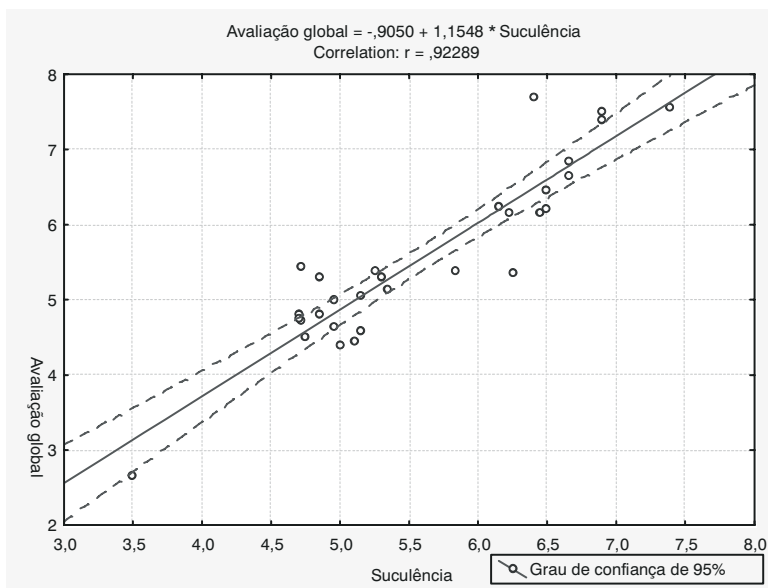


Figura 1 - Correlação entre a Avaliação global e atributo Suculência

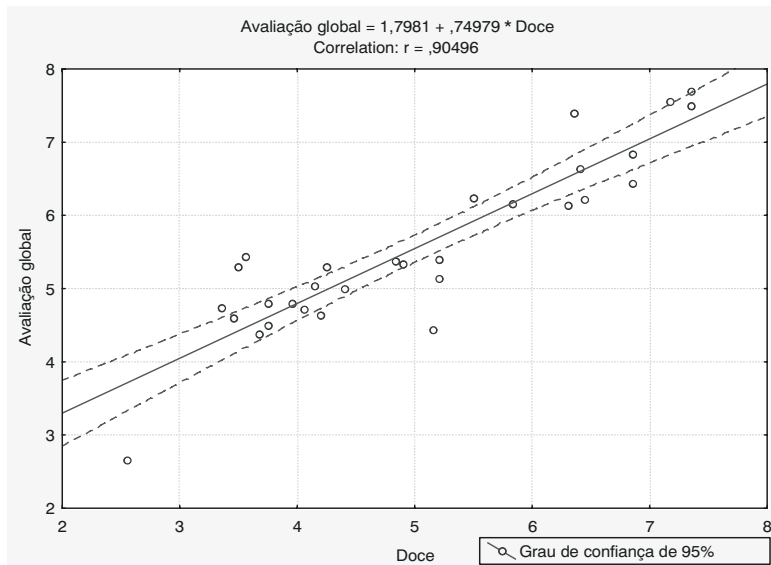


Figura 2 - Correlação entre a Avaliação global e o atributo Doce

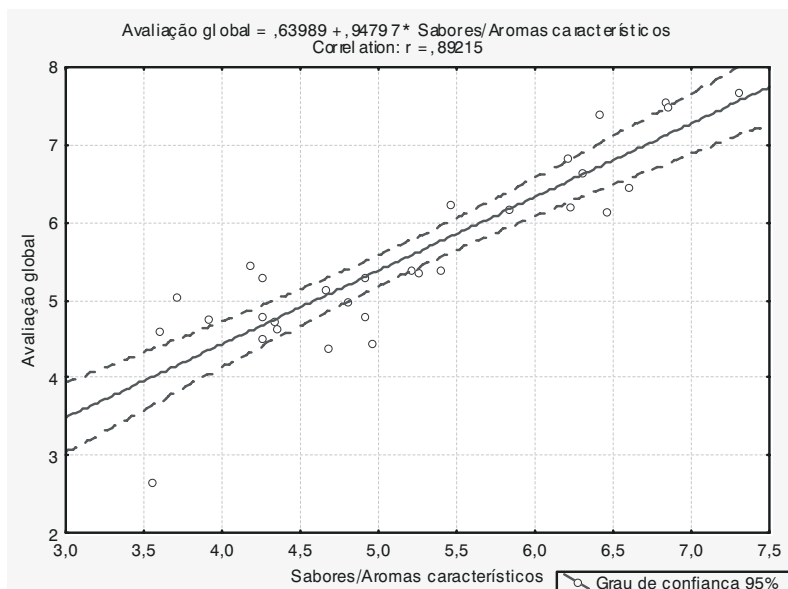


Figura 3 - Correlação entre a Avaliação global e o atributo Sabores/Aromas característicos da ameixa

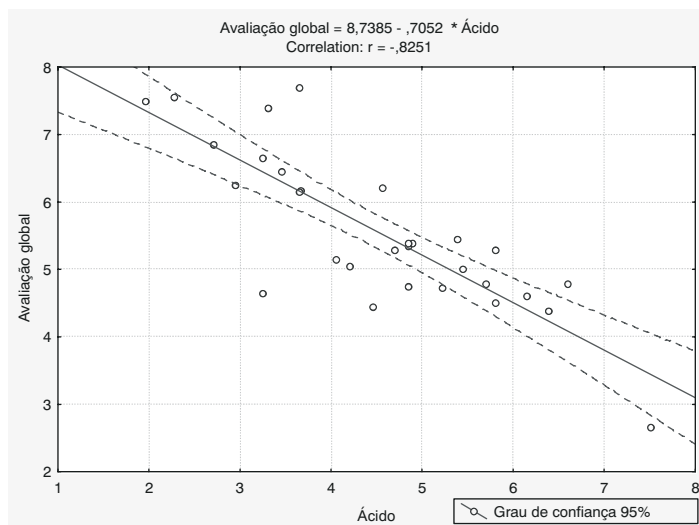


Figura 4 - Correlação entre a Avaliação global e o atributo Ácido.

Acido versus Avaliação global

Para o atributo Ácido, existiu alto valor de correlação com a Avaliação global

($r = -0,83$), com valores altamente significativos ($p \leq 0,001$). As ameixas pouco ácidas obtinham melhores classificações na Ava-

liação global, tendo sido consideradas excelentes as ameixas pouco ácidas (Figura 4).

Firmeza versus Avaliação global

Para o atributo Firmeza existiu uma correlação mediamente elevada com a Avaliação global ($r = -0,62$) com valores altamente significativos ($p \leq 0,001$). Verificou-se que a correlação é inversa, embora não se possa afirmar que ameixas muito moles tenham valores de Avaliação global superiores, mas sim que esta encontrou os melhores valores ($\geq 7,5$) entre aproximadamente 4/4,5 e 5,5/6 para valores de Firmeza. Assim as ameixas consideradas excelentes, obtiveram valores de Firmeza, considerados nem muito moles, nem muito duros (Figura 5).

Correlações entre atributos sensoriais e parâmetros instrumentais

Pela análise da Quadro 2, verifica-se que existiram correlações significativas para

todas as correlações estudadas, com exceção da correlação entre o Doce e os SST e entre o Doce e o rácio SST / Acidez. Correlações altamente relacionadas ($r \geq 0,7$), entre atributos sensoriais e parâmetros instrumentais, só se verificaram para a correlação, Suculência / F.Máx. de penetração da polpa e para a Firmeza/ F. Máx de penetração da pele.

Suculência versus Firmeza da polpa

A correlação entre o atributo sensorial Suculência e os resultados da análise reológica, Firmeza da polpa (força máxima de penetração da polpa), apresentaram-se altamente correlacionados ($r = 0,72$). A Suculência, poderá então ser predita futuramente em função do parâmetro instrumental Força máxima de penetração da pele, pela seguinte formula:

$$\text{Suculência} = 6,5213 - 0,8434 * \text{F.Máx de penetração da polpa (N)}$$

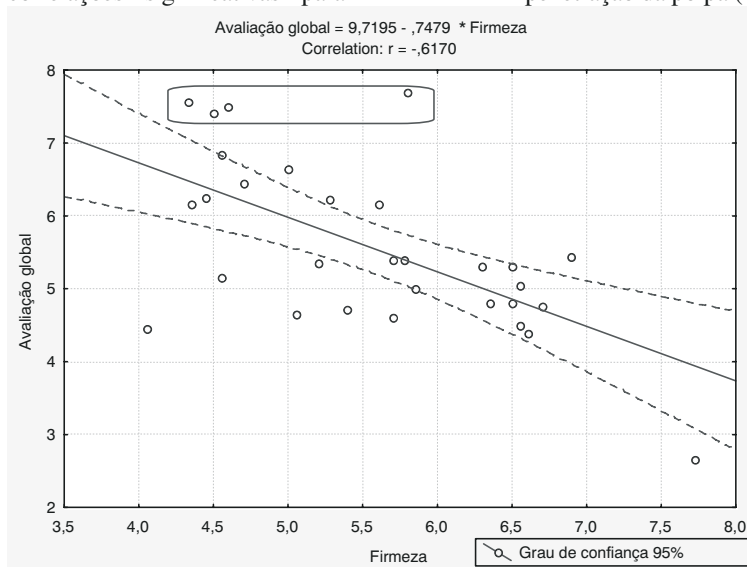


Figura 5 - Correlação entre a Avaliação global e o atributo Firmeza

QUADRO 2 - Correlações entre atributos sensoriais e parâmetros instrumentais relacionados

Correlação (Sensorial/Instrumental)	r	r ²	p	N	Variação
Suculência / Perda de peso	0,53	0,28	0,002	30	(3,5 a 7,4) / (0,38 a 8,97 %)
Suculência / Firmeza (polpa)	-0,72	0,51	0,000	30	(3,5 a 7,4) / (0,36 a 3,01 N)
Suculência / Gradiente (polpa)	-0,68	0,46	0,000	30	(3,5 a 7,4) / (0,10 a 0,67 N/mm)
Doce / SST	0,22	0,05	0,250	30	(2,6 a 7,4) / (17,02 a 26,48 °Brix)
Doce / (SST / % ácido málico)	0,43	0,19	0,170	30	(2,6 a 7,4) / (17,18 a 27,50 % / °Brix)
Ácido/pH	-0,56	0,36	0,000	30	(1,9 a 6,6) / (3,20 a 3,57)
Ácido / % Ácido málico	0,51	0,26	0,003	30	(1,9 a 6,6) / (0,80 a 1,28 %)
Firmeza / Firmeza (pele)	0,71	0,51	0,000	30	(4,1 a 7,7) / (1,59 a 5,40 N)
Firmeza / Gradiente (pele)	0,69	0,47	0,000	30	(4,1 a 7,7) / (0,52 a 3,01 N/mm)
Avaliação global / Parâmetro a*	0,60	0,36	0,000	30	(2,7 a 7,7) / (-5,09 a -11,32)

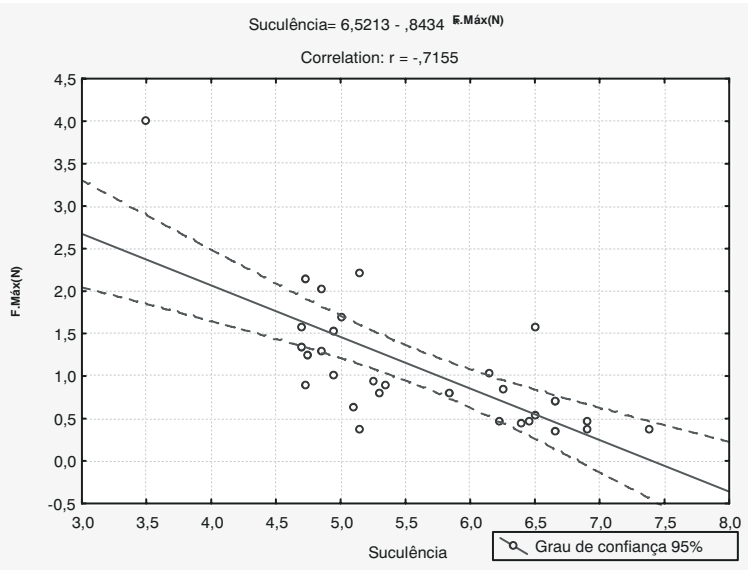


Figura 6 - Correlação entre o atributo Suculência e o parâmetro instrumental Firmeza da polpa (Força máxima de penetração de polpa)

Firmeza versus Firmeza da epiderme

A correlação entre o atributo sensorial Firmeza e os resultados da análise reológica, Firmeza da epiderme (força máxima de penetração da pele), apresentaram-se altamente correlacionados ($r = 0,71$). A Firmeza,

poderá então ser predita futuramente em função do parâmetro instrumental Força máxima de penetração da pele, pela seguinte fórmula:

$$\text{Firmeza} = 3,7504 + 0,61515 * \text{F.Máx. de penetração da pele (N)}$$

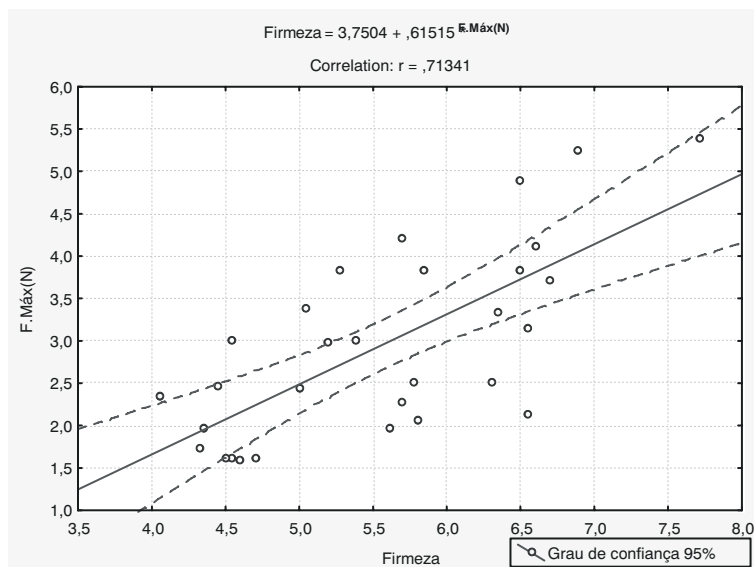


Figura 7 - Correlação entre o atributo Firmeza e o parâmetro instrumental Força máxima de penetração de pele

Doce versus SST

A correlação entre o atributo sensorial Doce e os resultados da análise dos sólidos solúveis totais teve um valor baixo ($r = 0,22$), não havendo resultados significativos ($p > 0,05$). Este facto em conjunto com o verificado anteriormente, isto é, que a doçura foi o segundo atributo sensorial que mais contribuiu para a atribuição da Avaliação global ($r = 0,91$), leva a pensar que a concentração de açúcares que contribuíram para a percepção da doçura, se encontravam no nível de saturação. A saturação de um estímulo, é caracterizada por uma variação da intensidade da sensação (neste caso o Doce) muito pequena, relativamente ao valor do estímulo (concentração açúcares), visto que estas ameixas são muito ricas em açúcares (SST entre os 17,02 e 26,48 °Brix), dificultando a avaliação da intensidade da doçura experimentada pelos provadores para os frutos dos diferentes tipos de conservação.

CONCLUSÕES

As ameixas 'Rainha Claudia' são melhor avaliadas globalmente quando se apresentam muito suculentas, com elevado teor de doçura, grande intensidade de sabores/aromas característicos, baixo valor de acidez e uma Firmeza intermédia.

Quanto à relação entre os dados sensoriais e instrumentais, o painel demonstrou grande sensibilidade para descrever os atributos texturais, nomeadamente a Suculência, que apresentou ter uma elevada correlação com o teste de penetração da polpa e a Firmeza que apresentou ter uma elevada correlação com o teste de penetração da pele. Parece ser possível prever futuramente, para estes dois atributos sensoriais (Suculência e Firmeza) qual será a sua percepção sensorial, partindo da análise instrumental reológica, isto é, prever a Suculência utilizando o teste de penetração da polpa e prever a Fir-

meza utilizando o teste de penetração da pele.

Podemos concluir também que estas ameixas possuem uma concentração elevada de açúcares, existindo saturação da sensação de doçura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, **15**: 207-225.
- Agulheiro-Santos, A. C. & Ribeiro, G. P. 1998. Evolution during cold storage of plum 'Rainha Cláudia' for two different ripeness stages at harvest. *Physiological and Technological Aspects of Gaseous and Thermal Treatments of Fresh Fruit and Vegetables Conference*. Oct. 15-16, Madrid 98-Cos915, Espanha.
- Audubert, A. & Chambonniere, S. 1995. *Le fruit. Reine Claude*. Editions Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, CTIFL, Paris.
- Barroso, J. 1990. *Estudo da Biologia Floral Numa População Regional de Ameixas 'Rainha Cláudia Verde' (Prunus domestica L.)*. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora, Évora.
- Bourne, M. C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. *HortScience*, **15**: 51-56.
- Crisosto, C. H. & Crisosto, G. 2004. Understanding Consumer Acceptance of peach, nectarine, and plum cultivars. *Acta Horticulturae*, **604**:115-119.
- Herrero, A. & Guardia, J. 1992. *Conservación de Frutos. Manual Técnico*. Ed. Mundi-Prensa. 59-68.
- Kader, A. A., Ben-Arie, R. & Philosoph-Hadas, S. 2001. Quality assurance of harvested horticultural perishables. Proceedings of the Fourth International Conference on Postharvest Science. *Acta-Horticulturae*, **553 (1)**: 51-55.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. *University of California*, publication 3311. 3rd edition, Adel A. Kader Ed.
- Mehinagic, E., Royer, G., Symoneaux, R., Bertrand, D. & Jourjon, F. 2004. Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements. *Postharvest Biology and Technology*, **34(3)**: 257-269.
- Murray, J. M., Delahunty, C. M. & Baxter, I.A. 2001. Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, **34(6)**: 461-471.
- Ruiz-Altisent, M. & Ubierna, C. 1996. Propriedades cualitativas de las frutas para el consumidor. Qué se puede medir hoy?. *Fruticultura Profesional*, **77**: 48-54.
- Stampanoni, C. R. & Nobel, A. C. 1991. The influence of fat, acid and salt on the perception selected taste and texture attributes of cheese analogs: a scalar study. *Journal of Texture Studies*, **22**: 367-380.

Desenvolvimento do tecido adiposo e muscular em suínos de raça Alentejana

Development of adipose and muscular tissues in Alentejano pig breed

A. Freitas¹, J. Neves¹, J. T. Nunes¹, R. Charneca¹ & J. M. Martins¹

RESUMO

O presente trabalho, pretendeu estudar o efeito do peso de abate sobre a evolução do tecido adiposo e muscular de porcos Alentejanos destinados à produção de carne para consumo em fresco. Utilizaram-se 30 suínos de raça alentejana (sexos neutralizados) alojados e alimentados individualmente com um alimento composto comercial equilibrado (3100 Kcal ED e 150g de Proteína Bruta por Kg), fornecido a 85% do *Ad Libitum*. Efectuaram-se abates sucessivos de 5 animais aos 40, 70, 80, 90, 100 e 110 kg de peso vivo. As carcaças foram refrigeradas a 4 °C durante 24 horas e seguidamente procedeu-se à pesagem da gordura perirenal (banha) e à medição da gordura subcutânea dorsal e da área do músculo *Longissimus dorsi* entre a décima e décima primeira costela, ao nível da última costela e entre a terceira e quarta vértebra lombar. O aumento do peso de abate influenciou significativamente ($P<0,01$) o peso da gordura perirenal tendo-se determinado valores médios de 1,26, 2,08, 3,22, 3,36, 3,68 e 4,02 Kg, respectivamente nos abates efectuados aos 40, 70, 80, 90, 100 e 110 Kg. Também a espessura da gordura subcutânea dorsal aumentou significativamente ($P<0,01$) com o aumen-

to do peso de abate. A média dos valores determinados nos três locais da meia carcaça foi de 1,56, 3,21, 4,12, 5,10, 5,41 e 5,38 cm, respectivamente nos animais abatidos aos 40, 70, 80, 90, 100 e 110 Kg. Os porcos abatidos aos 70 Kg apresentaram o dobro da espessura da gordura subcutânea dorsal dos porcos abatidos aos 40 Kg e cerca de 22% menos que os abatidos aos 80 Kg. As espessuras de gordura subcutânea dorsal dos animais abatidos entre os 90 e 110 Kg de peso vivo foram semelhantes entre si. A área do músculo *Longissimus Dorsi* evidenciou um ligeiro aumento com o incremento do peso de abate, tendo-se determinado valores médios (média dos três locais de medição) de 15,49, 17,94, 18,54, 20,13, 20,01 e 20,36 cm², respectivamente aos 40, 70, 80, 90, 100 e 110 kg. Entre os 70 e 110 Kg não se observaram diferenças significativas, possivelmente devido à variabilidade observada. Os resultados demonstraram a elevada capacidade de deposição de gordura e o limitado potencial de desenvolvimento muscular da raça suína Alentejana e salientaram a necessidade de se desenvolverem estudos para se determinar o peso óptimo de abate que optimize o sistema produtivo de porco de raça Alentejana destinado à produção de carne para consumo em fresco.

¹ ICAM, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: aagbf@uevora.pt.

ABSTRACT

To study the effects of slaughter weight on adipose and muscular tissues development of Alentejano hogs thirty animals were used. With an average live weight of 35 kg, pigs were allocated in individual pens at outdoor and fed a commercial diet (15% CP and 3100 Kcal ED/kg) offered at 85% *Ad Libitum*. Pigs were sequentially slaughtered in groups (n=5) with an average live weight of 40, 70, 80, 90, 100 and 110 kg. After carcass chilling at 5° C for 24 h flare fat was weighed and subcutaneous backfat thickness and loin eye area were recorded at 10-11 ribs, last rib and 3-4 lombar vertebrae. Flare fat increased significantly ($P<0,01$) with the increase of slaughter weight: 1,26, 2,08, 3,22, 3,36, 3,68 e 4,02 Kg, respectively at 40, 70, 80, 90, 100 e 110 Kg. Subcutaneous back fat thickness also increased strongly with the increase of slaughter weight: 1,56, 3,21, 4,12, 5,10, 5,41 e 5,38 cm, respectively at 40, 70, 80, 90, 100 e 110 Kg. Between 90 and 110 kg averages were similar. The area of *Longissimus dorsi* increased slightly (15,49 to 20,36 cm²) with the increase of slaughter weight. The results suggested that Alentejano pig breed have a limited genetic potential for lean gain and a high capacity for fat deposition.

INTRODUÇÃO

A suinicultura europeia, depois da 2ª guerra mundial, foi marcada por um forte processo de industrialização, concentração e especialização, alicerçado no melhoramento genético dos animais, na alimentação com alimentos compostos e no controle das condições de exploração. Num contexto produtivo marcado pela intensificação, os sistemas tradicionais de produção de suínos, característicos das regiões do sul da Europa, foram

progressivamente marginalizados face à necessidade de obter crescentes incrementos de produtividade (Casabianca, 1996).

Os sistemas extensivos tradicionais integravam-se nos sistemas agrícolas, utilizavam raças autóctones com baixa produtividade, mas perfeitamente adaptadas às condições ambientais, a alimentação dos animais baseava-se na utilização dos recursos alimentares naturais das explorações e davam origem a uma produção limitada e específica de produtos transformados de elevada qualidade.

A raça Ibérica, em Espanha (López-Bote, 1998), o porco Corso em França (Secondi *et al.*, 1996), a raça Negro Siciliana em Itália (Pugliese, 2003) e a raça suína Alentejana, em Portugal (Nunes, 1993; Freitas, 1999), são exemplos de raças que correram o risco de se extinguirem, em consequência do esquecimento a que foram votadas, durante décadas.

Face à nova perspectiva produtiva emergente da reforma da Política Agrícola Comum, em 1992, questionando os impactos negativos da intensificação e incentivando os sistemas sustentáveis de produção e às crescentes preocupações dos consumidores com o ambiente, o bem estar animal e a qualidade dos produtos, os sistemas extensivos e as raças suínas autóctones readquiriram parte da importância, que desfrutaram no passado (Freitas *et al.*, 2003).

Na actualidade a produção de porco de raça Alentejana visa, por um lado, o fornecimento de matéria-prima para a indústria de transformação (presuntos e enchidos) e, por outro lado, a produção de carne para consumo em fresco. A produção de carne deve ter em conta o peso de abate, que optimize a produção e permita obter carcaças com um bom rendimento em peças de maior valor comercial, sem afectar a qualidade da carne produzida.

A generalidade dos estudos sobre as

características de crescimento e desenvolvimento do porco de raça Alentejana tem demonstrado a especificidade genética desta raça e a importância fundamental do manejo alimentar.

O presente trabalho, inseriu-se no Projecto Agro “Optimização da produção de Porco de Raça Alentejana destinada à produção de carne para consumo em fresco”, cujo objectivo fundamental foi a obtenção de informação em condições de experimentação e de exploração, sobre o potencial produtivo, as características quantitativas e qualitativas da carcaça e da Carne de Porco Alentejano e pretendeu estudar o efeito do peso de abate sobre a evolução do tecido adiposo e muscular de porcos Alentejanos destinados à produção de carne para consumo em fresco.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste ensaio utilizaram-se 30 suínos de raça alentejana (sexos neutralizados). Seguindo o manejo tradicional os leitões foram desmamados aos 2 meses de idade e castrados (machos e fêmeas) aos 3 meses. Com cerca de 5 meses de idade e 35 Kg de peso vivo, foram alojados em parques individuais ao ar livre. Estes parques com uma área aproximada de 3m² eram cobertos, tinham piso de cimento e estavam equipados com um comedouro e um bebedouro de chupeta. Os suínos foram alimentados com um alimento composto comercial equilibrado (Quadro 1), fornecido a 85% do *Ad Libitum* estimado pelo INRA (1987) conforme se

apresenta no Quadro 2.

Semanalmente os animais foram pesados, servindo o peso médio do grupo para ajustar a quantidade de alimento fornecido. O alimento foi distribuído uma vez por dia, no início da manhã.

Os suínos foram abatidos sequencialmente aos 40, 70, 80, 90, 100 e 110 kg de peso vivo. A cada peso foram escolhidos aleatoriamente 5 animais que foram abatidos no matadouro de Sousel (Alentejo). Após 24 horas de refrigeração a 4 °C, procedeu-se à retirada e pesagem da gordura perirenal (banha). As carcaças foram divididas longitudinalmente em duas meias carcaças. A medição da espessura da gordura subcutânea dorsal foi efectuada com uma régua, na superfície exposta pelo corte sagital, entre a décima e a décima primeira costela, ao nível da última costela e entre a terceira e quarta vértebras lombares. Nestes locais, efectuaram-se cortes transversais, para que, a superfície do músculo *Longissimus dorsi* ficasse acessível e permitisse efectuar o decalque do contorno do músculo sobre papel vegetal (Dobao *et al.*, 1987). A determinação das áreas foi efectuada através de um planímetro electrónico. A análise estatística dos resultados foi efectuada através do programa SPSS for Windows (versão 10.0). Sempre que a análise de variância evidenciou diferenças significativas entre as médias, procedeu-se à sua separação pelo teste de Student-Newnan-Kuels (S-N-K).

QUADRO 1- Características nutricionais do alimento

Proteína Bruta	Celulose Bruta	Gordura Bruta	Cinzas Totais	Lisina	Energia Digestível
g kg ⁻¹					Kcal/kg
150	70	35	80	9,5	3 107

QUADRO 2- Alimento fornecido durante o ensaio (kg/animal/dia) por classe de peso vivo (PV) do animal

PV (kg)	Ganho (kg/dia)
30-40	1,5
40-45	1,64
45-50	1,78
55-60	1,92
60-65	2,05
65-70	2,19
70-75	2,3
75-80	2,41
80-85	2,46
85-90	2,52
90-95	2,57
95-100	2,63
>100	2,68

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento do peso de abate influenciou significativamente ($P<0,01$) o peso da gordura perirenal tendo-se determinado valores médios de 1,26, 2,08, 3,22, 3,36, 3,68 e 4,02 Kg, respectivamente nos abates efectuados aos 40, 70, 80, 90, 100 e 110 Kg. (Quadro 3). Dos 40 para os 70 kg a gordura perirenal aumentou cerca de 65%, enquanto que entre os 70 e 80 kg esse aumento foi de 55%. Entre os 80 e 110 kg registaram-se ligeiros aumentos, não sendo as médias estatisticamente diferentes.

Os resultados confirmam o desenvolvimento precoce deste depósito adiposo, con-

cordando com as observações de Freitas (1998), em porcos Alentejanos e de De Pedro (1987) e Mayoral *et al.* (1992), em porcos Ibéricos.

Também os valores médios da espessura da gordura subcutânea dorsal, nos três locais de medição evidenciaram um aumento significativo ($P<0,01$) com o aumento do peso de abate. De uma forma geral, os valores médios determinados entre a 10^a e 11^a costelas foram superiores aos determinados a nível da última costela e estes aos determinados a nível da 3-4 vértebras lombares. A média dos valores determinados nos três locais da meia carcaça foi de 1,56, 3,21, 4,12, 5,10, 5,41 e 5,38 cm, respectivamente nos animais abatidos aos 40, 70, 80, 90, 100 e 110 kg. Os porcos abatidos aos 70 kg apresentaram o dobro da espessura da gordura subcutânea dorsal dos porcos abatidos aos 40 kg e cerca de 24% menos que os abatidos aos 80 kg. As espessuras de gordura subcutânea dorsal dos animais abatidos entre os 90 e 110 kg de peso vivo foram semelhantes entre si, e superiores às observadas nos porcos abatidos aos 80 kg.

Os resultados foram concordantes com os referidos por Freitas (1999) em porcos Alentejanos e por Mayoral *et al.* (1999), em suínos Ibéricos com pesos de abate similares, e claramente superiores aos determinados nas raças melhoradas, onde os valores médios variam entre 1 e 2 cm, para pesos semelhantes (Sather *et al.*, 1997).

QUADRO 3: Peso da gordura perirenal (kg) e espessura de gordura subcutânea dorsal (cm)

Peso de Abate	40 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg	110 kg
Gordura perirenal (kg)	1,26 ^a	2,08 ^b	3,22 ^c	3,36 ^c	3,68 ^c	4,02 ^c
Espessura gordura subcutânea (cm)						
10 ^a - 11 ^a Costelas	1,80 ^a	3,64 ^b	4,50 ^c	5,40 ^c	5,90 ^c	5,76 ^c
Última costela	1,40 ^a	2,98 ^b	4,08 ^c	5,00 ^d	5,32 ^d	5,28 ^d
3 ^a - 4 ^a Vért. lombar	1,48 ^a	3,02 ^b	3,78 ^c	4,90 ^d	5,02 ^d	5,10 ^d
Média	1,56 ^a	3,21 ^b	4,12 ^c	5,10 ^d	5,41 ^d	5,38 ^d

Nota: Para cada linha, médias com letras diferentes diferem significativamente $P<0,01$

QUADRO 4- Áreas médias do músculo *Longissimus dorsi* (cm²)

Peso de Abate	40 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg	110 kg
10 ^a - 11 ^a Costelas	15,80 ^a	18,70 ^{ab}	19,79 ^{ab}	22,02 ^b	21,09 ^{ab}	19,88 ^{ab}
Última costela	15,83 ^a	18,48 ^{ab}	17,61 ^{ab}	17,94 ^{ab}	19,28 ^{ab}	21,45 ^b
3 ^a - 4 ^a Vért. lombar	14,84 ^a	17,35 ^b	18,23 ^b	20,43 ^b	19,66 ^b	19,74 ^b
Média	15,49 ^a	17,94 ^b	18,54 ^b	20,13 ^b	20,01 ^b	20,36 ^b

Nota: Para cada linha, médias com letras diferentes diferem significativamente P<0,01

Os resultados referentes à área do músculo *Longissimus Dorsi*, nos três locais de medição, demonstraram um ligeiro aumento da área com o aumento do peso de abate, tendo-se determinado valores médios (média dos três locais de medição) de 15,49, 17,94, 18,54, 20,13, 20,01 e 20,36 cm², respectivamente aos 40, 70, 80, 90, 100 e 110 kg (Quadro 4).

A área do músculo *Longissimus dorsi* dos porcos abatidos entre os 90 e 110 Kg foi semelhante e ligeiramente superior à determinada nos abates efectuados aos 80 e 70 Kg, não sendo as diferenças significativas. Os resultados foram concordantes com a bibliografia. Freitas (1999) determinou áreas médias de 16,40 cm², em porcos Alentejanos abatidos aos 39 Kg e variando entre 20,90 e 21,53 cm², entre os 70 e 95 kg. De Pedro (1987) também constatou um aumento da área do músculo *Longissimus dorsi* com o incremento do peso de abate, em suínos Ibéricos.

CONCLUSÕES

Os resultados evidenciaram um forte incremento do peso da gordura perirenal e da espessura da gordura subcutânea dorsal, acompanhado de um aumento muito moderado da área do músculo *Longissimus dorsi* com o aumento do peso da massa corporal ao abate, evidenciando a

elevada capacidade de deposição de tecido adiposo e o limitado potencial de desenvolvimento muscular da raça suína Alentejana. Contudo é necessário que se desenvolvam mais estudos visando estudar o efeito da restrição alimentar sobre a composição da carcaça e determinar o peso óptimo de abate que optimize o sistema produtivo de porco de raça Alentejana destinado à produção de carne para consumo em fresco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casabianca, F. 1996. Optimization des systèmes traditionnels du porc méditerranéen. *Produzione Animale*, **IX (III SERIE)**: 51-57.
- De Pedro, E.J.1987. *Estúdio dos factores sexo e peso del sacrificio sobre las características de la canal del cerdo ibérico*. Tesis Doutoral, Universidade de Córdoba.
- Dobao, M. T., Rodriganez, J., Silio, L., Toro, M. A., De Pedro, E. & Garcia de Siles, J. L.1987. Crescimento e características de canal en cerdos ibéricos, duroc-Jersey x Ibérico e Jiaxing Ibérico. *Investigacion Agrária*, **2**: 9-23.
- Freitas, A. A. G. B. 1998. *Influência do Nível Alimentar e Regime Alimentar em Pré-Acabamento Sobre o Crescimento e Desenvolvimento do Porco Alentejano e*

- Suas Repercussões Sobre o Acabamento em Montanheira e com Alimento Comercial*. Tese de Doutorado, Universidade de Évora.
- Freitas, A. B., Nunes, J.T., Neves, J. & Charneca, R. 2003. Valorização económica dos recursos genéticos animais: a fileira do porco Alentejano. *Proceedings VI Congresso Ibérico sobre recursos genéticos animais*, pp. 259-261. Ponte de Lima, Portugal.
- López-Bote, C. J. 1998. Sustained utilization of the Iberian pig breed. *Meat Science*, **49**: S17-S27.
- Mayoral, A. I., Regodon, S., Rodríguez, P., Franco, A., Menaya, C. & Robina, A. 1992. Evolución del grado de engrasamiento de canales porcinas ibéricas a lo largo del ciclo productivo. *Proceedings II Colóquios sobre el Cerdo Mediterráneo*. pp. 60-70. Badajoz, Espanha.
- Mayoral, A. I., Dorado, M., Guillén, M., T., Robina, A., Vivo, J.M., Vázquez, C. & Ruiz, J. 1999. Development of meat and carcass quality characteristics in iberian pigs reared outdoors. *Ibérico. Meat Science*, **52**: 315-324.
- Nunes, J. L. T. 1993. *Contributo para a Reintegração do Porco Alentejano no Montado*. Universidade de Évora
- Pugliese, C., Madonia, G., Chiofalo, V., Margiotta, S., Acciaioli, A. & Ganini, G. 2003. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors. 1. Growth and carcass composition. *Meat Science*, **65**: 825-831.
- Sather, A. P., Jones, S.D.M., Schaefer, A. L., Colyn, J. & Roberts, W.M. 1997. Feedlot performance, carcass composition and meat quality of free-range reared pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, **77**: 225-232.
- Secondi, F., Gandemer, G., Bonneau M., Bernard, E., Santucci, P.M., Ecolani, P. & Casabianca, F. 1996. Croissance, développement tissulaire et caractéristiques de la carcasse du porc corse. *Journées Rech. Porcine en France*, **28**: 109-114.

Estudo histopatológico de lesões ateroscleróticas em suínos de raça alentejana

Histopathological study of atherosclerotic lesions in Alentejano pigs

A. Ramos¹, O. Bento^{2,3}, M.J. Lança^{2,3}, J.M. Martins^{2,3},
F. Capela-Silva^{2,4} & A. Freitas^{2,3}

RESUMO

Neste trabalho experimental procedeu-se à medição da espessura e à caracterização histológica de lesões ateroscleróticas, em suínos de raça Alentejana, procurando-se estabelecer uma relação entre estas e os valores dos parâmetros sanguíneos associados ao desenvolvimento deste processo patológico. As concentrações plasmáticas de triacilgliceróis, fosfolípidos, colesterol total, colesterol livre, LDLc e HDLc foram determinadas por métodos enzimáticos. Foram também feitas análises histopatológicas a amostras da artéria coronária esquerda. Os animais foram divididos em 2 grupos de 6 indivíduos cada: Grupo I, com elevada colesterolemia (4,25 mmol/L) e Grupo II, com níveis normais (2,53 mmol/L). Os valores do ganho médio diário (GMD) dos dois grupos foram semelhantes. Os animais do Grupo I apresentaram valores significativamente mais elevados ($P \leq 0,001$) para: colesterol total, colesterol livre, colesterol esterificado e LDLc. A área de lesão foi significativamente superior ($P \leq 0,05$) no Grupo I. Verificou-se uma relação linear entre a área de lesão (fases iniciais do tipo I e II) e os teores

plasmáticos de colesterol total, de LDLc e de colesterol livre, o que sugere a influência destes parâmetros na dimensão da área de lesão. Os resultados deste trabalho sugerem que os suínos de raça Alentejana podem desenvolver lesões ateroscleróticas ao longo do seu ciclo de vida, tal como o observado em humanos e outras raças de suínos. Estas lesões estão associadas a hipercolesterolemia que poderão ser devidas a mutações genéticas em apolipoproteínas, sistemas enzimáticos ou receptores. São necessários estudos futuros, quer a nível histológico quer a nível de biologia molecular, para um maior aprofundamento do conhecimento das lesões ateroscleróticas em suínos de raça Alentejana.

ABSTRACT

The present study aimed to assess the histopathological characterization of atherosclerotic lesions in Alentejano pigs, and to evaluate the relationship between several blood parameters and lesions development. Histomorphometric determinations of atherosclerotic lesions were performed on

¹ e-mail: antoniojaramos@gmail.com; ²ICAM - Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, Universidade de Évora, Apartado 94 7002-554 Évora; ³Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora; ⁴Departamento de Biologia, Universidade de Évora

the left coronary artery and plasmatic levels of triacylglycerols, phospholipids, and of total, free, LDL and HDL cholesterol were measured by enzymatic methods. Pigs were assigned to two groups (n=6): Group I, with hypercholesterolemic pigs (4,25 mmol/L), and Group II, with normocholesterolemic ones (2,53 mmol/L). Average daily gain was similar in both groups. Plasmatic levels of total, free, esterified and LDL cholesterol were significantly higher ($P \leq 0,001$) in Group I. The atherosclerotic lesion area was significantly higher ($P \leq 0,05$) in the same group. Linear correlations between atherosclerotic lesion area (in initial Phases I and II) and plasmatic levels of total, free and LDL cholesterol were observed. The results of this study suggest that the Alentejano pig, like humans and other swine, may develop atherosclerotic lesions during its life cycle. Such lesions, associated with hypercholesterolemia, may be due to genetic mutations in apolipoproteins, lipid enzymes or receptor genes. Further studies on molecular genetics and on histopathology of this type of atherosclerotic lesion, in Alentejano pigs are required.

INTRODUÇÃO

A aterosclerose é uma doença dos vasos arteriais multifactorial, caracterizada pela migração e proliferação de células musculares lisas, formação de tecido conjuntivo, presença de células inflamatórias, formação de trombo e calcificação e acumulação de colesterol (Hiltunen *et al.*, 2002). A parede arterial é constituída por 3 túnicas: a íntima, a média, e a adventícia. Esta última transita gradualmente para o tecido periadventício, que é tecido adiposo associado à artéria (Chaldakov *et al.*, 2000). Ao nível da parede arterial, a hipercolesterolemia está associada não só a um maior depósito de lípidos nas

lesões, mas também à alteração de diferentes funções, tanto das células endoteliais, como das células musculares lisas e dos monócitos. A função endotelial é alterada pelas LDLs (do inglês *Low Density Lipoproteins*: lipoproteínas de baixa densidade) através de uma resposta diminuída da dilatação dependente do endotélio e um incremento das moléculas de adesão (Martínez-González *et al.*, 2001). A doença aterosclerótica surge no decurso da formação de placas de lípidos na parede arterial, de forma que lesões avançadas podem obstruir o lúmen do vaso (Françoso & Coates, 2002).

O colesterol é transportado no plasma como componente das lipoproteínas e no Homem e em suínos a sua maioria circula ligado às LDLs. Por esta razão, concentrações plasmáticas elevadas de LDLc (colesterol ligado às LDL) são um factor de risco para o desenvolvimento prematuro de aterosclerose e cardiopatia isquémica (Martínez-González *et al.*, 2001). Segundo Moghadasian (2002), suínos que apresentam mutações em determinados genes, desenvolvem hipercolesterolemia e aterosclerose nas artérias coronárias, ilíacas e femorais, mesmo com dietas pobres em lípidos e isentas de colesterol. Alguns estudos demonstraram que a extensão e complexidade das lesões ateroscleróticas estão correlacionadas com o grau e a duração da hipercolesterolemia em suínos com mutações naturais Lpb5 (epítipo da apoB, apolipoproteína B) e Lpu1 (epítipo da apoU, apolipoproteína U) (Lee *et al.*, 1990).

No presente trabalho experimental, pretendeu-se estudar e caracterizar, do ponto de vista histológico, lesões ateroscleróticas em suínos de raça Alentejana, a nível da artéria coronária esquerda, procurando-se estabelecer uma possível relação entre estas e os valores dos parâmetros sanguíneos associados ao desenvolvimento do processo aterosclerótico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais

Utilizaram-se 12 suínos de raça Alentejana de ambos os sexos (6 machos e 6 fêmeas), castrados, que no início do ensaio tinham cerca de 5 meses de idade e 36 kg de peso vivo (PV). Os animais foram sujeitos a confinamento e a sua alimentação baseou-se num alimento composto completo, de fabrico comercial, com 3107 Kcal de energia digestível/Kg e 150 g kg⁻¹ de proteína bruta, sem adição de colesterol. Este regime, destinado a suínos de raça Alentejana, continha também: 7% de celulose bruta, 3% de gordura bruta, 8% de cinza bruta, 0,95% de lisina, 20% de fibra NDF (do inglês *Neutral Detergent Fiber*: fibra solúvel em detergente neutro), 3500 UI de vitamina A, 1000 UI de vitamina D₃, 15 mg de vitamina E, 100 mg de cobre, 10 mg de avillamicina, antioxidante BHA (Butilhidroxianisol) e aglomerante sepiolita (max. 2%). A água foi distribuída em sistema *ad libitum*.

Colheita de amostras de sangue e determinação dos parâmetros plasmáticos

Ao atingirem um PV de 100 ± 2 kg, os animais foram abatidos no Matadouro Regional do Alto Alentejo, recorrendo-se a electronecrose e sangria. Ao abate, foram recolhidas da jugular amostras de sangue individuais, em tubos de vidro Venoject, com heparina de lítio (10mL; Terumo Europe NV, Leuven, Bélgica). Estes tubos foram posteriormente centrifugados (Beckman J-6B, Bucks, Reino Unido) a 1500 x g e a 4°C, durante 20 minutos. O plasma obtido foi colocado em *eppendorfs*, e sujeito a ultracongelação (-80 °C; Heto UF460, Brøndby, Dinamarca) até à realização das análises. Os parâmetros analisados foram

os triglicéridos, os fosfolípidos, o colesterol total, o colesterol livre, as LDLc e as HDLc (colesterol ligado às HDL; do inglês *High Density Lipoproteins*: lipoproteínas de elevada densidade). Os níveis plasmáticos de triacilgliceróis e fosfolípidos foram determinados por testes enzimáticos (Roche Diagnostics) num analisador automático (Hitachi 704; Hitachi, Tokyo, Japan). O colesterol livre foi medido num espectrofotómetro (Beckam DU-530; Fullerton, CA, USA) e o colesterol total num analisador automático Hitachi 917, igualmente por testes enzimáticos (Wako Chemicals e Roche Diagnostics, respectivamente). O colesterol esterificado foi determinado pela diferença aritmética entre o colesterol total e o colesterol livre. As concentrações plasmáticas de LDLc e de HDLc foram determinadas por método enzimático directo (Roche Diagnostics) num analisador automático Hitachi 917, de acordo com Nakamura *et al.* (1997) e Sugiuchi *et al.* (1995), respectivamente.

Processamento histológico de amostras de tecido arterial

Após o abate dos animais, procedeu-se à recolha de amostras de tecido arterial que foram imediatamente fixadas em formaldeído neutro a 10%, tamponado (fosfato), durante 24 horas, sendo posteriormente processadas por técnica histológica de rotina (incluídas em parafina e cortadas em micrótomo rotativo em secções com 5 µm de espessura). Para observação da estrutura geral, os cortes foram estendidos em lâminas de vidro de 75 x 25 mm, e corados com Hematoxilina e Eosina, com Tricrómico de Masson (Bio-Óptica, ref^a 010802) e pelo método de Weigert (para fibras elásticas; Bio-Óptica, ref^a 050802). As preparações definitivas foram observadas em microscópio Nikon

Eclipse 600, sendo as imagens, para análise histomorfométrica, obtidas através de câmara digital Nikon DN100.

Determinação das áreas de lesão, da espessura da parede arterial e classificação do tipo histológico de lesão

Nas fotomicrografias digitais foi determinada a área de lesão, em valor percentual (%), tendo para tal sido utilizado o programa Sigma Scan Pro versão 5 (SPSS, 2005). O valor da área de lesão foi obtido pela diferença entre a área do lúmen, englobando a lesão, e a área do lúmen sem a lesão. O valor obtido, para cada animal, representa a média de 3 medições. Também se determinou a espessura da parede vascular em μm , no que se refere ao seu valor total, e às túnicas média e adventícia. Os valores obtidos, para cada animal, resultaram da média de 10 medições. Estes valores foram obtidos através de medição com ocular micrométrica. A classificação histopatológica das lesões foi realizada através da escala descrita por Françaes e Cotes (2002).

Análise estatística

Para efeitos da análise estatística, foram constituídos dois grupos, compostos por 6 animais cada, de acordo com os valores do colesterol plasmático total: Grupo I, com valores mais elevados e Grupo II, com valores mais baixos. Foi efectuada uma análise de variância unifactorial usando o GML (do inglês *General Linear Model*: modelo linear geral) do programa SPSS 11.0 (SPSS, 2005). As comparações das médias foram realizadas por um teste de Newman-Keuls. Realizaram-se ainda análises de regressão entre algumas variáveis usando o programa SPSS 11.0.

RESULTADOS

Parâmetros fisiológicos

Os valores do GMD dos dois grupos de suínos foram semelhantes (Quadro 1). Os animais do Grupo I apresentaram valores significativamente mais elevados ($P \leq 0,001$) para os teores plasmáticos analisados (colesterol total, colesterol livre, colesterol esterificado, LDLc), mas não para os triacilgliceróis e HDLc (Quadro 1).

No que se refere aos parâmetros histológicos, não foram verificadas diferenças significativas em relação aos valores médios dos dois grupos. A única excepção foi a área de lesão, significativamente superior no Grupo I ($P \leq 0,05$) (Quadro 1).

Relação entre algumas variáveis estudadas

Das análises de regressão efectuadas entre as diferentes variáveis, verificou-se uma relação linear entre a área de lesão e o teor plasmático de colesterol total, a área de lesão e o teor plasmático de LDLc e a área de lesão e o teor plasmático de colesterol livre (Quadro 2), o que sugere que estes parâmetros plasmáticos influenciaram a dimensão da área de lesão.

A relação entre a área de lesão e o colesterol esterificado, apresenta uma tendência significativa ($P=0,058$). Por outro lado, o teor plasmático de LDLc não foi influenciado pelo GMD dos suínos ($P=0,839$) (Quadro 2).

Tipos de lesões

As lesões observadas nas artérias coronárias esquerdas foram, de acordo com Françaes & Coates (2002), classificadas como sendo do tipo I ou II. Como se mostra no Quadro 3, no Grupo I verificou-se que 2

QUADRO 1 - GMD, parâmetros plasmáticos, área de lesão (%) e espessura das tûnicas arteriais (artéria coronária esquerda) nos grupos (n = 6) de suínos Alentejanos estudados

Parâmetros	Grupo I	Grupo II	EPM	ANOVA
GMD (g/dia)	428,87	434,18	11,63	NS
Triacilgliceróis (mmol/L)	59,50	57,67	8,78	NS
Fosfolípidos (mmol/L)	2,01 ^a	1,46 ^b	0,08	***
Colesterol total (mmol/L)	4,25 ^a	2,53 ^b	0,12	***
Colesterol livre (mmol/L)	1,05 ^a	0,65 ^b	0,06	***
Colesterol esterificado (mmol/L)	3,20 ^a	1,88 ^b	0,10	***
LDLc (mmol/L)	3,00 ^a	1,38 ^b	0,15	***
HDLc (mmol/L)	1,20	0,98	0,09	NS
Espessura total (µm)	280,33	298,46	29,13	NS
Túnica média (µm)	196,96	221,00	21,04	NS
Túnica adventícia (µm)	83,38	77,46	9,31	NS
Área de lesão (%)	19,61 ^a	7,49 ^b	3,57	*

NS - sem significância; * - significância para $P \leq 0,05$; *** - significância para $P \leq 0,001$

QUADRO 2 - Relações observadas entre algumas variáveis estudadas (n = 12)

Parâmetros	Equações	R ²	Significância
LDLc / GMD	$y = 1,236432 + 0,02206 \times \text{GMD}$	0,004	NS; $P = 0,839$
Área de lesão/Colesterol total	$y = -10,427416 + 7,073624 \times \text{Col tot}$	0,402	* $P = 0,027$
Área de lesão/LDLc	$y = -2,670950 + 7,411353 \times \text{LDLc}$	0,418	* $P = 0,023$
Área de lesão / Colesterol livre	$y = -14,355471 + 32,737246 \times \text{Col liv}$	0,591	** $P = 0,004$
Área de lesão/Colesterol esterificado	$y = -6,995787 + 8,097511 \times \text{Col est}$	0,314	NS; $P = 0,058$

NS - sem significância; * - significância para $P \leq 0,05$; ** - significância para $P \leq 0,01$

animais apresentaram lesões de tipo I e 4 animais lesões de tipo II. Por outro lado, no Grupo II, 4 animais apresentaram lesões de tipo I, e 2 animais apresentaram lesões de tipo II (Quadro 3).

QUADRO 3 - Tipo histológico da lesão apresentado pelos animais dos 2 grupos

Grupo ¹	Animal	Tipo histológico da lesão
I	1	I
	2	I
	3	II
	4	II
	5	II
	6	II
II	7	I
	8	II
	9	I
	10	I
	11	II
	12	I

¹Grupo I: animais com valores mais elevados do colesterol plasmático total; Grupo II: animais com valores mais baixos do colesterol plasmático total

As lesões de tipo I caracterizaram-se por um espessamento da túnica íntima. Nas lesões de tipo II, além do espessamento da túnica íntima, ocorreu uma degradação da lâmina elástica externa e migração de células musculares lisas da túnica média para a túnica íntima, sendo também visíveis algumas células fagocitárias modificadas (células espumosas). Em todas as lesões ateroscleróticas foi visível um espessamento da túnica íntima.

DISCUSSÃO

O GMD observado nos dois grupos foi semelhante ao obtido por Freitas (2003) para suínos de raça Alentejana com um intervalo de peso compreendido entre 37,5 e 100 kg de PV em regime alimentar semelhante (498 g/dia).

A hipercolesterolemia é o factor de risco dominante que está associado com a aterosclerose (Stokes *et al.*, 2002). Como se pôde observar pelos parâmetros sanguíneos, o Grupo I apresentou valores de colesterol total (4,25 mmol/L) bastante superiores aos encontrados em estudos anteriores (Martins *et al.* submetido), onde os valores normais de colesterolemia, em porcos sujeitos a dieta sem adição de colesterol, eram de 2,68 mmol/L. A maioria do colesterol plasmático, tal como referido por Dixon *et al.* (1999), foi transportado em partículas de LDL.

Existiu uma clara diferença nos valores observados para alguns dos parâmetros plasmáticos, nos dois grupos de suínos em estudo. Esta diferença ($P \leq 0,001$) foi observada para os fosfolípidos, o colesterol total, o colesterol livre, o colesterol esterificado e o LDLc. Relativamente aos triacilgliceróis e HDLc não se verificaram diferenças significativas entre ambos os grupos. Ao contrário do HDLc, que desempenha uma importante função anti-aterogénica, através do transporte reverso do colesterol das células periféricas para o fígado, o LDLc é um factor de risco (Fredenrich & Bayer, 2003), pelo que níveis elevados deste correspondem a uma propensão acrescida para o desenvolvimento de lesões ateroscleróticas, o que efectivamente se verificou no presente ensaio.

Atendendo a que os dois grupos de animais ingeriram o mesmo tipo de dieta e apresentaram um GMD semelhante, o aparecimento de animais hipercolesterolemicos e com lesões do tipo II nas artérias coronárias esquerdas, poderá indiciar que alguns destes animais possuíam genes mutados conforme o verificado por Attie e Prescott (1988) e Hasler-Rapacz *et al.* (1998). Estes autores verificaram a existência de lesões ateroscleróticas iniciais, ao ano de idade, embora os suínos ingerissem uma dieta isenta de colesterol, baixa em gordura.

Também Moghadasian (2002) relacionou situações de hipercolesterolemia, em suínos que ingeriam dietas isentas de colesterol, com o aparecimento de lesões ateroscleróticas.

No que se refere à relação entre os valores dos parâmetros plasmáticos (colesterol total, colesterol livre, colesterol esterificado e LDLc) e a área de lesão, verificou-se existir uma relação significativa entre estas variáveis, excepto para o colesterol esterificado ($P=0,058$). Tal como o verificado por Hackman *et al.* (1996), em estudos realizados com suínos obesos, observou-se uma relação linear significativa entre os parâmetros colesterol total e LDLc, com a área de lesão. A relação entre os níveis de colesterol e a área de lesão também foi constatada em estudos efectuados por Bocan *et al.* (1993) em porcos miniatura do Iucatão. O colesterol livre, que é citotóxico (Martínez-González *et al.*, 2001), apresentou uma significância ainda maior ($P=0,004$) na sua relação com a área de lesão.

No respeitante à classificação das lesões, e de acordo com a escala de classificação histológica apresentada por Françoso & Coates (2002), as lesões encontradas são de tipo I e II, verificando-se uma predominância das lesões de tipo I nos animais com níveis de colesterolemia mais baixos (Grupo II). Por outro lado, as lesões mais avançadas (tipo II) surgiram sobretudo nos animais que apresentaram valores de colesterolemia mais elevados (Grupo I), o que está de acordo com os resultados obtidos por Gerrity *et al.* (2001). Da observação das alterações histológicas ao nível das lesões, é de salientar um espessamento da túnica íntima tal como observado por Shimokawa *et al.* (1996), uma degradação da lâmina elástica externa como o observado por Graf *et al.* (1998), migração de células musculares lisas da túnica média para a túnica íntima como o indicado por Hackman *et al.* (1996) e o apa-

recimento de células espumosas, alterações que foi possível visualizar neste ensaio nas colorações com hematoxilina-eosina, Weigert ou tricrômico de Masson.

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho sugerem que as lesões ateroscleróticas em suínos de raça Alentejana podem surgir mesmo em animais sujeitos a uma dieta sem adição de colesterol, o que poderá indiciar mutações genéticas como as observadas no Homem e outras raças de suínos. Com efeito, verificou-se que, embora os animais tivessem cerca de 11 meses de idade, já apresentavam lesões ateroscleróticas com características histológicas correspondentes a fases iniciais (tipo I e II) do processo aterogénico. Por outro lado, os animais que apresentaram colesterolémias mais elevadas, também apresentaram áreas de lesão maiores.

Para um maior aprofundamento do conhecimento das lesões ateroscleróticas em suínos de raça Alentejana, são necessários estudos futuros, quer a nível histológico quer a nível de biologia molecular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Attie, A. D. & Prescott, M. F. 1988. The Spontaneously Hypercholesterolemic Pig as an Animal Model for Human Atherosclerosis. *ILAR News*, **30**: 5-12.
- Bocan, T. M., Mueller, S. B., Uhlendorf, P. D., Brown, E. Q., Mazur, M. J. & Black, A. E. 1993. Inhibition of acyl-CoA cholesterol O-acyltransferase reduces the cholesteryl ester enrichment of atherosclerotic lesions in the Yucatan micropig. *Atherosclerosis*, **99**: 175-186.
- Chaldakov, G. N., Fiore, M., Ghenev, P. I., Stankulov, I. S. & Aloe, L. 2000. Atherosclerotic Lesions: Possible Interactive Involvement of Intima, Adventitia and Associated Adipose Tissue. *International Medical Journal*, **7**: 43-49.
- Dixon, J. L., Stoops, J. D., Parker, J. L., Laughlin, M. H., Weisman, G. A. & Sturek, M. 1999. Dyslipidemia and Vascular Dysfunction in Diabetic Pigs Fed an Atherogenic Diet. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, **19**: 2981-2992.
- Françoso, L. A. & Coates, V. 2002. Evidências Anatomopatológicas do Início da Aterosclerose na Infância e Adolescência. *Arq Bras Cardiol*, **78**: 131-136.
- Fredenrich, A. & Bayer, P. 2003. Reverse cholesterol transport, high density lipoproteins and HDL cholesterol: recent data. *Diabetes Metab*, **29**: 201-205.
- Freitas, A. B. 2003. Peso Ótimo de Abate do Porco Alentejano Destinado à Produção de Carne para Consumo em Fresco. *XIII Congresso de Zootecnia – Produzir Qualidade em Segurança – Évora, 1 a 4 de Outubro*.
- Gerrity, R. G., Ntarejan, R., Nadler, J. L. & Kimsey, T. 2001. Diabetes-Induced Accelerated Atherosclerosis in Swine. *Diabetes*, **50**: 1654-1665.
- Graf, T. L., Boleman, S. L., Krook, L. P., Su, D-R., Mersmann, H. J., Savell, J. W. & Pond, W. G. 1998. Effect of Neonatal Dietary Cholesterol Deprivation in Pigs with Genetically High or Low Plasma Cholesterol on Plasma Lipids and Early Atherogenesis. *Nutrition Research*, **18**: 1615-1629.
- Hackman, A. M., Pond, W. G., Mersmann, H. J., Wong, W. W., Krook, L. P. & Zhang, S. 1996. Obese Pigs Fed a High Cholesterol Diet from Birth to 2 Months Are Less Susceptible than Lean Pigs to Atherosclerosis. *J Nutr*, **126**: 564-573.
- Hasler-Rapacz, J., Ellegren, H., Fridolfsson, A., Kirkpatrick, B., Kirk, S., Andersson, L. & Rapacz, J. 1998. Identification of a

- Mutation in Low Density Lipoprotein Receptor Gene Associated with Recessive Familial Hypercholesterolemia in Swine. *Am. J. Med. Genet.* **76**:379-386.
- Hiltunen, M. O., Tuomisto, T. T., Niemi, M., Bräsen, J. H., Rissanen, T. T., Törönen, P., Vajanto, I. & Ylä-Herttuala, S. 2002. Changes in gene expression in atherosclerotic plaques analyzed using DNA array. *Atherosclerosis*, **165**: 23-32.
- Lee, D.M., Mok, T., Hasler-Rapacz, J. & Rapacz, J. 1990. Concentrations and compositions of plasma lipoprotein subfractions of Lpb⁵-Lpu¹ homozygous and heterozygous swine with hypercholesterolemia. *J Lipid Res*, **31**: 839-847.
- Martins, J.M., Neves, J., Freitas, A. & Nunes, J. Effects of body weight on some blood plasma parameters of pigs from the Alentejano breed. *Options Méditerranéennes* (in press).
- Martínez-González, J., Llorente-Cortés, V. & Badimon, L. 2001. Biología celular y molecular de las lesiones ateroscleróticas. *Rev Esp Cardiol*, **54**: 218-231.
- Moghadasian, M. H. 2002. Experimental atherosclerosis – A historical overview. *Life Sciences*, **70**: 855-865.
- Nakamura, M., Taniguchi, Y., Yamamoto, M., Hino, K. & Manabe, M. 1997. Homogenous assay of serum LDL-cholesterol on an automatic analyser. *Clin Chem*, **43 (Suppl. 6)**: 260–261.
- Shimokawa, H., Ito, A., Fukumoto, Y., Kadokami, T., Nakaike, R., Sakata, M., Takayanagi, T., Egashira, K. & Takeshita, A. 1996. Chronic Treatment with Interleukin-1 β Induces Coronary Intimal Lesions and Vasoconstrictive Responses in Pigs In Vivo – The Role of Platelet-derived Growth Factor. *J Clin Invest*, **97**: 769-776.
- SPSS 2005. <http://www.spss.com/>
- Stokes, K. Y., Cooper, D., Taylor, A. & Granger, D. N. 2002. Hypercholesterolemia Promotes Inflammation and Microvascular Dysfunction: Role of Nitric Oxide and Superoxide. *Free Radical Biology & Medicine*, **33**: 1026-1036.
- Sugiuchi, H., Uji, Y., Okabe, H., Irie, T., Uekama, K., Nayahara, N. & Miyauchi, K. 1995. Direct measurement of high-density lipoprotein cholesterol in serum with polyethylene glycol-modified enzymes and sulphated α -cyclodextrin. *Clin Chem*, **41**: 717-723.

Produção de etileno em frutos de ameixeira '*Prunus domestica*' sujeitos a duas temperaturas de conservação

Ethylene production by '*Prunus domestica*' plums during storage at two different temperatures

A.E. Rato¹, J.M. Barroso¹, A.C. Agulheiro¹

RESUMO

A síntese de etileno em frutos climatéricos tem sido bastante estudada pela influência que tem na conservação dos mesmos. Por esse motivo tem-se tentado através de alterações das condições ambientais, influenciar a produção de etileno. Em muitas espécies a exposição dos frutos ao frio favorece a síntese de etileno, quando estes são transferidos para a temperatura ambiente, também a actividade enzimática da ACC sintetase aumenta rapidamente nos frutos quando da sua passagem para a temperatura ambiente. Em algumas variedades de pêras e maçãs têm-se mesmo utilizado a exposição a baixas temperaturas apenas com o objectivo de conseguir uma maturação mais homogénea e uma textura aceitável.

Relativamente à ameixeira *Prunus domestica* L. 'Rainha Claudia Verde' existe pouca informação acerca da expressão dos genes que controlam a maturação, mais concretamente das enzimas ACC sintetase e ACC oxidase. Durante a maturação da ameixa 'Rainha Claudia Verde' observa-se um aumento na produção de etileno e na taxa de respiração, paralelamente a um decréscimo da acidez e da firmeza dos fru-

tos. No entanto, contrariamente à maioria das espécies fruteiras, nesta variedade observa-se uma diminuição na taxa de produção de etileno quando os frutos, sujeitos à conservação pelo frio, são posteriormente retirados para a temperatura ambiente. Este decréscimo é tanto mais acentuado quanto maior for o período de exposição ao frio. Esta variedade é habitualmente conservada entre os 0-2 °C e apresentando um período de comercialização de 2 semanas após a colheita.

Pretendeu-se com este trabalho perceber que tipo de efeito existe relativamente à produção de etileno nesta variedade. Estudou-se a influência de duas temperaturas de conservação, (1 °C e 7 °C $\pm$ 1 °C), na produção de etileno. Os frutos foram sujeitos a diferentes períodos de conservação frigorífica: 0, 2, 5, 8 e 14 dias, ao fim dos quais era retirada uma amostra para monitorização da produção de etileno. Estudou-se ainda a evolução, da textura, da acidez, e do SSC (teor dos sólidos solúveis) dos frutos durante a sua conservação frigorífica.

Dos resultados obtidos verificou-se que a conservação dos frutos a 7 °C não influencia significativamente a produção de etileno, 0,3 nl/g/h, quando comparado com os frutos

¹ Depto. de Fitotecnia, Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, - Apartado 94 - 7002-554 Évora, e-mail: aerato@uevora.pt

não sujeitos ao frio. Os frutos conservados à temperatura de 1 °C durante 14 dias produziram menores quantidades de etileno quando comparados com os restantes grupos. Um período de conservação de 2 dias a 7 °C induziu nos frutos um aumento na produção de etileno quando comparados com os frutos não sujeitos ao frio. Em ambas as temperaturas de conservação, verificou-se uma antecipação no pico do climatérico, quando se comparam frutos com e sem conservação frigorífica.

ABSTRACT

Low temperatures interacts with ethylene biosynthesis and ripening in many species. Exposure fruits to low temperatures promotes ethylene biosynthesis in a number of apple and pears cultivars because low temperatures stimulates ACC synthase activity after fruits being warmed up.. Some pears and apples varieties required a cold treatment to achieve good colour, acceptable texture and flavour.

In '*Prunus domestica*' plums cv 'Rainha Claudia verde', a climacteric fruit, there is little information about ripening process but we observed after a cold storage period a decrease in ethylene production upon re-warming. The longer the storage period the stronger the depress in ethylene biosynthesis. This cultivar is usually stored at 0-2 °C, it has small commercial period because of its short postharvest life. In cold chambers fruits became soft very quickly and improper to commercialise.

The aim of this study was to compare the effect of two different storage temperatures (1 °C and 7 °C $\pm$ 1°) during 0, 2, 5, 8, and 14 days in ethylene production upon re-warming of 'Rainha Claudia Verde' plums. It was also studied, during cold storage, the evolu-

tion of fruits softening rate, % acidity and SSC (soluble solids content).

Upon re-warming, it was observed at end of storage period (14 days), in fruits held at 1 °C, a decrease in ethylene production, relative to controls. In fruits held at 7 °C the storage period didn't affected the maximum ethylene production, 0,3 nl/g/h.. A short period of cold (2 days at 7 °C) induced an enhancement of ethylene production relative to fruits held at 20 °C.

SSC and % acidity showed an expected evolution. At end of storage period fruits showed a higher SSC and lower % acidity due to metabolic processes and transpiration. Fruits held at 7 °C showed a higher SSC and a lower % acidity than fruits held at 1 °C. Fruit firmness decrease during the storage period. Fruits held at 7 °C remained significantly firmer after 14 days storage than fruits held at 1 °C.

Despite SSC and % acidity evolutions suggests that fruit storage conditions are better at lower temperatures, fruits held at 7 °C showed a lower softening rate and a higher ethylene production rate than fruits held at 1 °C. The role of ethylene in softening and ethylene cold induction of this cultivar may be clarified by future research on ACC oxidase and ACC synthase and in ethylene sensitivity.

INTRODUÇÃO

A evolução da maturação nos frutos com climatérico é caracterizada, entre outros aspectos, pelo aumento da produção de etileno. Nestas espécies, o máximo da produção de etileno marca o ponto irreversível da maturação, após o que se inicia a senescência.

A exposição a baixas temperaturas promove a produção de etileno em pêras, maçãs, kiwi e pepino (Agar, *et al.*, 1999, Gerasopoulos & Richardson, 1997, Lara & Ven-

drell, 2003, Larrigaudiere *et al.*, 1997, Lelièvre *et al.*, 1995, Tian *et al.*, 2002). Nas variedades de pêra de maturação mais tardias como 'D'Anjou' e 'Passe-Crassane' torna-se mesmo necessário a aplicação de um tratamento pelo frio para que a maturação ocorra normalmente (Gerasoupolos & Rishardson, 1997, Lelièvre *et al.*, 1995, Agar *et al.*, 1999). Em algumas variedades de maçãs ('Granny Smith' e 'Pacific Rose') observou-se que o efeito dos tratamentos prévios pelo frio poderiam substituir os efeitos de um pré-tratamento por etileno, para que os frutos atingissem a consistência pretendida (Johnston *et al.*, 2002). O efeito do frio na conservação dos frutos está muito estudado para espécies tropicais que apresentam uma sensibilidade maior aos danos provocados pelo frio. Em mangas da var. 'Keitt', espécie climatérica, verificou-se que a produção de etileno a 20 °C não era aumentada quando se sujeitavam os frutos a temperaturas baixas (0,2 e 5 °C) durante a conservação (Lederman *et al.*, 1997).

Na origem do estímulo da produção de etileno está a conversão de ACC (aminociclopropano-1-ácido carboxílico) em etileno mediado pelas enzimas ACC oxidase (ACO) e ACC sintetase (ACS). O frio promove um aumento da actividade das enzimas ACC oxidase e sintetase. Assim, em maçãs da variedade 'Braeburn' verificou-se que o aumento brusco na produção de etileno a 20 °C após a conservação frigorífica deveu-se a uma maior actividade das enzimas ACS e ACO, sendo esta última activada só quando os frutos são retirados do frio para a temperatura ambiente (Tian *et al.*, 2002). Em mangas da var. 'Keitt' a produção de etileno a 20 °C só era aumentada quando se adicionava ACC ao meio e que este aumento era tanto maior quanto menor fosse a temperatura de conservação a que os frutos foram sujeitos. Estes resultados sugerem, para esta espécie, um aumento da acti-

vidade da enzima ACC oxidase provocado pela diminuição de temperatura (Lederman *et al.*, 1997).

As nectarinas apresentam um tipo de dano provocado pelo frio que se identifica por uma diminuição da consistência e ausência de sumo na polpa dos frutos. Ao contrário de outras espécies em que o aparecimento dos danos pelo frio está associado a um aumento brusco da síntese de etileno, quando os frutos são retirados da conservação para a temperatura ambiente, em nectarinas, o aparecimento de danos pelo frio parece estar relacionado com a inibição da produção de etileno inibição esta provocada pelo frio. A aplicação de etileno em nectarinas da variedade 'Flavortop', durante a conservação, diminuiu o aparecimento de danos pelo frio. (Zhou *et al.*, 2001).

Na ameixa *Prunus domestica* cv 'Raíña Claudia verde' observa-se que a conservação frigorífica a 2 °C com a passagem posterior dos frutos para 20 °C, leva a uma diminuição na produção de etileno. Esta diminuição verifica-se logo ao fim de 6 dias de conservação frigorífica observando-se sucessivos decréscimos durante os 35 dias de ensaio (Rato *et al.*, 2005). Esta variedade apresenta um curto período de comercialização cerca de 2 a 3 semanas após a colheita, tornando-se a polpa dos frutos no final deste período pouco consistente.

Com este trabalho pretendeu-se estudar o comportamento que esta variedade teria à temperatura ambiente quando anteriormente fora sujeita a duas temperaturas de conservação e qual a influência destes dois regimes térmicos na produção de etileno, firmeza e composição química dos frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos foram colhidos de um pomar localizado em Estremoz, quando se encon-

travam na maturação comercial, isto é quando apresentam 17% de SSC (sólidos solúveis totais) e a polpa se destaca facilmente do caroço. Após a colheita os frutos foram divididos em dois grupos e conservados a 1° e 7 °C respectivamente. Um terceiro grupo de 10 frutos foi escolhido para monitorizar a produção de etileno a 20 °C, ou seja sem o efeito do frio. Grupos de 10 frutos foram retirados da câmara ao fim de 2, 5, 8 e 14 dias de conservação sendo a produção de etileno avaliada a 20 °C.

Para a recolha de etileno utilizaram-se contentores com ventilação controlada onde os frutos foram encerrados durante todo o período de colheita de amostras. As amostras foram recolhidas do espaço de cabeça sendo injectado 1 ml num cromatógrafo HP serie 6890 equipado com detector FID a 280 °C, com uma coluna de enchimento PORAPAK N (80/100 mesh). O gás de arraste utilizado foi azoto (20ml/min), a temperatura do forno foi 70 °C. (Song e Bangerth, 1996). Para além da produção de etileno foram analisadas, em todas as amostras, a concentração de Sólidos Solúveis Totais (SSC) em °Brix, a acidez titulável expressa em % de ácido málico, e a firmeza da polpa. Para a avaliação da firmeza dos frutos foram analisados um grupo de 10 frutos que foram retirados no final de cada período de conservação, após o teste da firmeza o mesmo grupo de frutos era utilizado para a avaliação da acidez e o valor de SSC. O dispositivo utilizado na avaliação da firmeza dos frutos foi um texturómetro TA-HDi com uma sonda cilíndrica de 3 mm de diâmetro de base plana. Para o efeito retirou-se a epiderme dos frutos considerando-se como parâmetro de avaliação a força máxima de penetração da sonda na polpa (Fmax). A avaliação da acidez foi efectuada por titulação e o teor de SSC foi avaliado por refractometria com um efractómetro modelo ATAGO. A análise estatística foi efectuada no software Statistica 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução crescente dos SSC deve-se à maior desidratação dos frutos e não à degradação do amido já que esta espécie não tem amido como açúcar de reserva (Figura 1) (Seymour *et al.*, 1993). Tendo a transpiração valores mais elevados a temperaturas mais altas, os frutos conservados a 7 °C têm um teor de sólidos solúveis totais mais elevado por haver uma maior concentração de todos os constituintes celulares.

A % de acidez verificada nos frutos conservados a uma temperatura de 7 °C foi inferior à verificada nos frutos mantidos a 0 °C ainda que em ambas as temperaturas a tendência tenha sido decrescente ao longo do período de conservação (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos em pêras var. 'Anjou' em que no final de um período de maturação a 20 °C, após um tratamento prévio pelo frio, registaram valores da acidez inferiores aos valores iniciais (Gerasopolous & Richardson, 1997). A diminuição da acidez ao longo da conservação tem origem, após a colheita, no consumo de ácidos como reserva energética nos frutos (Seymour *et al.*, 1993). À temperatura de 7 °C a respiração dos frutos tem valores mais elevados o que justifica os valores inferiores da acidez para esta temperatura de conservação.

Para as duas temperaturas de conservação observou-se um decréscimo na firmeza da polpa (Figura 3). À temperatura ambiente e após a colheita, ocorre nas paredes celulares dos frutos uma degradação da pectina da lamela média o que leva a uma perda da consistência da polpa dos frutos (Seymour *et al.*, 1993).

Neste ensaio, observou-se, ao fim dos 14 dias de conservação a 7 °C que os frutos apresentaram uma firmeza significativamente superior ($p < 0,0011$) relativamente aos frutos conservados a 1 °C (Figura 3). Resultados semelhantes foram obtidos por

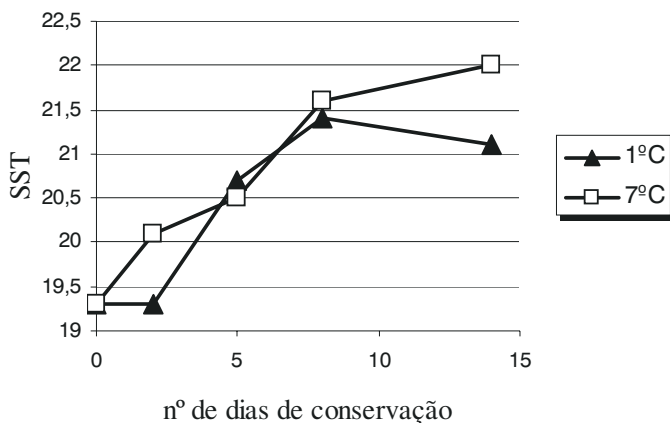


Figura 1 – Evolução dos SSC em frutos conservados a duas temperaturas diferentes

Martinez-Romero *et al.* (2003) em pepino onde observaram uma maior perda de firmeza nos frutos conservados a 1 °C comparativamente aos frutos conservados a temperaturas superiores. Nesta espécie, segundo estes autores, os danos pelo frio parecem estar na origem da redução de firmeza verificada a 1 °C.

Observou-se nos frutos de ameixa que estiveram à temperatura de 1 °C durante 14 dias que o máximo na produção de etileno (0,20 nl de etileno/g/h) ocorreu 3 dias mais cedo do que nos frutos conservados apenas 2 dias nas mesmas condições (Figura 4 e Figura 5). Esta antecipação do climatérico, após a conservação frigorífica, foi igualmente

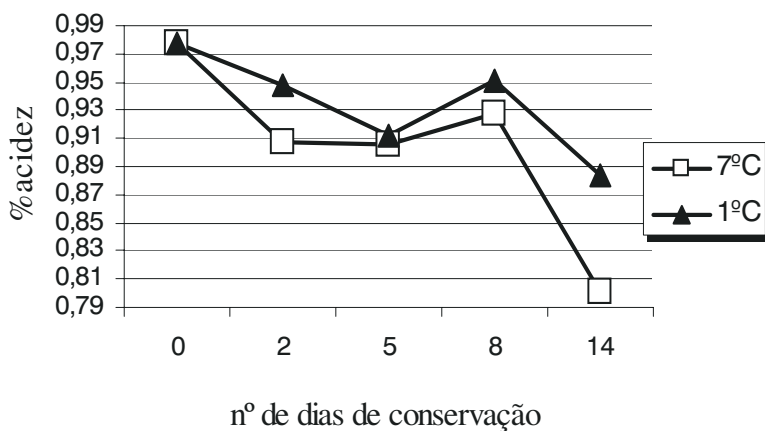


Figura 2 – Evolução da acidez em frutos conservados a duas temperaturas diferentes

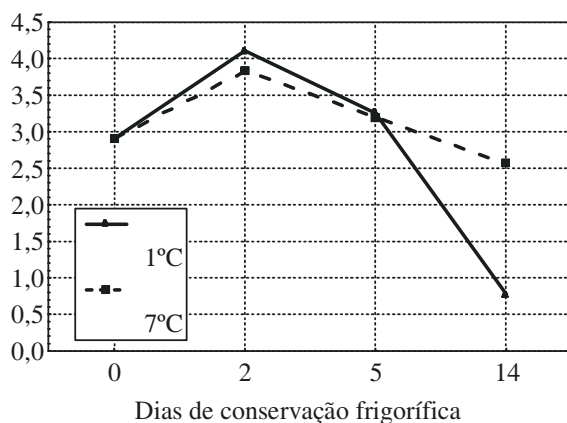


Figura 3 – Evolução da firmeza dos frutos após conservação a 1 °C e 7 °C

observada por Tian *et al.* (2002) em maçãs da var. 'Braeburn' e por Gerasoupolos & Richardson (1997) em pêras da var. 'd'Anjou'.

Verificou-se também que nos frutos sujeitos a 1 °C durante apenas 2 dias o valor máximo da produção de etileno foi de 0,240 nl/g/h. Para os restantes períodos de conservação em estudo (5 e 8 dias) a 1 °C, observou-se, de igual forma, uma diminuição gradual do valor máximo da produção de etileno à temperatura ambiente (dados não

apresentados). Em kiwi 'Hayward' Antunes & Sfakiotakis (2002) verificaram um acréscimo no máximo da produção de etileno a 20 °C, nos frutos após conservação a 0 °C durante 12 dias, no entanto para períodos de conservação de 17 dias a quantidade de etileno produzida diminuía bruscamente. Segundo estes autores a capacidade de produzir etileno depende do tempo de exposição às baixas temperaturas. Nos frutos expostos

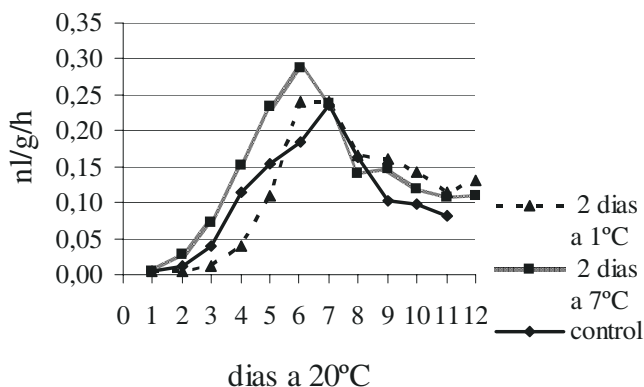


Figura 4 – Evolução da produção de etileno (nl/g/h) a 20 °C em frutos com 2 dias de conservação frigorífica

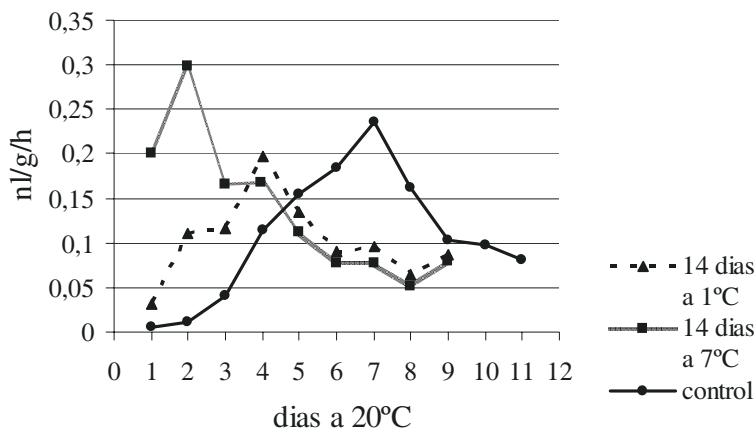


Figura 5 – Evolução da produção de etileno (nl/g/h) a 20 °C em frutos com 14 dias de conservação frigorífica

ao frio por períodos longos podem ocorrer danos na enzima ACO que levam à diminuição da produção de etileno (Antunes & Sfakiotakis, 1997).

Os frutos que não foram sujeitos ao tratamento pelo frio apresentaram um máximo de 0,24 nl/g/h para a produção de etileno após 7 dias à temperatura ambiente (Figuras 4 e 5).

Para os frutos conservados a 7 °C durante 14 dias, o climatérico ocorreu 4 dias antes comparando com os frutos conservados apenas 2 dias (Figura 4 e Figura 5). Verificando-se ainda que o valor máximo atingido foi para aquele grupo de frutos, o mais elevado (0,30 nl/g/h).

CONCLUSÕES

Os frutos conservados a 7 °C apresentaram-se relativamente aos frutos conservados a 1 °C mais firmes, no final do período de 14 dias de conservação. A evolução dos SSC e da acidez (expressa em ácido málico) mostraram que os frutos conserva-

dos a 7 °C estavam simultaneamente mais doces e menos ácidos que os frutos conservados a 1 °C.

Considerando as 3 temperaturas de conservação (1°, 7° e 20 °C), só a temperatura de conservação de 1 °C levou a um decréscimo do climatérico. Os frutos conservados a 7 °C apresentaram, para qualquer período de conservação, um valor máximo para a produção de etileno de 0,3 nl/g/h. Este valor foi superior ao valor máximo exibido pelos frutos conservados a 20 °C. Os resultados apresentados parecem indicar a ocorrência de danos provocados pelo frio nesta variedade. Seria interessante perceber em futuros trabalhos qual a relação destes danos nesta variedade com a acção das enzimas ACO e ACS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agar, T.I., Biasi, W.V. & Mitcham, E.J. 1999. Exogenous Ethylene accelerates ripening responses in Bartlett pears regardless maturity or growing region. *Postharvest Biology and Technology*. **17**: 67-78.

- Antunes, M.D.C. & Sfakiotakis, E.M. 1997. Ethylene Production of 'Hayward' Kiwi-fruit after ultra low oxygen or controlled atmosphere storage. *Acta Hort.*, **444**(2): 535-540.
- Antunes, M.D.C. & Sfakiotakis, E.M. 2002. Chilling induced ethylene biosynthesis in 'Hayward' kiwifruit following storage. *Scientia Horticulturae*, **92**: 29-39.
- Gerasopoulos, D. & Richardson, D.G. 1997. Ethylene Production by 'd'Anjou' Pears during Storage at Chilling and Non-chilling Temperature. *Postharvest Biology and Technology*, **32**(6):1092-1094.
- Johnston, J.W., Hewett, E.W., Hertog, M. & Harker, F.R. 2002. Temperature and ethylene affect induction of rapid softening in 'Granny Smith' and 'Pacific Rose TM' apple cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, **25**:257-264.
- Lara, I. & Vendrell, M. 2003. Cold-induced ethylene biosynthesis is differentially regulated in peel and pulp tissues of 'Granny Smith' apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, **29**:109-119.
- Larigaudiere, C., Graell, J., Salas, J. & Vendrell, M. 1997. Cultivar differences in the influence of a short period of cold storage on ethylene biosynthesis in apples. *Postharvest Biology and Technology*, **10**:21-27.
- Ledermen, I.E., Zauberman, G., Weksler, A., Rot, I. & Fuchs, Y. 1997. Ethylene-forming capacity during cold storage and chilling injury development in 'Keitt' mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*, **10**:107-112.
- Lelièvre, J.-M., Tichit, L., Fillion, L., Larigaudière, C., Vendrell, M. & Pech, J.-C. 1995. Cold-induced accumulation of 1-aminocyclopropane 1-carboxylate oxidase protein in 'Granny Smith' apples. 1995. *Postharvest Biology and Technology*, **5**: 11-17.
- Martinez-Romero, D., Serrano, M. & Valero, D. 2003. Physiological changes in pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, **30**: 177-186.
- Rato, A.E., Marreiros, H.I., Santos, A.C. & Barroso, J.M. 2005. Effects of different fruit calcium levels on the postharvest physiology of plums (*Prunus domestica* L.). proceedings of 5th International Postharvest Symposium, **682**: 171-175. Verona, Italy.
- Seymour, G.B., Taylor, J.E. & Tucker, G.A. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. Great Britain University Press. Cambridge.
- Song, J. & Bangerth, F. 1996. The effect of harvest date on aroma compound production from 'Golden Delicious' apple fruit and relationship to respiration and ethylene production. *Postharvest Biology and Technology*, **8**: 259-269.
- Tian, M.S., Prakash, S., Zang, N. & Ross, G.S. 2002. Chilling-induced ethylene in 'Braeburn' apples. *Plant Growth Regulation*, **38**: 249-257.
- Zhou, H., Dong, L., Ben-Arie, R. & Lurie, S. 2001. The Role of Ethylene in the Prevention of chilling injury in nectarines. *J. Plant Physiol.*, **158**: 55-61.

Oportunidades para o Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas no âmbito do Plano Regional de Inovação do Alentejo

Opportunities to the Institute of Agrarian Mediterranean Sciences in the Regional Plan for Innovation of the Alentejo

C. Marques^{1, 2}, R. Fragoso¹ & R. Lucas^{1, 2}

RESUMO

Foi recentemente elaborado o Plano Regional de Inovação do Alentejo, que constitui na região a base para elaborar o próximo plano operacional que fomentará a inovação. O sector agro-alimentar é considerado entre os mais relevantes para a promoção da inovação na região. Este trabalho tem por objectivo divulgar no seio do ICAM a estratégia de inovação adoptada para o Alentejo e incentivar as suas unidades investigadores a, face à situação actual e principais desafios do sector agro-alimentar, preparar e orientar os seus planos, programas e acções para aproveitar as eventuais futuras medidas disponíveis nesse plano para promover a inovação no sector e nas tecnologias dos sistemas agrícolas mediterrânicos e, assim, prosseguir os objectivos do ICAM.

ABSTRACT

Recently, a Regional Plan for Innovation in Alentejo was developed for future implementation. Agriculture and agri-food sectors are considered among the most relevant

to promote regional innovation. The main objective of this paper is to present to ICAM units and researchers the innovation strategy adopted for Alentejo in order to organise and prepare their plans, programs and actions and also, to benefit from available support programs to promote innovation in the sector and in the technologies of the mediterranean agricultural systems and ICAM mission.

INTRODUÇÃO

O Conselho Europeu de 2000 em Lisboa, estabeleceu como objectivo que a União Europeia se deverá tornar até ao fim da década na economia mais dinâmica e competitiva do Mundo. Na estratégia definida para promover esse objectivo, que por essa razão passou a ser conhecida por Estratégia de Lisboa, a inovação e a economia do conhecimento são claramente assumidos como os elementos centrais para a estratégia de desenvolvimento e do crescimento da UE nos próximos anos. A Comissão Europeia, em 2003, no seu Relatório da Primavera, refere-se a avanços significativos, mas salienta que muito está

¹ Departamento de Gestão de Empresas, Universidade de Évora, Largo dos Colegiais, 2, 7000 Évora, e-mail: cmarques@uevora.pt; ² Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora

por fazer, particularmente na área do conhecimento e da inovação (COM, 2003).

A promoção da inovação passou a constituir um objectivo particular, pelo que as autoridades comunitárias passaram a dar um esforço especial a este tema e a promover a introdução de medidas específicas que fomentassem a inovação na nova geração de programas europeus operacionais de desenvolvimento regional 2000-2006 (EC/DGRP, p.5). Estas medidas, desenvolvidas em instrumentos específicos designados por Programas de Acção Inovadores, financiaram projectos e práticas inovadoras nas regiões europeias. Através do PRAI ALENTEJO, a região promoveu um conjunto de linhas de acção, que incluiu a própria definição da estratégia de inovação para a região, ou seja, o desenvolvimento de um plano estratégico regional de inovação (CCDR, 2003). Esse plano foi recentemente concluído (PRIA, 2005) e constitui a base para elaborar o próximo plano operacional que na região fomentará a inovação.

Este artigo tem como objectivo divulgar a estratégia de inovação preconizada para o Alentejo e especialmente para o seu sector agro-alimentar, que é considerado no plano entre os mais relevantes para a promoção da inovação na região. Como muito bem ilustra o tema destas jornadas do ICAM, face à situação actual e aos principais desafios do sector agro-alimentar, importa perspectivar orientações a adoptar para promover a inovação no sector e nas tecnologias dos sistemas agrícolas mediterrânicos. Na definição destas orientações e na sua concretização o ICAM tem um papel de relevo.

Por isso, importa divulgar a estratégia de inovação adoptada para o Alentejo no seio do ICAM e incentivar as suas unidades e investigadores a preparar e orientar os seus planos, programas e acções para aproveitar as medidas desse plano, que muito provavelmente serão adoptadas no próximo pro-

grama operacional regional, para promover a inovação no sector e nas tecnologias dos sistemas agrícolas mediterrânicos e assim prosseguir os objectivos do ICAM.

OS CONCEITOS DE INOVAÇÃO, INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO E TECNOLOGIA

É frequente confundir os conceitos de inovação e de investigação e desenvolvimento (I&D). A investigação pode ser entendida como o processo de produção de invenções, enquanto a inovação está voltada para o sucesso da aplicação e dos resultados produzidos. A inovação é o resultado de uma rede complexa de relações entre indivíduos, organizações e o meio em que operam (COM, 2003). Essa rede desenvolve-se como um modelo sistémico que ganha a capacidade de aplicar, orientar e induzir novos conhecimentos. É esse processo que é capaz de gerar o que, genericamente, se designa por inovação. O resultado desse processo, a inovação, pode acabar por constituir uma renovação e um alargamento dos produtos e serviços e das associações de mercado, um estabelecimento de novos métodos de produção, fornecimento e distribuição, e uma introdução de alterações na gestão e na organização do trabalho.

A inovação pode surgir por várias formas, entre as quais se destaca a exploração dos resultados de I&D. Esta é a principal fonte de inovação, na medida em que permite gerar importantes fluxos de ideias tecnológicas e de contínua renovação das tecnologias existentes. Esta forma não deixa, no entanto, de ser complementar às restantes fontes, nomeadamente a adaptação de ideias ou produtos com origem noutros sectores, a procura de novos mercados, em que por exemplo uma reconfiguração dos produtos e serviços existentes poderá criar produtos

reconhecidos como novos pelos consumidores e pelos quais estão dispostos a oferecer mais ou melhor valor, e a adopção de formas de distribuição mais eficientes ou que promovam a expansão do mercado.

A empresa está no centro do processo de inovação, sendo este encetado por pressões e desafios de competitividade que tornam desejável a expansão ou a criação de novos mercados. Aumentar a competitividade e os níveis de produtividade através da inovação tornou-se tão ou mais importante do que o preço. A I&D é o principal potenciador da inovação, mas só há criação de valor se houver acções empreendedoras, sendo as empresas as responsáveis pela criação de valor. Para elas, a inovação é crucial na criação de vantagens competitivas e de uma estratégia de valor. A inovação não pode estar centrada exclusivamente nos aspectos tecnológicos do produto, mas antes na forma como se introduz o seu posicionamento no mercado. Nesta perspectiva, a política de inovação, nomeadamente na tecnologia dos sistemas agrícolas mediterrânicos, só é sustentada se incentivar as relações dos agentes económicos com o sector da investigação.

OS PRESSUPOSTOS PARA A INOVAÇÃO

A inovação no sector agro-alimentar do Alentejo e nas tecnologias dos sistemas agrícolas mediterrânicos baseia-se num conjunto de pressupostos que, genericamente, têm de suportar a criação e desenvolvimento de um sistema regional de inovação. Os pressupostos fundamentais são a sua orientação para a competitividade dos produtos e dos valores da região, o compromisso com a prática da inovação regional, a organização do trabalho em linha com os novos factores de competitividade e a promoção de uma acção eficaz.

O sistema de apoio à inovação está direccionado para os produtos e serviços em que a região apresenta vantagens competitivas denotadas pela sua capacidade exportadora e pela sua especialização produtiva, como sucede com a agricultura e com o agro-alimentar no Alentejo. Os apoios à inovação têm de ser eficientes e eficazes e ter em conta a oferta científica e tecnológica regional, nacional e europeia. As necessidades e as oportunidades dos sectores competitivos constituem o ponto de partida, pretendendo-se um maior nível de integração e cooperação com os demais actores do sistema regional de inovação.

O sistema regional de inovação, como elemento de competitividade, serve para adaptar os produtores e as empresas às novas tecnologias e aos novos factores intangíveis da competitividade, mas sobretudo para promover a mudança de atitude e fomentar a capacidade de antecipação e iniciativa empresarial em novas áreas de base tecnológica a partir das capacidades existentes. Na agricultura, a competitividade depende cada vez mais de factores intangíveis, como a capacidade de aplicar conhecimentos avançados em tecnologia e em gestão e organização para acrescentar valor aos produtos. A envolvente transaccional (fornecedores, distribuidores, clientes finais, financiadores, parceiros, entidades técnicas licenciadoras e fiscalizadoras, entidades administrativas, entidades de fiscalização económica e de impostos, etc.), tendo em conta os interesses dos seus actores influenciados pelas regras dos mercados e pelas estruturas de governância, podem interagir promovendo ou condicionando a competitividade.

A liberalização das políticas agrícolas, a globalização das relações económicas e os preços baixos em muitos mercados agrícolas, são factores determinantes da crescente concorrência internacional. Para se competir nesse contexto, é necessário dispor de pro-

duto adequados e ter acesso a canais nacionais e internacionais de distribuição, o que implica rapidez e flexibilidade nos processos de aprendizagem, geração e aquisição de conhecimentos a aplicar aos produtos e aos procedimentos organizacionais. A colaboração intra-regional entre empresas, fornecedores, clientes ao longo da cadeia de valor, e com as associações e actores do sistema científico e tecnológico é preponderante para alcançar o volume crítico a partir do qual já é possível incorporar factores intangíveis de competitividade, essenciais na identificação das necessidades de inovação e para uma aprendizagem e melhoria contínua.

A estratégia de inovação no sector e nas tecnologias dos sistemas agrícolas mediterrânicos deve ser capaz de promover uma acção eficaz que vise a melhoria da competitividade das estruturas agrícolas da região, actuando nos recursos tecnológicos tangíveis e intangíveis de acordo com as necessidades e oportunidades. As acções de inovação devem ser dirigidas às estruturas agrícolas e aos actores da sua envolvente transaccional para a procura de necessidades de inovação, aos centros e institutos de ciência e tecnologia responsáveis pela oferta de inovação e ainda para a melhoria das interações entre a procura e a oferta de inovação. Nesta estratégia deve estar presente a necessidade de uma estrutura organizacional que acompanhe a execução, facilite o funcionamento das medidas e promova a sua articulação com iniciativas e investimentos regionais como Alqueva e Sines.

OS PILARES, OS MECANISMOS E OS ACTORES DE ACÇÕES INOVADORAS

O diagnóstico realizado no âmbito do Plano Regional de Inovação do Alentejo

identifica que as principais debilidades da agricultura e do agro-alimentar estão relacionadas com a sua forma de organização e de integração comercial e profissional. De um modo geral o sector apresenta uma fraca dinâmica inovadora, que provavelmente terá origem na fraca formação e desenvolvimento dos recursos humanos e de envolvimento dos actores em projectos de I&D.

Os desafios da agricultura do Alentejo prendem-se fundamentalmente com a capacidade dos seus actores actuarem em mercados globais cada vez mais concorrenciais. Uma estratégia de inovação para o sector deverá promover a competitividade em mercados agro-alimentares saturados e cada vez menos intervencionados, onde se assiste a modificações das preferências dos consumidores, do estilo de vida, do poder de compra e ao aparecimento de novas preocupações, nomeadamente, com a qualidade e segurança dos alimentos. Esta estratégia de inovação deve ter presente a elevada concentração, poder negocial, financeiro e concorrencial da grande distribuição alimentar. Nessa perspectiva a estratégia de inovação para o sector agro-alimentar do Alentejo assenta em dois pilares complementares para promover a valorização do capital natural e humano na produção, transformação, distribuição e venda dos seus produtos. As medidas e acções inovadoras a apoiar na agricultura e agro-indústria do Alentejo devem ser com coerência organizadas em torno destes pilares.

O primeiro pilar privilegia a competitividade dos produtos produzidos em média e grande escala, como a carne de bovino proveniente dos sistemas extensivos ou os produtos do regadio dos sub-sectores das culturas industriais, hortícolas e frutícolas, das culturas arvenses, do olival e até mesmo do vinho, que no contexto do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva podem beneficiar do acréscimo da área regada. O apro-

veitamento sustentável dessa infra-estrutura exigirá inovação nas mais diversas áreas inclusivamente na utilização racional dos recursos naturais, nomeadamente, a água e os solos.

Neste pilar a estratégia de inovação deve procurar promover a instalação de grupos de investidores nos diferentes sub-setores agro-industriais e serviços complementares, orientados para a satisfação dos mercados e dos clientes, que podem ser nacionais ou estrangeiros ou resultantes da associação de agricultores do Alentejo. Para além do desenvolvimento de agrupamentos de produtores com capacidade técnica e empresarial, o seu modelo de gestão deverá promover a produção com cadernos de encargos e a implementação de serviços técnicos de consultoria para os cumprir. As questões de segurança alimentar e de saúde pública, controlo, rastreabilidade e traçabilidade do produtor até ao consumidor deverão ser introduzidas geridas em sistemas de informação e de gestão da qualidade.

O segundo pilar está direccionado para os produtos de pequena e de média dimensão, promovendo a sua valorização como produtos tradicionais de elevada qualidade e acções articuladas com a estratégia de outros sectores, como por exemplo o turismo. O fabrico de produtos tradicionais requer um baixo grau de intensificação da produção, o que condiciona a produtividade dos factores utilizados, mas os altos padrões de qualidade que se obtêm constituem uma oportunidade para o seu desenvolvimento. O seu valor deriva principalmente das características específicas dos recursos locais de base, da tecnologia com que são produzidos, que incorpora a tradição, os saberes e a cultura local e do seu posicionamento nos mercados.

A estratégia de inovação para esses produtos deve procurar criar uma oferta dirigida para nichos de mercado que os valorizem adequadamente. Uma opção, poderá ser a de

associar o seu consumo a actividades económicas de elevado potencial, como a prestação de serviços de turismo e restauração. Nalgumas produções tradicionais, de que são exemplo o vinho e o azeite, é necessário promover simultaneamente uma estratégia de concentração empresarial e comercial.

Para ambos os pilares, a estratégia de inovação preconiza medidas e acções de promoção da capacidade de inovação assentes no desenvolvimento dos recursos humanos, tecnológicos e comerciais. Nos recursos humanos a utilização dos sistemas e das tecnologias de informação constituem uma área de qualificação prioritária. O desenvolvimento tecnológico, até agora muito direccionado para os aspectos produtivos, deve procurar a concepção de produtos inovadores, orientados para as exigências e necessidades dos consumidores. Na área comercial há que promover a concentração de estruturas, as marcas, a rotulagem, o desenvolvimento de sistemas de rastreabilidade, novos produtos e a inovação nas formas de comunicação e distribuição, como já acontece um pouco nalguns produtos tradicionais das fileiras da carne, do vinho e do azeite.

No sistema regional de inovação considera-se de forma genérica seis grandes grupos de mecanismos, que associam diferentes tipos de actores a diferentes funções na inovação e difusão de tecnologias. O primeiro grupo diz respeito a colaborações de médio e longo prazo entre empresas e estruturas de I&D com o objectivo de solucionar problemas nas empresas. O segundo grupo integra também a colaboração de empresas e de estruturas de I&D, mas enquadradas em pequenas acções que visem resolver problemas tecnológicos das empresas a partir de conhecimentos já disponíveis. No terceiro grupo considera-se a transferência de tecnologia através de mecanismos de licenciamento, mobilidade de pessoas e criação de novas empresas que resultem de projectos

de I&D. O quarto grupo compreende a transferência de tecnologia relacionada com as necessidades de certificação e cumprimento de “standards” e normas internacionais. Os últimos dois grupos relacionam-se, respectivamente, com as actividades de apoio à difusão de informação e de consultoria e apoio aos negócios.

A incorporação de novos conhecimentos nas estruturas agrícolas e agro-industriais do Alentejo para a sua inserção nos mercados e redes globais é relativamente escassa, salvo raras excepções. Na origem deste problema estão barreiras de difusão regional de inovações e novas tecnologias, que não estão associadas apenas ao deficit de I&D, mas aos baixos níveis de aptidão e de frequência no ensino superior e sobretudo aos elevados custos locais de procura e triagem da informação.

A estratégia regional de inovação para a agricultura e para agro-indústria deverá tentar ultrapassar esses problemas centrando-se nas capacidades da região e na mediação entre actores do sistema. A acção mediadora deve pretender a transferência tecnológica, considerando a intervenção de mediadores locais, intervindo no apoio aos processos específicos de aprendizagem e inovação específicos do sector. A abordagem pode ser feita estimulando, à escala regional, serviços de assistência técnica a culturas e a equipamentos, de divulgação de desenvolvimentos tecnológicos, de assistência com normas técnicas de certificação, de assistência na definição de novas estruturas, de auditorias técnicas e de consultoria empresarial. Os fornecedores são variados e incluem as infra-estruturas de apoio tecnológico, universidades e outras entidades de I&D, nomeadamente o ICAM, agências e associações de desenvolvimento, associações empresariais e de produtores agrícolas e empresas de serviços.

As actividades de I&D contribuem para a

aprendizagem tecnológica, para a qualidade de formação e para a criação de capacidades e recursos regionais em ciência e tecnologia. As despesas de I&D no Alentejo mostram uma actividade reduzida e centrada nas instituições de ensino superior, nomeadamente na Universidade de Évora, sendo a contribuição das empresas muito reduzida. No sector agrícola existem algumas excepções a este perfil pouco vocacionado para responder às necessidades científicas do tecido empresarial da região. O sistema de inovação regional deve reforçar a interacção entre as empresas as estruturas de I&D e reforçar a participação regional nos programas nacionais e internacionais de apoio às actividades de I&D. A aposta prioritária deve ser nas áreas científicas e tecnológicas de interesse estratégico para o desenvolvimento da região, nomeadamente nas tecnologias de produção, transformação e distribuição de produtos agro-alimentares mediterrânicos.

A adopção e utilização de tecnologias já existentes são da maior importância para o desenvolvimento da agricultura e da agro-indústria. No Alentejo existe algum deficit de serviços de apoio tecnológico, como estudos de viabilidade, projectos de diagnóstico e serviços de resolução de problemas técnicos nas empresas. A este nível, é necessário promover processos de detecção de oportunidades para melhorias através de auditorias de inovação tecnológica e serviços de vigilância tecnológica na cadeia de valor.

Na região não são muitos os casos de transferência de conhecimentos tecnológicos avançados gerados a partir do financiamento público de I&D e na forma de empresas de base tecnológica. O sucesso na incubação de novas empresas depende da disponibilização de espaços adequados (centros de incubação), da presença de serviços de apoio à gestão, de instituições financeiras vocacionadas para o apoio ao

empreendedorismo (capital de risco) e de parques de ciência e tecnologia, também não existentes na região. Os apoios à mobilidade de cientistas, investigadores e técnicos entre universidades e empresas também são escassos.

O Alentejo está perto dos principais operadores de certificação de qualidade e tem que encontrar as melhores formas de aproveitar os seus serviços. No sector dos produtos agro-alimentares tradicionais já existem alguns casos de sucesso. No que respeita a patentes científico-tecnológicas, a região encontra-se numa posição bastante débil, devendo ser reforçada a utilização do sistema nacional de protecção da propriedade industrial no sector agrícola e agro-industrial, nomeadamente, no que respeita a modelos de utilidade, design, marcas e respectivos conceitos e imagens de marca.

Para as empresas o acesso a informação actualizada e relevante é fundamental e pode mesmo fazer a distinção entre inovação de sucesso e inovação falhada. No Alentejo a difusão de informação está pouco desenvolvida e nas estruturas tecnológicas é feita essencialmente através da edição de folhetos e brochuras. A promoção de interfaces entre as empresas e essas estruturas e o desenvolvimento de serviços de diagnóstico rápido e do correcto encaminhamento das empresas para a resolução de problemas, constitui um alvo preferencial na definição de acções inovadoras.

Muitas das soluções para os problemas das empresas, resultam da transferência indirecta de I&D das Universidades para as empresas, através das interacções entre as empresas, como por exemplo as relações fornecedor-cliente, e com o lado da procura. Os serviços privados de consultoria e de apoio ao negócio têm uma importância vital no processo de inovação. Na região faltam serviços de consultoria técnica e de apoio aos negócios direccionados para os proble-

mas específicos das empresas agrícolas e agro-industriais, o que constitui uma fraqueza do sistema regional de inovação.

AS MEDIDAS DE IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE INOVAÇÃO

O Plano Regional de Inovação do Alentejo (PRIA) fundamenta-se nas reais condições sócio-económicas da região, nas infra-estruturas e instrumentos de promoção da investigação científica, novas tecnologias e inovação nas empresas já disponíveis e na interacção da estratégia de inovação com as outras políticas regionais. O PRIA parte das reais potencialidades do Alentejo e dos seus actores envolvidos em actividades de investigação, no sistema produtivo e nas actividades de mediação e não de potenciais de realização, pretendendo corrigir os pontos fracos e as ameaças a partir das forças e oportunidades encontradas.

Para reforçar de forma integrada e coerente o actual sistema regional de inovação, o PRIA estabelece como objectivos estratégicos expandir as actividades científicas e tecnológicas através do aumento significativo dos recursos humanos e das despesas de I&D, promover nas empresas uma visão de inovação, colaboração e cooperação como principal factor de competitividade, estruturar um modelo de articulação dos apoios locais à tecnologia e inovação baseado na mediação e acompanhamento entre a oferta científica e tecnológica e as empresas, desenvolver capacidades para que os serviços possam actuar como estímulos a um aproveitamento eficaz das tecnologias nas empresas, e estimular a criação de novas actividades de base tecnológica que possam ajudar a diversificar o tecido produtivo.

Os objectivos estratégicos do PRIA estruturam-se nas medidas I&D e Inovação Empresarial no Alentejo (Alt-Inova), Ciên-

cia e Tecnologia no Alentejo (Alt-CiTec) e Sistema de Apoio e Mediação no Alentejo (Alt-Meditec). Essas medidas pretendem contribuir de forma transversal para promover a competitividade das empresas no Alentejo através da presença em novos mercados e/ou da melhoria dos produtos e processos, da introdução de novas atitudes, do reforço de novas competências nas áreas chave e do desenvolvimento coerente do sistema regional de inovação.

A medida Alt-Inova, coloca as empresas no centro da estratégia regional de inovação, agrupando na mesma medida linhas de actuação em que todos os beneficiários directos são as empresas. O seu principal objectivo específico é facilitar e promover projectos de investigação e inovação nas empresas. As entidades públicas também poderão beneficiar das suas linhas de acompanhamento, desde que os seus serviços tenham um impacto relevante na inovação empresarial.

A proximidade das empresas a uma envolvente onde existam actividades de I&D constitui um estímulo à assimilação de novos conhecimentos e contactos, que são determinantes para o processo de inovação. Nesta perspectiva, a medida Alt-CiTec, dirigida às estruturas de I&D na região, pretende contribuir com acções de expansão das actividades de I&D, mas sobretudo com acções que permitam estruturar melhor o sistema já existente, dando-lhe coerência e proximidade ao tecido produtivo local. Na expansão de novas infra-estruturas e actividades, merece especial atenção a prestação de serviços às empresas.

Nas suas linhas de acompanhamento, a medida aponta para a constituição de uma rede de centros tecnológicos na área da agricultura, indústria agro-alimentar e biotecnologia, integrando entidades como a Universidade de Évora, com destaque para o ICAM, laboratórios de qualidade e certifi-

cação, centros tecnológicos como o COTR e o Centro Hortofrutícola da Escola Superior Agrária de Beja, centros de formação profissional, empresas de engenharia e consultoria especializadas e outras entidades exteriores à região, como o Instituto Superior de Agronomia.

A medida Alt-Meditec, dirigida a agentes de mediação e transferência de conhecimentos e tecnologia, está orientada para os problemas organizacionais e estruturais da interface entre a inovação nas empresas e as actividades científicas, pretendendo expandir e organizar o sistema de apoio, transferência e mediação de tecnologia e adaptá-lo ao perfil produtivo da região, numa lógica de catalizador da inovação nas empresas. Com esta função é de salientar o papel do ICAM e de alguns Departamentos da Universidade de Évora.

O ICAM E O PLANO REGIONAL DE INOVAÇÃO

O ICAM tem como principais objectivos nos domínios das Ciências Agrárias a promoção e o desenvolvimento da investigação científica e da inovação tecnológica, a formação de recursos humanos, a difusão do conhecimento científico e tecnológico, o intercâmbio com outras instituições de I&D e contribuir para o desenvolvimento do sector agro-alimentar em geral. Os seus recursos humanos, na maioria investigadores doutorados, a sua larga abrangência científica, forte abertura ao exterior e empenho no desenvolvimento sócio-económico da região, conferem-lhe uma posição privilegiada no âmbito do sistema regional de inovação.

As actividades do ICAM organizam-se por projectos afectos especificamente às suas unidades de investigação. Face à necessidade do ICAM aprofundar o seu relacionamento com a envolvente regional, nacional

e internacional, foi recentemente criada nos termos da Alínea 3.7 do seu Regulamento a Unidade de Divulgação e Inovação Tecnológica (UDIT), com o objectivo principal de divulgação dos resultados da investigação científica e do desenvolvimento tecnológico produzido nas unidades de investigação. Pretende-se com esta nova unidade reforçar a dimensão do ICAM através da organização de acções de divulgação dos resultados dos projectos de investigação, da promoção de actividades que estimulem a inovação tecnológica na agricultura do Alentejo, identificação de necessidades de I&D na agricultura e promoção de acções para o seu desenvolvimento, propor e procurar financiamentos adequados à actividade do ICAM e participar na qualificação dos recursos humanos, nomeadamente, no âmbito de cursos pós-graduados.

A estratégia preconizada pela UDIT enquadra-se nos pressupostos da estratégia de inovação para o Alentejo, na medida em que orienta a acção do ICAM para a competitividade da agricultura do Alentejo, promove a prática da inovação e de acções eficazes junto das estruturas agrícolas da região e promove as interfaces com o ICAM através da divulgação dos resultados das suas acções de I&D, da realização de parcerias, de acções de relações públicas junto dos actores adequados ou mediante a obtenção de financiamentos sob a forma de contrato programa. Nesta perspectiva a posição do ICAM no sistema regional de inovação pode sair reforçada como estrutura de I&D, de transferência tecnológica, de difusão de informação e de fornecimento de serviços especializados nas áreas da consultoria técnica e do apoio ao negócio. Os objectivos programáticos traçados para a UDIT apresentam-se relativamente alinhados com os objectivos específicos e operacionais do PRIA.

A identificação das necessidades de I&D e a promoção de acções de I&D no âmbito da UDIT enquadram-se na Medida Alt-CiTec do PRIA, que visa estruturar e aumentar a I&D na região, desenvolver a oferta tecnológica baseada em centros e institutos tecnológicos e estimular a colaboração entre diferentes estruturas da região e fora dela. Estes objectivos são preconizados na linha de acção “reforço das actividades de I&D”.

O reforço das actividades de I&D é uma linha de acção que decorre dos baixos níveis de I&D diagnosticados na região e que urge ultrapassar no mais breve trecho. O ICAM pode beneficiar dessa acção para alargar e intensificar as suas actividades de I&D, que devem privilegiar as áreas potencialmente competitivas no panorama regional e agrícola, como as tecnologias ambientais, energias renováveis, tecnologias agro-alimentares e actividades do território relacionadas com a actividade turística. Esta acção também pode ser utilizada no financiamento suplementar de parcerias internacionais dirigidas para o futuro 7º programa quadro. No que respeita às linhas de acompanhamento é de salientar o interesse, já referido anteriormente, da constituição de uma rede de centros tecnológicos nas áreas da agricultura, do agro-alimentar e da biotecnologia. Esta acção será aplicada através de concursos ou de chamadas para a apresentação de propostas de projectos de I&D, que serão avaliados por peritos independentes de acordo com o mérito científico. Os incentivos serão dados sob a forma de subsídios parciais para o financiamento das despesas associadas à realização dos projectos e onde se inclui também a compra de equipamentos tecnológicos.

De uma forma genérica todos os objectivos programáticos da UDIT também se enquadram na Medida MediTec do PRIA, cujos os objectivos operacionais são expandir

e organizar o sistema de inovação do Alentejo e otimizar as interfaces entre as estruturas de modo a responder às necessidades das empresas e aumentar a sua ligação à oferta científica e tecnológica regional. Esses objectivos são materializados no âmbito desta medida através de duas linhas de acção: “definição e implementação de clínicas tecnológicas nos sectores chave da região”; e “reforço dos serviços de consultoria-formação”.

A definição e implementação de clínicas tecnológicas nos sectores chave da região, é uma linha de acção que pretende criar uma maior ligação entre as empresas e os fornecedores públicos e privados de serviços de apoio técnico. A debilidade das estruturas agrícolas do ponto de vista empresarial não lhes permite diagnosticar correctamente os seus problemas, nem identificar prospectivamente as suas oportunidades. Por essa razão parece essencial o desenvolvimento de actividades de intermediação entre as estruturas de I&D e as empresas.

As clínicas tecnológicas devem ser criadas em parceria com as associações representativas do sector agrícola e a sua temática deve estar direccionada para as empresas e para os produtos dos sub-sectores agrícolas chave no Alentejo. Para a implementação de uma clínica tecnológica é necessário um trabalho de prospecção junto dos actores alvo para escolher o tópico tecnológico que define a clínica, a escolha de uma amostra de actores para serem sensibilizados para a importância do tópico e o apoio dos actores aderentes na formulação dos seus projectos direccionando-os para a aplicação dos resultados da I&D e de desenvolvimentos tecnológicos. Esta acção será aplicada sob a forma de chamada de propostas.

A linha de acção relativa ao reforço dos serviços de consultoria e formação pretende contribuir para aumentar as competências nas áreas da gestão e da inovação. Trata-se

de pôr em prática um programa de consultoria à escala regional que integre a realização de diagnósticos estratégicos, acções de formação que poderão ou não ter o formato de cursos pós-graduados direccionados para temáticas e problemas relevantes do sector agrícola e da inovação, encontros temáticos entre empresários, técnicos e investigadores e produção de material didáctico adaptado à realidade da agricultura e do agro-alimentar regional. Esta acção, direccionada para projectos do tipo programa consultoria-formação, será aplicada por chamadas de proposta para a constituição de dois programas com a duração de três anos (2007-2009 e 2010-2013).

Não podendo beneficiar directamente da Medida Alt-Inova, que é especificamente dirigida para as empresas, o ICAM tem nas oportunidades de cooperação com explorações agrícolas e empresas agro-alimentares promovidas nessa medida um interesse imediato de adaptação e aplicação da investigação e desenvolvimento disponível e actualmente em curso para apoiar as empresas mas também um interesse estratégico de diagnóstico das necessidades dessas empresas pois tal permitirá definir e orientar as prioridades de investigação aplicada na região, o que concorrerá para a sua sustentabilidade financeira e credibilidade técnica regional e científica nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CCDRA (Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo). 2005. *Plano Regional de Inovação do Alentejo*.
- CCDRA/MCOTA (Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo/Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente). 2003. *PRAI-ALENTEJO: New Ideas*,

Processes and Businesses for a Competitive Alentejo.

COM (Commission of the European Communities). 2003. Innovation policy: updating the Union's approach in the context of the Lisbon strategy. *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Euro-*

pean Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.

DGRP/EC (DG Regional Policy/European Commission). 2002. *Regional Innovation Strategies under the European Regional Development Fund, Innovative Actions 2000-2002.*

Avaliação sensorial do queijo: Definição dos atributos de qualidade

Sensory evaluation of cheese: Definition of quality attributes

C. Pinheiro¹, G. Machado¹, C. Bettencourt² & C. Matos²

RESUMO

O queijo Serpa é um queijo curado, de pasta semimole, com Designação de Origem Protegida (DOP), obtido por esgotamento lento da coalhada após a coagulação do leite cru de ovelha, por acção de uma infusão de *Cynara cardunculus* L.

A avaliação sensorial, como o próprio nome nos induz, pode ser definida por uma trilogia que envolve o indivíduo, o produto e a avaliação propriamente dita. A relação estabelecida por estes três elementos e as possíveis combinações, originam nesta área uma metodologia extremamente diversificada.

Metodologicamente a avaliação passa primeiro pela adopção do tipo de prova, seguidamente pela selecção do instrumento de avaliação, que na prática se traduz na escolha de uma escala e por último pela selecção dos indivíduos que são utilizados na avaliação, condicionando a resposta a obter.

Pretendeu-se com este estudo avaliar a qualidade do queijo Serpa e definir os atributos de textura e olfacto-gustativos.

Um painel de provadores treinado avaliou em 14 sessões 126 amostras de queijo Serpa com 60 dias de cura, estabelecendo-

se para o efeito uma prova hedónica e uma prova quantitativa.

O painel de provadores definiu o perfil das características de textura e olfacto-gustativas do queijo Serpa e foram identificadas as associações entre os atributos e a qualidade do queijo.

ABSTRACT

Serpa cheese is a soft cheese with an AOP designation, obtained from curdling of raw ewe's milk, by the action of an infusion of *Cynara cardunculus* L.

Sensory evaluation can be defined as a trilogy linking the panellists, the product and the assessment. The relation between them, makes it possible to determine different sensory methodology. According the main objective and the expected response, this methodology comprises the selection and training of panellists, the type of assessment and the type of scale.

The aim of this study was to evaluate Serpa Cheese quality and define the sensory attributes of flavour and texture.

A trained panel carried out the sensory evaluation of 126 Serpa cheese samples

¹ Dep. de Zootecnia e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM) Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: ccp@uevora.pt; ²Direcção Regional de Agricultura do Alentejo, Centro de Experimentação do Baixo Alentejo, Herdade da Abóbada, 7845 Vila Nova de S. Bento

with sixty days of ripening, in fourteen sessions. The panellists also performed a quantitative and also a hedonic assessment.

The trained panel defined the Serpa cheese sensory profile, as well as was established correlations between the sensory attributes and cheese quality.

INTRODUÇÃO

O Queijo Serpa é um queijo curado de pasta semimole, amanteigada, com poucos ou nenhuns olhos, obtida por esgotamento lento da coalhada após coagulação do leite cru de ovelha estreme, por acção de uma infusão de cardo (*Cynara cardunculus* L.), e proveniente da região demarcada (Decreto Regulamentar n.º 39/87 de 29 de Junho).

A textura, aliada ao sabor, cheiro e aspecto definem conjuntamente a qualidade sensorial de um alimento, sendo esta qualidade de grande importância, já que influi directamente na aceitabilidade do produto (Jack *et al.*, 1993).

As propriedades reológicas do queijo, especialmente as implícitas na sua qualidade, podem ser estabelecidas por métodos instrumentais ou pela avaliação sensorial, recorrendo esta a grupos de provadores treinados.

Um dos principais problemas relativos à avaliação sensorial é sem dúvida a diversidade de vocabulário utilizado, que recorre a um vasto número de termos para descrever as propriedades dos alimentos.

O resultado de um painel de provadores é influenciado por quatro factores designadamente: os provadores, o vocabulário utilizado, a ficha de classificação e o ambiente em que decorre a avaliação sensorial (Muir *et al.*, 1995).

A maior parte das experiências sugerem que após se estabelecer cuidadosamente um painel, 12 a 16 avaliadores são necessários para permitir estimar a magnitude

dos atributos individuais com razoável exactidão. Grupos de 3 ou 4 provadores têm um valor limitante para distinguir alguma coisa que não sejam grandes efeitos. Do mesmo modo a performance de um painel treinado, mas não familiar com o queijo, pode dar resultados diferentes de um painel não treinado mas familiarizado com o mesmo (Hirst & Muir, 1994).

Deste modo, procedeu-se ao treino e selecção de um painel de provadores, de modo a tornar possível o estudo e avaliação da qualidade do queijo Serpa, através da caracterização dos atributos de textura e olfacto-gustativos. Esta avaliação foi coadunada com uma avaliação hedónica ou afectiva de modo a serem identificadas associações entre os atributos mencionados e a qualidade do queijo Serpa.

MATERIAL E MÉTODOS

Análise sensorial

Foram avaliados organolepticamente 126 queijos com 60 dias de cura fabricados com leite de ovelha no Centro de Experimentação do Baixo Alentejo, Herdade da Abóbada.

Em cada sessão de prova foram avaliadas 9 amostras de queijo por provador, codificadas aleatoriamente, totalizando 126 queijos. As provas decorreram na sala de provas da adega da Herdade da Mitra, composta por 20 locais de degustação individualizados e climatizada.

O treino e selecção dos indivíduos foram realizados de acordo com as Normas Internacionais ISO 8586-1:1993 e ISO 11036:1994. O número final de provadores (após a fase de selecção), foi de 20 elementos. Foi utilizada uma ficha de classificação dividida em 2 classes de atributos, textura e olfacto-gustativos (Quadro 1), com uma escala de pontuação estruturada de 1 a 7.

QUADRO 1 – Atributos sensoriais estudados (códigos atribuídos a cada atributo)

Atributos de Textura		Atributos Olfacto Gustativos	
Intensidade da cor	<i>INTENCOR</i>	Intensidade do cheiro	<i>INTENCH</i>
Plasticidade	<i>PLAST</i>	Intensidade do sabor	<i>INTENSAB</i>
Adesividade	<i>ADESV</i>	Ácido	<i>ACD</i>
Microestrutura	<i>MICROEST</i>	Láctico	<i>LACT</i>
Solubilidade	<i>SOLUB</i>	Amargo	<i>AMAR</i>
Humidade na boca	<i>HUM</i>	Salgado	<i>SALG</i>
Nº de olhos	<i>OLHOS</i>	Picante	<i>PICA</i>
		Amoniacal	<i>AMON</i>
		Ranço	<i>RAN</i>
		Sujo/animal	<i>SUJAN</i>

O grupo de trabalho deliberou a permanência das referências aos produtos utilizados na fase de treino, de modo a facilitar a avaliação dos queijos por parte dos provadores.

Na escolha dos atributos foi determinante a participação dos provadores, através de uma metodologia denominada “Free Choice Profiling”, em que os provadores a partir de queijos Serpa de diferentes proveniências, descreveram os atributos do queijo de acordo com o cheiro, sabor, textura, características visuais, aparência externa e atributo dominante. Este método é incentivado por vários autores, nomeadamente Nicod e Hayet (1985), uma vez que permite obter uma listagem muito alargada de termos fornecidos pelos indivíduos, posteriormente reduzida recorrendo à análise factorial. Consegue-se igualmente homogeneizar o vocabulário utilizado, de modo a que todos os atributos tenham o mesmo sentido para todos os provadores.

Recorreu-se ainda a uma ficha hedónica no final de cada sessão de prova, de modo a obter informação relativa ao grau de preferência, a ordem de preferência bem como o grau de satisfação por parte do painel de provadores relativamente aos queijos.

Análises físico-químicas

Foram efectuadas análises físico-químicas aos queijos para determinação dos parâmetros descritos no Quadro 2.

QUADRO 2 – Análises físico-químicas realizadas nos queijos e métodos utilizados

Parâmetros	Métodos
pH	Potenciometria
Matéria Gorda	NP-2105:1983
Matéria Seca	NP-3544:1987
Proteína Total, N Total	FIL-IDF 25:1964
N solúvel em Água	Fernandez-Salguero(1975)
N solúvel em PTA 5%	Fernandez-Salguero(1975)
N solúvel em TCA 12%	Fernandez-Salguero(1975)
Sal	AOAC 16.243 (1980)
aW	Higroscopia

Análise estatística

Todos os dados foram introduzidos numa base de dados (Excel 4.0), para posterior tratamento estatístico. Foram utilizados para tratamento de dados e análise estatística os programas MINITAB (ver-

são 9.0 e versão 12, State College, 16801-3008, USA) e SAS (versão 5.0).

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A composição físico-química dos 126 queijos avaliados neste trabalho é apresentada no Quadro 3. A composição média do queijo encontra-se dentro de valores referenciados na bibliografia para o queijo Serpa, nomeadamente Mendes e Almeida (1948), Vieira de Sá *et al.* (1970), David (1982), Marcos *et al.* (1985), Amaral (1996), Bettencourt *et al.* (1996) e Freitas (1998).

Em conformidade com os critérios de classificação das variedades de queijo (Pinheiro, 2001) e de acordo com o valor de humidade isenta de gordura e teor de gordura referido ao extracto seco, o queijo Serpa caracteriza-se quanto à consistência

da pasta, como um queijo de pasta semi-mole, e no que se refere ao teor de gordura, o queijo classifica-se como gordo. De acordo com os valores dos índices de proteólise (WSN/NT, PTA/NT e TCA/NT), caracteriza-se por ser um queijo com elevada actividade proteolítica, o que está seguramente associada ao elevado teor de humidade e baixo teor de sal que possivelmente estimulam a actividade da flora proteolítica. Os atributos de textura e olfacto-gustativos foram analisados separadamente e a sua análise descritiva pode ser observada no Quadro 4.

De acordo com os valores apresentados no Quadro 3, por observação do valor da mediana, podemos concluir que, para os atributos de **textura**, as pontuações incidiram sobre os valores centrais da escala (escala 1 a 7), ou seja pontuações entre 3 e 5, evitando deste modo os extremos de pontuação.

QUADRO 3 – Análise descritiva dos parâmetros químicos e analisados no queijo (g/100g).

Parâmetros	N.º obs.	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	CV (%)
pH	126	5,36	5,97	4,94	0,1900	3,5477
Matéria Gorda (MG)	126	26,80	35,50	19,17	2,7037	10,0878
Matéria seca (MS)	126	55,27	64,32	49,57	3,0581	5,5331
Humidade	126	44,74	50,43	35,68	3,0567	6,8315
Humidade isenta de gordura	126	61,12	69,27	50,49	3,4836	5,6994
MG/MS	126	48,49	60,43	34,92	4,0611	8,3745
Azoto total (NT)	126	3,59	4,42	2,82	0,2971	8,2858
Proteína bruta (PB)	126	22,87	28,17	18,02	1,8949	8,2853
PB/MS	126	41,49	51,96	30,66	3,9386	9,4932
Azoto solúvel (WSN)	126	1,61	2,20	1,03	0,2486	15,4835
Fracção azoto solúvel em PTA 5% (PTA)	126	0,09	0,18	0,04	0,0262	29,9882
Fracção azoto solúvel em TCA 12% (TCA)	126	0,45	0,70	0,11	0,1080	23,7318
WSN/NT	126	44,93	63,75	30,65	6,9648	15,5029
PTA/NT	126	2,45	4,64	1,18	0,7137	29,0738
TCA/NT	126	12,82	23,57	3,34	3,4036	26,5590
aW	126	95,83	98,50	92,60	0,9902	1,0333
NaCl	126	1,89	2,96	0,83	0,4384	23,1642

Para os atributos olfacto-gustativos, verificou-se, por observação da mesma estatística (mediana), que em alguns atributos a pontuação tendeu para os valores do extremo inferior da escala (1 e 2), evitando o extremo superior da escala, o que pode ser observado pela frequência e percentagem de pontuação dos atributos avaliados pelo painel, no Quadro 5. O facto de ser uma escala de intensidades, pode eventualmente explicar este aspecto, uma vez que o extremo inferior designa a “ausência”, e o extremo superior o “excesso”, pelo que pontuação até aos valores médios será o desejável. De uma forma geral, existe sempre alguma relutância por parte dos provadores em pontuar nos extremos das escalas, o que é referido por vários autores nomeadamente Arnold e Williams (1986) citados por Cardinal *et al.* (1994).

De um modo geral, com base nos dados do Quadro 4 e no perfil de textura da Figura 1, podemos constatar que os queijos relativamente à textura, apresentaram para a intensidade da cor da pasta um tom marfim, uma pasta medianamente amanteigada, uma adesividade semelhante à da gema de ovo, uma granulidade (microestrutura) da pasta

fina, uma solubilidade na boca semelhante à da gema de ovo cozido, uma humidade na boca equivalente à sensação provocada pela clara de ovo cozido e um n.º de olhos médio (maior que 20 e menor que 50).

O atributo de textura que apresentou maior variação (erro padrão da média = ± 0.0438) foi o n.º de olhos, o que se pode explicar pela sua dificuldade de avaliação e também pelo facto de nem todos os provadores terem efectuado as provas simultaneamente, pelo que, dado o carácter amanteigado da pasta, fez com que impossibilitasse a visualização do n.º de olhos aos provadores que efectuaram a prova, algum tempo após os queijos terem sido cortados.

O atributo que apresentou menor variação (erro padrão da média = ± 0.0246) foi a intensidade da cor, dado o seu carácter objectivo de apreciação.

Em termos dos atributos **olfacto gustativos** os queijos apresentaram uma intensidade de cheiro moderada e uma intensidade de sabor um pouco mais acentuada.

Os sabores ácido, láctico, amargo, salgado, picante e sujo-animal revelaram-se pouco intensos, tendo-se mesmo verificado

QUADRO 4 - Estatística descritiva dos atributos sensoriais avaliados

Atributos	N.º obs.	Média	Mediana	Desvio padrão	Erro padrão média	Min.	Max.
<i>INTENCOR</i>	1647	4,4499	4,00	0,9981	0,0246	1,00	7,00
<i>PLAST</i>	1646	3,7546	4,00	1,5395	0,0379	1,00	7,00
<i>ADESV</i>	1639	4,3581	5,00	1,3571	0,0335	1,00	7,00
<i>MICROEST</i>	1639	2,9951	3,00	1,3556	0,0335	1,00	7,00
<i>SOLUB</i>	1641	4,6563	5,00	1,0770	0,0266	1,00	7,00
<i>HUM</i>	1641	3,9232	4,00	1,1884	0,0293	1,00	7,00
<i>OLHOS</i>	1627	4,3805	4,00	1,7671	0,0438	1,00	7,00
<i>INTENCH</i>	1647	4,2884	4,00	1,0907	0,0269	1,00	7,00
<i>INTENSAB</i>	1615	4,5461	5,00	1,1188	0,0278	1,00	7,00
<i>ACD</i>	1638	2,8486	3,00	1,2710	0,0314	1,00	7,00
<i>LACT</i>	1628	2,1173	2,00	1,0426	0,0258	1,00	6,00
<i>AMAR</i>	1640	3,2415	3,00	1,5335	0,0379	1,00	7,00
<i>SALG</i>	1632	3,3431	3,00	1,2336	0,0305	1,00	7,00
<i>PICA</i>	1622	2,0758	2,00	1,0780	0,0268	1,00	6,00
<i>AMON</i>	1632	1,7194	1,00	0,9601	0,0238	1,00	7,00
<i>RAN</i>	1626	1,6298	1,00	0,9732	0,0241	1,00	6,00
<i>SUJAN</i>	1631	1,7756	2,00	0,9789	0,0242	1,00	7,00

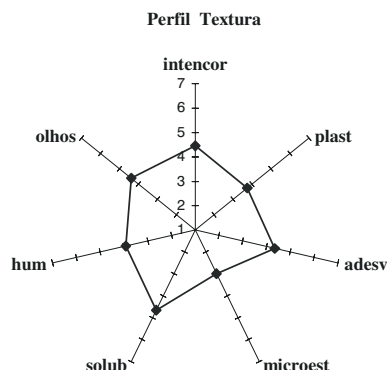


Figura 1 – Perfil da textura do queijo Serpa avaliado pelos provadores (em média 1640 avaliações/atributo)

ausência dos sabores amoniacal e ranço, como pode ser observado no perfil dos atributos olfacto-gustativos apresentado na Figura 2.

No Quadro 5 podemos observar os resul-

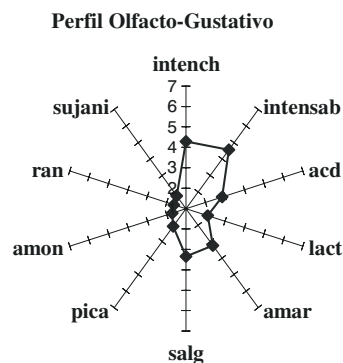


Figura 2 – Perfil dos atributos olfacto-gustativos do queijo Serpa avaliado pelos provadores (em média 1631 avaliações/atributo)

tados da frequência e percentagem de pontuação dos atributos avaliados pelo painel.

Como mencionado anteriormente foi efectuada uma avaliação hedónica no final de cada sessão, deste modo, após

QUADRO 5 – Frequência e percentagem de pontuação dos atributos avaliados pelo painel

Escala	1		2		3		4		5		6		7	
Atributos	freq	%	freq	%	freq	%	freq	%	freq	%	freq	%	freq	%
INTENCOR	2	0,1	39	2,4	217	13,2	604	36,7	538	32,7	234	14,2	12	0,7
PLAST	89	5,4	266	16,2	411	25,0	430	26,1	196	11,9	151	9,2	102	6,2
ADESV	26	1,6	123	7,5	321	19,6	342	20,9	490	29,9	267	16,3	69	4,2
MICROEST	190	11,6	468	28,6	481	29,4	266	16,2	143	8,7	71	4,3	19	1,2
SOLUB	3	0,2	38	2,3	216	13,2	393	24,0	632	38,5	328	20,0	30	1,8
HUM	8	0,5	147	9,0	536	32,7	409	24,9	365	22,3	162	9,9	13	0,8
OLHOS	131	8,1	157	9,7	181	11,1	357	22,0	288	17,7	315	19,4	197	12,1
INTENCH	1	0,1	76	4,6	305	18,5	579	35,2	453	27,5	213	12,9	19	1,2
INTENSAB	4	0,2	60	3,7	216	13,4	466	28,9	534	33,1	306	19,0	28	1,7
ACD	243	14,8	452	27,6	480	29,3	283	17,3	133	8,1	42	2,6	4	0,2
LACT	576	35,4	476	29,3	411	25,3	140	8,6	20	1,2	4	0,2	0	0,0
AMAR	230	14,0	366	22,3	355	21,7	307	18,7	253	15,4	101	6,2	27	1,6
SALG	113	6,9	301	18,5	473	29,0	470	28,8	210	12,9	59	3,6	5	0,3
PICA	618	38,1	477	29,4	351	21,7	143	8,8	23	1,4	9	0,6	0	0,0
AMON	913	56,0	368	22,6	263	16,1	73	4,5	10	0,6	3	0,2	1	0,1
RAN	1006	61,9	350	21,5	167	10,3	73	4,5	24	1,5	5	0,3	0	0,0
SUJAN	802	49,2	534	32,7	195	12,0	71	4,4	17	1,0	10	0,6	2	0,1

Nota: o n.º de observações em cada atributo não é igual

QUADRO 6 – Resultados da avaliação hedônica dos queijos

Melhores Queijos	Piores Queijos
1. pasta marfim	1. pasta mais amarela
2. pasta amanteigada a derramada	2. pasta medianamente amanteigada
3. mais adesivos	3. menos adesivos
4. microestrutura fina	4. microestrutura farinhenta
5. solubilidade alta	5. solubilidade média
6. nº olhos médio (>20<50)	6. maior nº olhos
7. intensidade do sabor média	7. intensidade do sabor mais forte
8. pouco ácido	8. mais ácidos
9. pouco amargos	9. mais amargos
10. pouco amoniacal	10. mais amoniacais
11. ausência cheiro sujo/animal	11. sujo/animal pouco mais acentuado

interpretação conjunta destes resultados com os da avaliação quantitativa (perfis sensoriais), procurou-se obter uma relação entre os atributos e a preferência do queijo por parte dos provadores, apresentado no Quadro 6.

De acordo com o quadro anterior, podemos constatar que os queijos considerados pelos provadores como melhores, apresentaram em termos de consistência da pasta, uma pasta mais amanteigada e concomitantemente, um menor número de olhos, intensidade do sabor média associada à menor intensidade dos sabores ácido, amargo e amoniacal, com ausência do cheiro sujo/animal. Contrariamente, os queijos com pior aceitabilidade apresentaram uma microestrutura farinhenta, maior n.º de olhos, gostos ácido e amargo, sabor amoniacal e sujo/animal mais acentuados e uma intensidade de sabor do queijo mais forte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, O.M.R.P. 1996. *Caracterização de Queijo Serpa Proveniente de Três Genótipos Ovinos*. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- Bettencourt, C.M.V., Matos, C.A.P., Batis-ta, T., Canada, J. & Fialho, J.B.R. 1996. Preliminary data on the ewe breed effect on the quality of Portuguese Serpa Cheese. *Symposium International EAAP-CIHEAM-FAO*, Badajoz, Spain. Abstract submitted.
- Cardinal, M., Cornet, J., Qannari, A. & Qannari, E. 1994. Performances d'un groupe d'évaluation sensorielle: exemples de traitements statistiques des données. *Science des Aliments*, **14**, 251-263.
- David, M.T.C.M. 1982. *Contribuição para o Estudo de Algumas Variedades de Queijo*, I. A. A., Lisboa, 73 pp.
- Decreto Regulamentar nº 39/87. Cria a região demarcada do queijo Serpa. Diário da República de 29 de Junho de 1987 – I Série.
- Freitas, A.C. 1998. *Microbiological, Physicochemical, Biochemical and Organoleptical Contributions to the Characterization of Picante de Beira Baixa Cheese and Attempts of Technological Improvement*. Ph. D. Thesis, ESB, UC, Porto, Portugal, 377pp.
- Hirst, M. & Muir, D. D. 1994. Definition of the sensory properties of hard cheese: A collaborative study between Scottish and Norwegian panels. *Dairy Journal*, **4**: 743-761. Ed: Elsevier Science Limited.
- ISO 11036 1994. *Sensory Analysis. Methodology. Texture Profile*. International

- Standard. Nederlands Normalisatie - Instituut, Delft, The Netherlands.
- ISO 8586-1:1993 *Sensory Analysis -- General Guidance for the Selection, Training and Monitoring of Assessors - Part 1: Selected Assessors*. International Standard. Nederlands Normalisatie - Instituut, Delft, The Netherlands.
- Jack, F. R., Paterson, A. & Piggott, J. R. 1993. Relationships between rheology and composition of Cheddar cheeses and texture as perceived by consumers. *Int. Journal of Food Science and Technology*, **28**: 293-302.
- Marcos, A., Fernández-Salguero, J., Esteban, M. A., León, F., Alacalá, M. & Beltrán de Heredia, F. H. 1985. *Quesos Españoles. Tablas de composición, valor nutritivo e estabilidad*. Universidade de Córdoba, Faculdade de Veterinária, Dept. Tecn. e Bioq. de los alimentos, Córdoba, Spain, 236 pp.
- Mendes, M. E. S. G. & Almeida, R. C. 1948. Contribuição para o estudo da composição química e valor alimentar dos Queijos Nacionais. *Separata do Boletim do Instituto Superior de Higiene Doutor Ricardo Jorge*, **12**, 112. Ano III-vol. XII – Lisboa.
- Muir, D. D., Hunter, E. A., Banks, J. M. & Horne, D. S. 1995. Sensory properties of hard cheese: identification of key attributes. *Int. Dairy Journal*, **5**, 157-177.
- Nicod, H. & Hayet, J. L. 1985. *Laits et Produits Laitiers*, **4**, 77-117. Ed.: Technique et Documentation, Paris, França.
- Pinheiro, C. M. S. C. 2001. *Contributo para a Caracterização do Queijo de Ovelha produzido na região de Évora: Aspectos químicos bioquímicos do leite obtido em diferentes sistemas de produção e físico-químicos, bioquímicos, tecnológicos e organolépticos do queijo*. Tese de doutoramento. Universidade de Évora, Évora, Portugal.
- Vieira de Sá, F., Machado, B. R., Pinto, O. P. R., Carneiro, M. J. D., Barbosa, M. M. A. & Reis, M. M. C. 1970. *Maturação em queijos de ovelha Serra e Serpa*. INII-Química e Biologia, **Vol. 6**, Publicação INETI, Lisboa, Portugal.

Evolução pós-colheita do melão ‘Tendral’ - conservação tradicional vs refrigeração

‘Tendral’ melon postharvest behaviour – traditional storage vs refrigeration

C. J. M. Pintado¹, A. C. Agulheiro-Santos² & M. J. Bernalte-García³

RESUMO

O melão ‘Tendral’ é um melão de Inverno com um elevado potencial de conservação. Este estudo aborda a evolução de parâmetros de qualidade em melões conservados em condições tradicionais, pendurados em sacos de rede ou colocados sobre uma superfície coberta de palha, e em condições de refrigeração a 12 °C e 70% de humidade relativa. Registou-se estreita correlação entre o período de conservação, as perdas de peso, os parâmetros reológicos e a cor da polpa e da epiderme. A evolução dos parâmetros de qualidade pós-colheita foi marcadamente influenciada pelo período de conservação, não sendo a modalidade de conservação determinante na alteração dos parâmetros avaliados.

ABSTRACT

‘Tendral’ is a winter melon noted for its relatively long storage life but few post-harvest studies have been done, despite of

its relatively high commercial value on Christmas in Portugal and Spain. The objective of this work is to study the post-harvest behaviour on traditional storage - hanging in netted bags and included on straw in a fresh and dark room - and refrigerated conditions at 12 °C and ca. 70% relative humidity. The results pointed out that storage period, weight loss, rheological and colour parameters are highly correlated. Quality criteria were mainly storage period dependent.

INTRODUÇÃO

O reconhecimento da qualidade e de singularidades de cultivares e de procedimentos tradicionais contribuirá para a sua recuperação e valorização, constituindo cada vez mais uma estratégia para a agricultura nacional. Na Península Ibérica, o melão ‘Tendral’ era tradicionalmente conservado até ao Natal em condições de temperatura e humidade relativa ambiente. A recuperação deste produto garantindo padrões de qualidade propor-

¹ Departamento de Olivicultura, Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, Apartado 6, 7350-591 Elvas, e-mail: cristinapintado@mail.pt; ² Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora; ³ Escuela de Ingenierías Agrárias, Universidad de Extremadura, Badajoz, Espanha

cionará uma mais valia para a fileira hortofrutícola.

A espécie *Cucumis melo* é constituída por uma enorme diversidade de frutos espalhados pelo mundo e com comportamento pós-colheita bastante diversificado. O melão 'Tendral', pertencente ao grupo *inodorus*, apresenta casca resistente e verde escura, polpa branca e pouco doce, e elevada capacidade de conservação (Barreiro *et al.*, 2001; Martínez-Javega *et al.*, 1983).

No Alentejo estes frutos eram armazenados em locais frescos, escuros e arejados suspensos em sacos de rede ou colocados em "cama de palha". Para a refrigeração recomenda-se 12 °C e 75% de humidade relativa (Barreiro *et al.*, 2001), verificando-se o aparecimento de danos de frio a temperaturas inferiores a 7-8 °C (Martínez-Javega *et al.*, 1983).

O objectivo deste trabalho consistiu em avaliar a evolução dos frutos de *Cucumis melo* L. 'Tendral' sujeitos a três modalidades de conservação distintas: conservação tradicional dos frutos pendurados em sacos de rede, conservação tradicional dos frutos distribuídos numa superfície coberta de palha e refrigeração a 12 °C e 70% de humidade relativa. O estudo da evolução pós-colheita assentou na monitorização dos principais parâmetros instrumentais utilizados para definição de qualidade em melão: o conteúdo de sólidos solúveis totais, a textura e a cor (Agulheiro-Santos, 2001; Seymour & McGlasson, 1993; Simandjuntak *et al.*, 1996).

MATERIAL E MÉTODOS

Na campanha 2000 foram armazenados frutos 'Tendral' de forma tradicional e em ambiente refrigerado (12 °C e 70% de humidade relativa). Simularam-se duas

formas de conservação tradicional em ambiente fresco, escuro e com arejamento: frutos pendurados em sacos de rede e frutos colocados numa superfície coberta de palha. Uma avaria no termohigrómetro inviabilizou a monitorização contínua da temperatura e humidade relativa, contudo foram realizadas leituras pontuais da temperatura ambiente, nos dias de amostragem, indicando um valor médio de 13 °C na sala utilizada para conservação tradicional.

Ao longo do período de conservação, os frutos foram analisados quinzenalmente até alcançar o período natalício, totalizando sete datas de amostragem. Para cada modalidade e data de conservação foram analisados 10 frutos.

Os parâmetros instrumentais de qualidade avaliados foram: perdas de peso, cor da epiderme e da polpa, parâmetros de textura do fruto inteiro, da epiderme e da polpa, conteúdo de sólidos solúveis totais e acidez da polpa. Na avaliação dos índices de qualidade realizaram-se duas determinações na zona equatorial do fruto, evitando a "cama" do melão (zona em que o fruto assenta no solo). Para avaliar a cor utilizou-se o Colorímetro *Minolta CR200*, calculando h ($\arctg b^*/a^*$, espaço CIELab, 1976). Os ensaios de compressão do fruto inteiro (sonda de 100 mm de diâmetro e base plana), penetração da epiderme (cilindro de 2 mm de diâmetro e base plana) e penetração da polpa (cilindro de 7,9 mm e base plana) foram realizados no Texturómetro *TA-HDI-TextureAnalyzer* com uma velocidade de deslocação das sondas no fruto de 1 mm s⁻¹. O conteúdo de sólidos solúveis totais foi avaliado no refractómetro *Atago PR100* (expresso em °Brix) e a acidez titulável foi determinada por titulação até pH 8,1 no potenciómetro *Crison microTT 2050* (expressa em % de ácido cítrico).

Para estudar a evolução pós-colheita dos frutos 'Tendral' utilizou-se a Análise de Componentes Principais contemplando os seguintes parâmetros instrumentalmente avaliados: perdas de peso, h da epiderme, h da polpa, força registada aos 5 mm de compressão do fruto inteiro (FC expressa em N), declive da curva Força *versus* Deformação resultante da penetração da epiderme até ao ponto de rotura (FM/D expresso em N mm⁻¹), média das forças determinadas aos 4 e 5 mm de penetração da polpa (F expressa em N), rácio entre o conteúdo de sólidos solúveis totais e acidez da polpa (SST/Ac), período de conservação e modalidade de conservação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As componentes principais 1 e 2, com valores próprios superiores a 1, explicam 80,3% da variância total. A primeira componente principal, explicando 67,9% da variância total, encontra-se definida principalmente pelo período de conservação, perdas de peso, parâmetros reológicos e ângulo de tom (h) da epiderme e da polpa. A componente principal 2, a qual explica 12,4% da variância total, é definida principalmente pela variável modalidade de conservação (Quadro 1 e Figura 1).

Na projecção das variáveis no plano formado pelas componentes principais 1 e 2 podemos observar que ao longo do período de conservação se registou o aumento da perda de peso, a diminuição dos parâmetros mecânicos FC, FM/D e F, e a diminuição do ângulo de tom da epiderme (hcasca) e da polpa (hpolpa), revelando o amolecimento dos frutos e o "amarelecimento" da epiderme e da polpa (Barreiro *et al.*, 2001; Martínez-Javega *et al.*, 1983; Perez-Zuñiga *et al.*, 1983).

Durante o armazenamento de diferentes tipos de melão é descrita a diminuição do conteúdo de sólidos solúveis totais e o consumo de ácidos orgânicos em processos respiratórios pós-colheita (Barreiro *et al.*, 2001; Martínez-Jávega *et al.*, 1983). Como podemos observar o índice SST/Ac encontra-se mais relacionado com o período de conservação do que com a modalidade. Em melão o parâmetro doçura, estreitamente relacionado com o conteúdo de sólidos solúveis totais, constitui o primeiro critério de qualidade utilizado pelos consumidores (Agulheiro-Santos, 2001). A evolução da qualidade dos frutos de melão 'Tendral' foi marcadamente influenciada pelo período de conservação, não sendo a modalidade de conservação decisiva na alteração dos parâmetros avaliados.

QUADRO 1 – Coeficientes de correlação entre as variáveis e as componentes principais 1 e 2

<i>Variáveis</i>		Factor1	Factor2
Perda de peso	PP	-0,933	-0,102
h da casca	hcasca	0,740	0,053
h da polpa	hpolpa	0,868	-0,039
Força de compressão aos 5 mm de deformação do fruto	FC	0,945	0,190
Força/Deformação até ao ponto de rotura da epiderme	FM/D	0,928	0,070
Força de penetração da polpa	F	0,891	0,023
Sólidos soluveis totais /acidez	SST/Ac	-0,644	0,415
Conservação		-0,121	-0,933
Período de conservação		-0,980	0,136

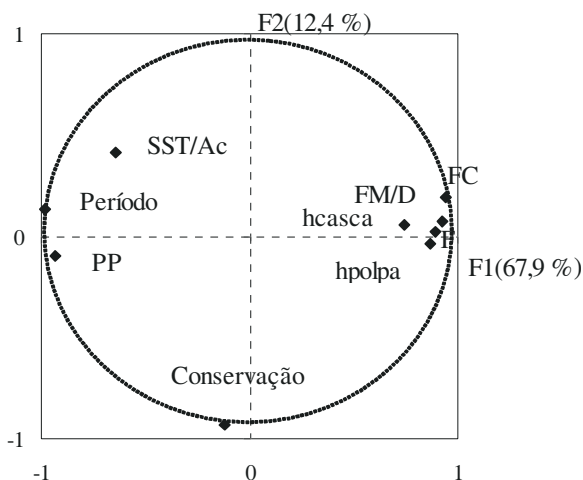


Figura 1 – Distribuição das variáveis no plano formado pelas componentes principais 1 e 2

CONCLUSÕES

Ao longo do período de conservação registou-se o aumento das perdas de peso, perda de firmeza dos frutos e amarelecimento dos tecidos da epiderme e do mesocarpo, não sendo a modalidade de conservação determinante na evolução dos critérios de qualidade referidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agulheiro-Santos, A. C. 2001. *Determinação de Parâmetros de Qualidade em Melão Utilizando Métodos Reológicos*. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora, Évora.
- Barreiro, M. G., Lidon, F. C. & Pinto, M. 2001. Physicochemical characterisation of the postharvest senescence of the winter melon 'Tendral'. *Fruits*, **56**: 51-58.
- Martinez-Javega, J. M., Jimenez-Cuesta, M. & Cuquerella, J. 1983. Conservación frigorífica del melón «Tendral». *An. INIA Serie Agric.*, **23**: 111-123.
- Seymour, G. B. & McGlasson, W. B. 1993. Melons. In: G. B. Seymour, J. E. Taylor & G. A. Tucker (eds). *Biochemistry of fruit ripening*, pp. 273-290. Chapman & Hall, London.
- Simandjuntak, V., Barret, D. M. & Wrolstad, R. E. 1996. Cultivar and maturity effects on muskmelon (*Cucumis melo*) colour, texture and cell wall polysaccharide composition. *Journal of Sci. and Food Agric.*, **71**: 282-290.
- Perez-Zuñiga, F. J., Plaza, Perez, J. L. & Delgado, Ortiz, L. M. 1983. Estudio de la fisiología post-recolección y de la conservación y de la evolución de la calidad, durante la conservación frigorífica en atmósferas normal y controlada, de melón (*Cucumis melo* L.) cvs. 'Amarillo Oro' y 'Tendral Negro'. *Alimentaria*, **144**: 31-48.

Azeites de produção biológica e produção integrada - avaliação de critérios de qualidade

Olive oil from organic agriculture and integrated production – quality parameters evaluation

C. J. M. Pintado¹, C. Peres¹, M. C. Pinheiro-Alves¹ & F. Peres²

RESUMO

Os olivais da Beira Baixa têm mostrado aptidão para evoluir para sistemas de agricultura sustentável, capazes de valorizar o ecossistema agrário, a sua biodiversidade, os seus produtos e o rendimento dos olivicultores, de que são exemplo os olivais em modo de produção biológico e em produção integrada.

Neste trabalho efectuou-se o acompanhamento de olivais em modo de produção biológico e produção integrada, situados na Beira Baixa. A análise química das características dos azeites da cultivar Galega vulgar não revelou diferenças importantes entre os dois modos de produção, classificando-os na categoria “Azeite virgem extra”. Os resultados preliminares de um primeiro ano de ensaio revelaram que em ambos os sistemas de produção se obtiveram azeites com elevados padrões de qualidade.

ABSTRACT

In Beira Baixa, organic and integrated protection olive grove management are

considered as true alternatives and are seen by many as offering considerable benefits over other production systems, particularly with respect to sustainable development. Indeed, these agriculture systems can eradicate or minimize local negative environmental externalities and, simultaneously, bring better profits to the farmer and promote olive products safety.

This study was undertaken to evaluate olive oil quality from organic and integrated protection agricultural systems. Analytical parameters of Galega olive oils were widely within European Union ruled limits, so the samples could be labelled “Extra virgin”. Olive oil obtained from both agricultural systems, organic and integrated protection, showed high quality standards.

INTRODUÇÃO

A oliveira e o azeite são companheiros do Homem mediterrânico desde os tempos mais longínquos. As vertentes económica, ecológica e social, subjacentes

¹ Departamento de Olivicultura, Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, Apartado 6, 7350-591 Elvas, e-mail: cristinapintado@mail.pt; ² Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Apartado 119, 6001-909, Castelo Branco

aos modos de produção biológico e de produção integrada, justificam que estes possam constituir alternativas bem sucedidas em regiões social e economicamente deprimidas do interior de Portugal, coincidentes com as áreas de maior produção de azeite. O desenvolvimento destes dois modos de produção no olival, na Beira Baixa, pode assim eliminar, ou minimizar, as externalidades ambientais negativas aumentando, paralelamente, a segurança alimentar dos produtos.

No Regulamento (CE) 1989/2003 são definidas características físicas, químicas e organolépticas dos azeites virgens, prosseguindo a harmonização com as normas internacionais do Conselho Oleícola Internacional e do *Codex Alimentarius*. Entre os critérios de qualidade do azeite virgem destacam-se a acidez, o índice de peróxido, as absorvâncias no ultravioleta (K_{232} , K_{270} e Delta-K) e o exame organoléptico. Outra avaliação importante na qualidade do azeite mas que o enquadramento legal não contempla é a estabilidade oxidativa que pode ser avaliada recorrendo ao equipamento Rancimat; este procedimento analítico baseia-se na determinação do tempo de indução para a decomposição dos hidroperóxidos produzidos durante a oxidação da gordura. Em diversas cultivares observa-se uma estreita correlação entre a estabilidade oxidativa dos azeites e o seu conteúdo em polifenóis totais, contribuindo este parâmetro para uma informação mais completa da qualidade do azeite (Monteleone *et al.*, 1998; Henriques *et al.*, 2001; Blekas *et al.*, 2002; Rotondi *et al.*, 2004).

Neste trabalho apresentamos os parâmetros de qualidade, incluindo a estabilidade oxidativa e o teor em polifenóis totais, de azeites da campanha 2004/05 obtidos a partir de frutos da cultivar Ga-

lega vulgar provenientes de olivais em modo de produção biológica e em produção integrada.

MATERIAL E MÉTODOS

Na campanha 2004/05 foram colhidos frutos de *Olea europaea* L. cv. Galega vulgar em olivais da região da Beira Interior: dois em modo de produção biológica (Ladoeiro e Alcains) e dois em produção integrada (Castelo Novo e Sarzedas). A colheita foi efectuada quando o índice de maturação (Hermoso *et al.*, 1997) atingiu valores superiores a 3,5.

Observou-se o estado sanitário dos frutos nomeadamente os danos provocados pela mosca-da-azeitona (*Bactrocera olea* Gmelin) e pela gafa (*Colletotrichum* sp.).

Na pasta de azeitona foram avaliados índices de rendimento: teor de humidade, segundo a NP 1304 (1976), e teor de gordura por Ressonância Magnética Nuclear (Oxford 4000) (Pinheiro-Alves e Gusmão, 1998).

A extração de azeite efectuou-se em sistema OLIOMIO 50 e os parâmetros físico-químicos analisados foram a acidez, o índice de peróxido, as absorvâncias no ultravioleta (K_{232} , K_{270} e Delta-K) (Regulamento (CEE) n° 2568/91). O exame organoléptico realizou-se de acordo com o Regulamento (CE) n° 796/2002.

A estabilidade oxidativa foi determinada no Rancimat 670 da Metrom utilizando um volume de amostra de 4 cm³, temperatura de 100 °C e fluxo de ar de 20 dm³ h⁻¹. A quantificação de polifenóis totais efectuou-se por espectrofotometria de absorção molecular a 725 nm (Espectrofotómetro Hitachi-2000) utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu e, como padrão, o ácido cafeico.

A análise estatística dos dados consistiu na Anova e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p=0,05$) utilizando o pacote estatístico SPSS12.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de humidade da pasta de azeitona, descrito na bibliografia como estreitamente relacionado com os condicionalismos edafoclimáticos (Hermoso *et al.*, 1997), foi superior nas azeitonas 'Galega vulgar' de Castelo Novo (56,1%). As azeitonas provenientes de Ladoeiro (37,7%), Alcains (38,9%) e Castelo Novo (41,6%) apresentaram um teor de gordura na matéria seca superior ao dos frutos oriundos de Sarzedas (29,8%) (Figura 1).

A análise dos critérios de qualidade, acidez, índice de peróxido e absorvâncias no ultra-violeta, bem como ausência de defeitos no exame organoléptico das amostras e mediana do frutado superior a zero, conduz à classificação dos azeites em "Azeite virgem extra" (Regulamento (CE) N° 1989/2003), revelando a obtenção de produtos de elevado padrão de qualidade provenientes de matéria-prima dos dois modos de Produção (Quadro 1).

A acidez é o critério de qualidade mais reconhecido pelo consumidor e tem sido utilizado para classificação dos azeites em categorias comerciais. Este parâmetro constitui um indicador da qualidade da matéria-prima na medida em que o aumento

do teor de ácidos gordos livres resulta da hidrólise dos triacilgliceróis. Os azeites objecto deste estudo apresentaram acidez inferior a 0,5%; os resultados revelaram menor acidez nos azeites provenientes dos olivais de Produção Integrada, especialmente de Castelo Novo (0,05%), do que nos azeites oriundos do Sistema de Produção Biológica (Quadro 1), associado a um melhor estado sanitário dos frutos deste olival.

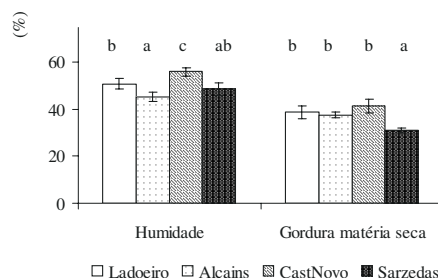


Figura 1 - Humidade e teor de gordura na matéria seca em azeitonas 'Galega vulgar' provenientes de olivais de Produção Biológica (Ladoeiro e Alcains) e Produção Integrada (Castelo Novo e Sarzedas). Valores médios e desvio-padrão. Para cada índice, letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p<0,05$)

O índice de peróxido e absorvâncias no ultra-violeta, indicadores do estado de oxidação do azeite, apresentam valores médios muito inferiores aos limites estabelecidos

QUADRO 1 - Critérios de qualidade: acidez, índice de peróxido e absorvâncias no ultra-violeta

Olival	Acidez*	Índice peróxido**	K ₂₃₂	K ₂₇₀	Delta-K
Ladoeiro	0,42±0,140b	9,9±1,73a	1,50±0,112ab	0,08±0,010a	-0,0026±0,0008a
Alcains	0,49±0,322b	11,0±2,03a	1,39±0,093a	0,07±0,006a	-0,0017±0,0005a
CasteloNovo	0,05±0,014a	10,4±0,90a	1,59±0,174ab	0,09±0,023a	-0,0028±0,0007a
Sarzedas	0,20±0,021ab	12,9±3,07a	1,78±0,192b	0,15±0,024b	-0,0026±0,0009a
Virgem extra	≤0,8	≤20	≤2,50	≤0,22	≤0,01

Valores médios±desvio-padrão. Em cada coluna, letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p<0,05$). * % ácido oleico), ** meq O₂ kg⁻¹

para “Azeite virgem extra” (Regulamento (CE) N° 1989/2003). No cômputo global, o índice de peróxidos, K_{232} e K_{270} revelam que o azeite do olival Sarzedas se encontra num estado de oxidação ligeiramente mais avançado (Quadro 1).

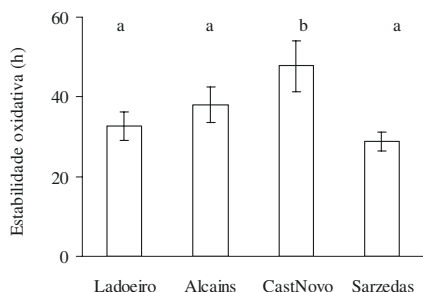


Figura 2 - Estabilidade oxidativa dos azeites. Valores médios e desvio-padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

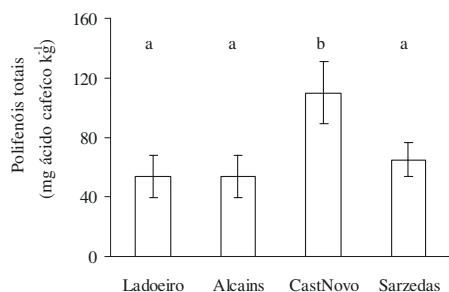


Figura 3 – Concentração em polifenóis totais dos azeites. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

O azeite de Castelo Novo apresentou um maior “potencial de vida útil” (estabilidade oxidativa igual a 47,8 horas), o que poderá estar associado, entre outros, à sua maior concentração em polifenóis totais (110 mg kg⁻¹) (Figuras 2 e 3), corroborando a estreita correlação positiva entre o teor de polifenóis totais e a estabilidade oxidativa ob-

servada por diversos autores (Monteleone *et al.*, 1998; Henriques *et al.*, 2001; Blekas *et al.*, 2002; Rotondi *et al.*, 2004). A estabilidade oxidativa nos azeites da cultivar Galega parece estar intimamente relacionada com o seu baixo teor em ácidos gordos polinsaturados (Henriques *et al.*, 2001; Peres *et al.*, 2002, Pinheiro-Alves *et al.*, 2002) e, possivelmente também, com o seu teor em tocoferóis (Gouveia *et al.*, 2001).

CONCLUSÕES

Os critérios de qualidade, acidez, índice de peróxido, K_{232} , K_{270} , Delta K e exame organoléptico, revelaram o elevado padrão de qualidade dos azeites obtidos a partir de frutos Galega vulgar provenientes de olivais de Produção Biológica e Integrada - “Azeites virgem extra”. Os azeites da cultivar Galega vulgar apresentaram valores médios de estabilidade oxidativa compreendidos 28,8 e 47,8 horas, ambos de olivais de Produção Integrada; o conteúdo em polifenóis totais das amostras oscilou entre 54 e 110 mg kg⁻¹ correspondentes a olivais de Produção Integrada e Produção Biológica.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Medida 8.1 do Programa Agro, Projecto 463: Segurança e qualidade alimentar em produtos do olival. Os autores agradecem a colaboração das restantes entidades envolvidas neste projecto: APIZERE, BIORAIA e APABI. Gratos também pelo apoio técnico de Fátima Canhoto, Fernanda Quintans e José Alfredo Quintans do Departamento de Olivicultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blekas, G., Psomiadou, E., Tsimidou, M. & Boskou, D. 2002. On the importance of total polar phenols to monitor the stability of Greek virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **104**: 340-346.
- Gouveia-Martins, C., Vitorino, M. C., Peres, M. F., Henriques, L. R. & Pinheiro-Alves, M. C. 2001. Antioxidantes naturais em azeites monovarietais da parte sul do distrito de Castelo Branco. *XV Encontro Galego-Português de Química*, 21-23 de Novembro. Coruña.
- Gutiérrez, F., Arnaud, T. & Garrido, A. 2001. Contribution of polyphenols to the oxidative stability of virgin olive oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **81**: 1463-1470.
- Henriques, L. R., Peres, M. F., Vitorino, M. C., Pinheiro-Alves, M. C. & Simões, P. 2001. Índices de rendimento e ácidos gordos componentes dos azeites elementares para as variedades Galega vulgar, Cordovil e Bical de Castelo Branco. *Revista de Ciências Agrárias*, **1-2**: 325-331.
- Hermoso, M., Uceda, M., Frias, L. & Beltran, G. 1997. Maduración. In: D. Barranco, D. Fernandez-Escobar & L. Rallo (eds). *El Cultivo del Olivo*, pp. 139-153. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid..
- Monteleone, E., Caporale, G., Carlucci, A. & Pagliarini, E. 1998. Optimisation of extra virgin olive oil quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **77**: 31-37.
- NP1304 1976. Determinação de teor de água e matérias voláteis. Norma Portuguesa Definitiva.
- Peres, M. F., Henriques, L. R., Pinheiro-Alves, M. C. & Simões, P. 2002. Characterization of three monovariety olive oils of Beira Baixa (Portugal). *Acta Horticulturae*, **586**: 641-644.
- Pinheiro-Alves, M. C. & Gusmão, L. 1994. Use of nuclear magnetic resonance for the determination of total fat content of olive pastes. *2nd International Conference on Applications of Magnetic Resonance in Food Science*. Aveiro, Portugal, 19-21.
- Pinheiro-Alves, M. C., Simões-Lopes, P., Peres, M. F. & Henriques, L. R. 2002. Loteamento de azeites virgens produzidos no norte alentejano. *Melhoramento*, **38**: 259-265.
- Regulamento (CEE) Nº 2568/91 da Comissão de 11 de Julho de 1991.
- Regulamento (CE) nº 796/2002 da Comissão de 6 de Maio de 2002.
- Regulamento (CE) Nº 1989/2003 da Comissão de 6 de Novembro de 2003.
- Rotondi, A., Bendini, A., Cerretani, L., Mari, M., Lercker, G. & Toschi, T. G. 2004. Effect of olive ripening degree on the oxidative stability and organoleptic properties of cv. Nostrana di Brisighella extra virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**: 3649-3654.

Utilização da proteómica para compreender o comportamento de ingestão

Proteomics and ingestive behaviour

E. Lamy¹, F.Capela-Silva^{1,2}, E.S. Baptista^{1,3}, G. Graça⁴,
G.Costa⁴ & A.V. Coelho^{4,5}

RESUMO

O comportamento ingestivo é regulado, entre outros, por factores afectivos, os quais determinam diferentes preferências. A escolha da dieta depende de experiências anteriores, bem como do nível de percepção gustativa, estando a saliva envolvida neste último. As proteínas salivares desempenham papéis muito diversos que incluem a lubrificação, digestão, protecção contra microorganismos e factores antinutritivos, e têm um papel decisivo na transdução do gosto. A nossa abordagem ao estudo do comportamento ingestivo utiliza a proteómica para identificar e monitorizar a expressão das proteínas salivares. A palavra proteómica é utilizada para descrever o estudo do proteoma, ou seja, a medição simultânea da totalidade de proteínas de uma matriz biológica. Temos como objectivo contribuir para uma melhor compreensão dos mecanismos envolvidos na regulação do comportamento em pastoreio, através do estudo do proteoma salivar de cabras e ovelhas, cujas preferências gustativas diferem.

ABSTRACT

Ingestion behavior is controlled, among others, by affective factors, which lead to different preferences. Diet selection depends on animal past experience as well as taste perception, in which saliva is involved. Salivary proteins have diverse functions, which include lubrication, digestion, protection against microorganisms and antinutritional compounds and have an important role in taste transduction. Our approach to the study of feeding behavior uses proteomics to access expression profile and to identify salivary proteins. The word proteomics is used to describe the study of proteome, i.e. the simultaneous measurement of the entirety of proteins from a biological matrix. We aim to contribute to a better understanding of grazing and browsing control mechanisms through the study of sheep and goats salivary proteome, species that show different diet preferences.

¹ ICAM - Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, Universidade de Évora, 7002-554 Évora, e-mail: ecsl@uevora.pt; ²Departamento de Biologia, Universidade de Évora; ³Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora; ⁴ITQB - Instituto de Tecnologia Química e Biológica, Universidade Nova de Lisboa

INTRODUÇÃO

O termo proteoma está associado à identificação e caracterização de um grande número de proteínas, constituintes simultâneos de uma matriz biológica (organelo, célula, organismo, fluido biológico) que são produzidas num determinado momento e sob determinadas condições. O estudo do proteoma, permite obter informação sobre os perfis de expressão das proteínas, quer referentes à sua abundância e localização, quer ainda a modificações químicas ou interações. As técnicas mais vulgarmente utilizadas são as que recorrem à separação das proteínas por electroforese bi-dimensional combinada com a sua posterior identificação através de métodos de espectrometria de massa.

Como este tipo de abordagem possibilita que, com um único ensaio, se consiga identificar e comparar o nível de expressão de um grande número de proteínas e ainda caracterizar as suas modificações pós-translacionais, o interesse pela aplicação da proteómica cresceu bastante na última década. A proteómica tem sido aplicada a uma grande diversidade de áreas de estudo, nomeadamente no estudo de diversas patologias como a diabetes (Scott *et al.*, 2005), ou diferentes tipos de cancro (Hamler *et al.*, 2004; Friedman *et al.*, 2004), em toxicologia (Aardema e MacGregor, 2002), ou ainda na pesquisa de proteínas que possam ser utilizadas como marcadores biológicos de várias doenças (Turck *et al.*, 2005; Blake, 2005). Também na produção animal começa a haver um interesse crescente na utilização da proteómica. Burgess (2004) refere a sua aplicabilidade ao estudo do sistema imunitário de espécies aviárias. Áreas como a parasitologia (de Venevelles *et al.*, 2004), reprodução (Strzezek *et al.*, 2005) e nutrição (Fuchs *et al.*, 2005) também têm beneficiado com a utilização de uma abordagem proteómica e das técnicas experimentais que lhe estão associadas.

As possibilidades decorrentes da utilização destes tipos de estudos estão, no entanto, ainda longe de serem esgotadas. Referindo-nos apenas à nutrição, várias situações poderiam beneficiar desta abordagem. Neste texto iremos referir-nos apenas ao estudo do comportamento de ingestão, processo extremamente complexo e variável. É reconhecida a capacidade que os animais têm de, em pastoreio, ajustar a ingestão, combinando os diversos alimentos que têm à disposição, de modo a ingerir uma dieta que lhes proporcione mais benefícios nutricionais ou psicológicos (Villalba & Provenza, 2005). No entanto, como a maior parte dos estudos se baseia na observação de preferências e quantidades ingeridas, este conhecimento é apenas aplicável a condições semelhantes, pouco contribuindo para compreender os mecanismos que controlam a ingestão. A utilização de técnicas experimentais que permitam avaliar e comparar a expressão proteica em determinados momentos, nomeadamente em resposta a diferentes dietas, são de grande utilidade no estudo do comportamento ingestivo. No entanto, apenas Ishihara *et al.* (2005) utilizaram uma abordagem proteómica no estudo da ingestão, através da qual obtiveram padrões de expressão de proteínas do cérebro de ratos, e compararam o seu perfil proteico quando estes foram sujeitos a regimes alimentares diferentes.

Para uma melhor compreensão dos princípios e técnicas utilizadas em estudos de proteómica recomenda-se a consulta da revisão efectuada por Dhingra *et al.* (2005).

O COMPORTAMENTO DE INGESTÃO

O comportamento de ingestão resulta da interacção de uma variedade de factores, que vão desde mecanismos homeostáticos, os quais estão relacionados com os circui-

tos de informação no cérebro e que asseguram um aporte adequado de energia e nutrientes, a mecanismos hedônicos, que têm a ver com sensações de prazer. Dentro destes últimos destacam-se os mecanismos gustativos, determinantes na escolha da dieta.

A palatabilidade é um factor determinante nos processos de escolha e ingestão dos alimentos. Este é um processo complexo que integra o odor, o sabor e a textura dos alimentos com os efeitos pós-ingestivos destes em termos de nutrientes e toxinas (Provenza, 1995). A percepção do aroma por parte dos animais resulta da recepção dos estímulos gustativos, olfactivos e tácteis por parte dos receptores sensoriais situados na cavidade bucal. Normalmente os animais apresentam preferência para os sabores doce e salgado e aversão para compostos ácidos e amargos, comportamentos estes, que parecem ter um valor adaptativo, na medida em que o sabor amargo está frequentemente associado a alcalóides, muitos deles anti-nutritivos, e o sabor ácido a produtos que ainda se encontram em fases precoces de maturação e, por isso, pouco nutritivos, enquanto que os sabores salgado e doce estão associados a nutrientes com importância para a sobrevivência.

Nos últimos anos tem-se avançado na compreensão da discriminação dos sabores a nível molecular. Foram identificados os genes para vários receptores gustativos (Lindemann, 2001). Verificou-se que existem diferenças entre as várias espécies ao nível do número e distribuição dos receptores gustativos, o que pode levar a diferentes níveis de percepção para os diferentes gostos (Miller & Whitney, 1989; Duffy & Bartoshuk, 2000). No entanto, continua por compreender o modo integrado como a informação gustativa determina o comportamento ingestivo. É igualmente reconhe-

cida a importância que a morfo-fisiologia desempenha na determinação das preferências alimentares (Hofmann, 1989). As glândulas salivares e a composição da saliva apresentam diferenças entre os vários grupos de animais com comportamentos de ingestão diferentes (Kay *et al.*, 1980). As espécies que estamos a estudar, ovinos e caprinos, constituem um exemplo de espécies que, apesar de estarem ligadas filogeneticamente, apresentam diferenças marcadas ao nível da selecção dos alimentos. As ovelhas são animais que se alimentam à base de monocotiledóneas (*grazers*), enquanto que as cabras apresentam uma dieta cuja composição varia de acordo com a disponibilidade de alimento, predominando as monocotiledóneas ou as dicotiledóneas, na sua dieta, consoante a época do ano, apresentando assim um comportamento intermédio entre *grazers* e *browsers* e tendo por isso sido classificadas de *intermediate feeders*.

SALIVA

A saliva é maioritariamente produzida por 3 pares de glândulas salivares (parótidas, submandibulares e sublinguais) ajudadas por numerosas glândulas salivares de menores dimensões, entre as quais as glândulas labiais e as glândulas de von Ebner. A secreção salivar é controlada pelos ramos simpático e parassimpático do sistema nervoso autónomo. Todas as condições, extrínsecas e intrínsecas ao animal, que afectem os sistemas adrenérgico e colinérgico vão produzir alterações na taxa de secreção de saliva e/ou na sua composição. Os estímulos que afectam a secreção de saliva podem ser intra-orais, como é o caso do sabor ou de estímulos mecânicos, ou extra-orais, tais como factores ambientais, odor ou mesmo factores psíquicos, como

expectativas (Christensen e Navazesh, 1984). A estimulação mecânica provocada pelos alimentos induz a secreção de saliva (Richardson & Feldman, 1986). Estímulos químicos diferentes, como são os diferentes sabores, conduzem à produção de fluxos de saliva diferentes. Alimentos com características que irritam a cavidade oral também parecem induzir um intenso fluxo de saliva, o que pode servir para a sua proteção (Martin & Pangborn, 1971). Existe, assim, uma relação mútua entre a secreção de saliva e a composição da dieta. O tipo de alimento não só influencia a produção de saliva, como esta, por sua vez, afecta a percepção sensorial dos alimentos (Matsuo, 2000).

De entre os constituintes da saliva, as proteínas salivares são componentes com funções muito diversas, entre as quais se destaca um papel decisivo ao nível da ingestão. As proteínas que se encontram na saliva são, na sua maioria, sintetizadas *de novo* nas glândulas salivares. No entanto, na saliva também se podem encontrar proteínas cuja proveniência são microorganismos (principalmente bactérias) (McArthur & Jacques, 2003), sangue (Huang, 2004) ou células e tecidos da cavidade oral (Kojima *et al.*, 2000). Algumas proteínas salivares podem influenciar a lubrificação e consequentemente a percepção de certos atributos dos alimentos, tais como a maciez ou a adstringência (Noble, 1995). Certas proteínas salivares são induzidas em resposta à ingestão de certas substâncias presentes nos alimentos, com o objectivo de suprimir os efeitos negativos provocados por estas. É o caso de algumas cistatinas salivares que, em condições normais, estão ausentes na saliva dos roedores, mas que são induzidas pela ingestão de alimentos “agressivos” para a mucosa oral (Bedi, 1991). Do mesmo modo, a ingestão de substâncias com a propriedade de inibir a

detecção do gosto doce induz, nos ratos, a produção de proteínas salivares com afinidade para essas substâncias, servindo como defesa (Katsukawa *et al.*, 1999). Um dos grupos de proteínas salivares que aparece ligado ao tipo de dieta dos animais é o grupo das proteínas com afinidade para taninos. A saliva de animais cuja dieta habitual inclui níveis elevados de taninos apresenta na sua constituição este tipo de proteínas, enquanto que noutros animais a sua produção é induzida pelo aumento do nível destes compostos secundários nos alimentos. Em humanos e ratos, as proteínas salivares ricas em prolina (PRPs) são as mais apontadas como tendo uma elevada afinidade para os taninos, servindo como defesa para o animal, ao formarem complexos estáveis com esses compostos, impedindo-os de exercer efeitos nefastos para o animal (Lu & Bennick, 1998; Baxter *et al.*, 1997). Os humanos apresentam ainda as histatinas (proteínas salivares ricas em histidina), que também têm elevada afinidade para os taninos (Wroblewski *et al.*, 2001; Naurato *et al.*, 1999; Yan & Bennick, 1995), mas a sua presença ainda não foi referida na saliva de outras espécies animais.

PROTEÓMICA, SALIVA E COMPORTAMENTO DE INGESTÃO

O proteoma é um sistema altamente dinâmico, uma vez que as proteínas estão sujeitas a constante biossíntese, modificação e degradação. Ainda que os fenómenos de tradução se iniciem com os RNA mensageiros, muitas vezes não se consegue estabelecer uma relação entre os níveis destes e os das proteínas por eles codificadas. Para além disso, a variedade de proteínas expressas é muitas vezes superior à variedade de RNA mensageiro, devido a modificações pós-transcricionais e pós-traducionais (fos-

forilações, glicosilações, proteólise), que podem ser determinantes para a função das proteínas, pelo que a informação obtida a partir da análise do RNA mensageiro se torna limitada.

A utilização da proteômica no estudo da saliva humana tem vindo a crescer de interesse, de há uns anos para cá, com resultados promissores (Amado *et al.*, 2005). A análise das proteínas da saliva é atractiva, na medida em que a saliva é um fluído cuja recolha é rápida e não invasiva. A maior parte da investigação que tem sido feita, ao nível da saliva, recorrendo a técnicas de proteômica, tem sido realizada em humanos, principalmente em estudos relacionados com a saúde da cavidade oral (Huang, 2004), ou com a identificação de biomarcadores salivares que possam servir para monitorizar o estado de saúde dos indivíduos ou para diagnosticar doenças. Algumas das proteínas identificadas na saliva humana incluem: cistatinas, lizozimas, PRPs ácidas, básicas e glicosiladas, imunoglobulinas, peroxidases, histantinas, entre outras. Para uma listagem mais exaustiva e completa das proteínas salivares identificadas em humanos ver Amado *et al.* (2005) e Hu *et al.* (2005).

Informação referente ao proteoma de outras espécies de mamíferos é praticamente inexistente, se exceptuarmos a utilização de animais como “modelos” humanos, nomeadamente roedores e suínos (Amasaki *et al.* 2001; Williams *et al.* 1999a; Williams *et al.* 1999b). Sendo a saliva um fluído complexo, constituído por uma variedade de proteínas que podem variar, qualitativa e quantitativamente, de acordo com vários factores relacionados com a ingestão, técnicas que permitam separar e identificar essas proteínas são poderosos aliados no estudo do comportamento ingestivo. O conhecimento da composição proteica da saliva, bem como a monitorização das alterações indu-

zidas por factores ambientais, nomeadamente através da composição da dieta, podem contribuir para uma melhor compreensão da fisiologia digestiva e da capacidade adaptativa dos animais. Apesar desta evidência, e dos herbívoros constituírem um grupo de animais com uma dieta variável e dependente das espécies vegetais disponíveis, a aplicação das técnicas de proteômica ao estudo da saliva destes animais nunca foi realizada.

Tal como foi referido anteriormente, cabras e ovelhas escolhem alimentos com características diferentes, em pastoreio. Uma das grandes diferenças na composição desses alimentos regista-se nos níveis de metabolitos secundários presentes, com as cabras a ingerirem uma maior quantidade de substâncias consideradas adstringentes e amargas, nomeadamente taninos, comparativamente às ovelhas. Os humanos e algumas espécies animais, nomeadamente ratos, apresentam uma família de proteínas salivares, as PRPs, as quais têm uma afinidade particular para estabelecer ligações a taninos. Nalgumas espécies essas proteínas são sintetizadas em resposta a um aumento do nível desses compostos na dieta, sendo consideradas como “linha de defesa” contra os efeitos nefastos desses compostos. Estudos realizados em ruminantes sugerem que a produção de proteínas com afinidade para taninos depende dos níveis e tipos de taninos presentes nas dietas normalmente consumidas por esses animais. Desta forma, Hagerman e Robbins (1993) sugerem a presença constitutiva de proteínas com afinidade para taninos na saliva dos *browsers*, a síntese dessas proteínas na saliva de *intermediate feeders*, induzida por níveis elevados de taninos na dieta, e a sua ausência na saliva dos *grazers*.

O trabalho que estamos a desenvolver envolve o estudo do proteoma da saliva parotídea destas duas espécies domésticas de ruminantes.

A metodologia analítica que utilizamos, inclui a separação das proteínas da saliva em electroforese em gel de poliacrilamida a duas dimensões e a análise do padrão de separação, seguida de identificação das proteínas por espectrometria de massa, através de espectros adquiridos num equipamento do tipo MALDI-TOF (*matriz assisted laser desorption ionization – time of flight*). A separação dos extractos de proteínas salivares por electroforese bidimensional implica uma primeira separação por focagem isoelectrica, em função da carga das proteínas, e uma segunda separação em condições desnaturantes, em função da sua massa molecular. Os géis obtidos são posteriormente analisados através da utilização de *software* que possibilita uma comparação do perfil das proteínas expressas em cada uma das diferentes condições. Depois da análise de imagem, as proteínas de interesse são identificadas. Os *spots* correspondentes a essas proteínas são cortados e cada uma das proteínas digerida *in gel*, utilizando uma protease específica. A massa dos péptidos resultantes da digestão é determinada por espectrometria de massa. O padrão do espectro de massa é característico de cada proteína e funciona, por isso, como uma espécie de impressão digital da proteína. Comparando o conjunto das massas de péptidos determinado experimentalmente com as massas dos digeridos teóricos das sequências de proteínas depositadas em bases de dados, é possível identificar as proteínas. Esta busca nas bases de dados é facilitada pela utilização de *software* específico. A estratégia descrita para a identificação de proteínas é denominada *peptide mass fingerprinting*.

Esta abordagem irá permitir-nos conhecer, numa primeira fase, os padrões proteicos característicos da saliva de cada uma das espécies animais referidas, o que poderá ajudar a compreender melhor as decisões, em termos de selecção dos alimentos, por

parte de cada uma delas. Para além disso, pretendemos comparar o proteoma da saliva de cada uma das espécies, quando sujeitas a dietas diferentes, nomeadamente ao nível de compostos fenólicos, de modo a investigar se induzem alterações na composição proteica da saliva que possam explicar os diferentes comportamentos de ingestão.

Em trabalhos preliminares (Lamy *et al.*, 2003), verificámos a existência de diferenças entre ovinos e caprinos no que diz respeito ao perfil proteico da saliva das glândulas parótidas. Qualquer um destes perfis difere também dos existentes na bibliografia para a saliva proveniente das glândulas parótidas de humanos. Algumas das proteínas identificadas até ao momento incluem albuminas, lactoferrinas, anidrase carbónica VI, enolases, entre outras. As proteínas correspondentes às diferenças detectadas ainda não foram identificadas, continuando-se a desenvolver o trabalho laboratorial necessário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aardema, M.J. & MacGregor, J.T. 2002. Toxicology and genetic toxicology in the new era of "toxicogenomics": impact of "-omics" technologies. *Mutat Res*, **499**: 13-25.
- Amado, F.M., Vitorino, R.M., Domingues, P.M., Lobo, M.J. & Duarte, J.A. 2005. Analysis of the human saliva proteome. *Expert Rev Proteomics*, **2**: 521-539.
- Amasaki, T., Amasaki, H. & Nagasao, J. 2001. Immunohistochemical localization of carbonic anhydrase isoenzymes in salivary glands and intestine in adult and suckling pigs. *J Vet Med Sci*, **63**: 1147-1149.
- Baxter, N.J., Lilley, T.H., Haslam, E. & Williamson, M.P. 1997. Multiple inter-

- actions between polyphenols and salivary proline-rich protein repeat result in complexation and precipitation. *Biochemistry*, **36**: 5566-5577.
- Bedi, G.S. 1991. The effect of adrenergic agonists and antagonists on cysteine-proteinase inhibitor (cystatin) in rat saliva. *Arch Oral Biol*, **36**: 611-618.
- Blake, C.A. 2005. Physiological proteomics: cells, organs, biological fluids, and biomarkers. *Exp Biol Med (Maywood)*, **230**: 785-786.
- Burgess, S.C. 2004. Proteomics in the chicken: tools for understanding immune responses to avian diseases. *Poult Sci*, **83**: 552-573.
- Christensen, C.M. & Navazesh, M. 1984. Anticipatory salivary flow to the sight of different foods. *Appetite*, **5**: 307-315.
- de Venevelles, P., Chich, J.F., Faigle, W., Loew, D., Labbe, M., Girard-Misguich, F. & Pery, P. 2004. Towards a reference map of *Eimeria tenella* sporozoite proteins by two-dimensional electrophoresis and mass spectrometry. *Int J Parasitol*, **34**: 1321-1331.
- Dhingra, V., Gupta, M., Andacht, T. & Fu, Z.F. 2005. New frontiers in proteomics research: a perspective. *Int J Pharm*, **299**: 1-18.
- Duffy, V.B. & Bartoshuk, L.M. 2000. Food acceptance and genetic variation in taste. *J Am Diet Assoc*, **100**: 647-55.
- Friedman, D.B., Hill, S., Keller, J.W., Merchant, N.B., Levy, S.E., Coffey, R.J. & Caprioli, R.M. 2004. Proteome analysis of human colon cancer by two-dimensional difference gel electrophoresis and mass spectrometry. *Proteomics*, **4**: 793-811.
- Fuchs, D., Winkelmann, I., Johnson, I.T., Mariman, E., Wenzel, U. & Daniel, H. 2005. Proteomics in nutrition research: principles, technologies and applications. *Br J Nutr*, **94**: 302-314.
- Hagerman, A.E. & Robbins, C.T. 1993. Specificity of tannin-binding salivary proteins relative to diet selection by mammals. *Can J Zool*, **71**: 628-633.
- Hamler, R.L., Zhu, K., Buchanan, N.S., Krenunin, P., Kachman, M.T., Miller, F.R. & Lubman, D.M. 2004. A - dimensional liquid-phase separation method coupled with mass spectrometry for proteomic studies of breast cancer and biomarker identification. *Proteomics*, **4**: 562-577.
- Hofmann, R.R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: comparative view of the digestive system. *Oecologia*, **78**: 443-45.
- Huang, C.M. 2004. Comparative proteomic analysis of human whole saliva. *Arch Oral Biol*, **49**: 951-62.
- Hu, S., Xie, Y., Ramachandran, P., Ogazalek Loo, R.R., Li, Y., Loo, J.A., & Woong, D.T. 2005. Large-scale identification of proteins in human salivary proteome by liquid chromatography/mass spectrometry and two-dimensional gel electrophoresis-mass spectrometry. *Proteomics*, **5**: 174-28.
- Ishihara, K., Nakata, K., Yamagishi, N., Iwasaki, S., Kiriike, N. & Hatayama, T. 2005. A comparative proteomic analysis of the rat brain during rebound hyperagia induced by space-restriction. *Mol Cell Biochem*, **276**: 21-29.
- Katsukawa et al. 1999 Induction of salivary gurrmarin-binding proteins in rats fed gymnema-containing diets. *Chem. Senses*, **24**: 387-392.
- Kay, R.N.B, Engelhardt, W.V. & White, R.G. 1980. The digestive physiology of wild ruminants. In: *The Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*, **36**: 743-761. Ruckebusch, Y. & Thivend, P. (Ed.) MTP Press Limited, Lancaster, UK.

- Kojima, T., Andersen, E., Sanchez, J.C., Wilkins, M.R., Hochstrasser, D.F., Pralong, W.F. & Cimasoni, G. 2000. Human gingival crevicular fluid contains MRP8 (S100A8) and MRP14 (S100 A9), two calcium-binding proteins of the S100 family. *J Dent Res*, **79**: 740-7.
- Lamy, E., da Costa, G., Coelho A.V., Capela e Silva, F. & Sales Baptista, E. (2003) The effect of polyphenols in mammalian herbivores saliva composition. *9th International European Association for Veterinary Pharmacology and Toxicology Congress*. 14-17 July, Lisboa, Portugal. (Poster G-34).
- Lindemann, B. 2001. Receptores and transduction in taste. *Nature*, **413**: 219-225.
- Lu, Y. & Bennick, A. 1998. Interaction of tannin with human salivary proline-rich proteins. *Arch Oral Biol*, **43**: 717-728.
- Mcarthur, D.J. & Jacques, N.A. 2003. Proteome analysis of oral pathogens *J Dent Res*, **82**: 870-6
- Martin, S. & Pangborn, R.M. 1971. Human parotid secretion in response to ethyl alcohol. *J Dent Res*, **50**: 485-490.
- Matsuo, R. 2000. Role of saliva in the maintenance of taste sensitivity. *Crit Rev Oral Biol Med*, **11**: 216-229.
- Miller, I.J. Jr. & Whitney, G. 1989. Sucrose octaacetate-taster mice have more valate taste buds than non-tasters. *Neurosci Lett*, **100**: 271-5
- Narauto, N., Wong, P., Lu, Y., Wroblewski, K. & Bennick, A. 1999. Interaction of tannin with human salivary histatins. *J Agric Food Chem*, **47**: 2229-2234.
- Noble, A.C. 1995. Application of time-intensity procedures for the evaluation of taste and mouthfeel. *Am J Enol Vitic*, **46**:128-133.
- Provenza, F.D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *J Range Manage*, **48**: 2-17.
- Richardson, C.T. & Feldman, M. 1986. Salivary response to food in humans and its effect on gastric acid secretion. *Am J Physiol*, **250**:G85-G91.
- Scott, E.M., Carter, A.M. & Findlay, J.B. 2005. The application of proteomics to diabetes. *Diab Vasc Dis Res*, **2**: 54-60.
- Strzezek, J., Wysocki, P., Kordan, W. & Kuklinska, M. 2005. Proteomics of boar seminal plasma current studies and possibility of their application in biotechnology of animal reproduction. *Reprod Biol*, **5**: 279-290.
- Turck, C.W., Maccne, G., Sayan-Ayata, E., Jacob, A.M., Ditzen, C., Kronsbein, H., Birg, I., Doertbudak, C.C., Haegler, K., Lebar, M., Teplytska, L., Kolb, N., Uwaje, N. & Zollinger, R. 2005. The quest for brain disorder biomarkers. *J Med Invest*, **52 Suppl**: 231-235.
- Villalba, J.J. & Provenza, F.D. 2005. Foraging in chemically diverse environments: energy, protein and alternative foods influence ingestion of plant secondary metabolites by lambs. *J Chem Ecol*, **31**: 123-138.
- Williams, K.M., Ekström, J. & Marshall, T. 1999a. High-resolution electrophoretic analysis of rat parotid salivary proteins. *Electrophoresis*, **20**: 1373-1381.
- Williams, K.M., Ekström, J. & Marshall, T. 1999b The protein composition of ferret parotid saliva as revealed by high-resolution electrophoretic methods. *Electrophoresis*, **20**: 2818-23.
- Wroblewski, K., Muhandiram, R., Chakrabarty, A. & Bennick, A. 2001. The molecular interaction of human salivary histatins with polyphenolic compounds. *Eur J Biochem*, **268**: 4384-4397.
- Yan, Q. & Bennick, A. 1995. Identification of histatins as tannin-binding proteins in human saliva. *Biochem J*, **311**: 341-347.

Efeito de três alimentos diferentes sobre as características físico-químicas do músculo *Longissimus dorsi* do porco de raça Alentejana

Effect of three different foodstuffs on the physical and chemical characteristics of the *Longissimus dorsi* muscle of the Alentejana breed pig

G. Pacheco Ribeiro¹, N. Farinha¹, R. Santos¹ & J. Neves²

RESUMO

Com o objectivo de avaliar a influência do alimento nas características da carne de porco da raça Alentejana, para produção de carne fresca, testaram-se três alimentos: alimento comercial com 3200 kcal de Energia Digestível (ED)/kg e 18,1% de Proteína Bruta (PB), cereal (triticale) com 3300 kcal ED/kg e 13%PB, e mistura de cereais (triticale e aveia) com bagaço de soja com 3200 kcal ED/kg e 17,4% PB.

Cada alimento foi distribuído de modo a fornecer 4250 kcal/dia entre os 30 e os 40 kg de peso vivo, aumentando posteriormente até às 6800 kcal/dia dos 60 aos 70 kg, diminuindo progressivamente até às 4800 kcal/dia dos 90 aos 100 kg de peso vivo. O ensaio foi delineado em 2 blocos casualizados com 3 parques por bloco e 8 animais em cada parque. Os animais, de raça Alentejana, iniciaram o estudo com 35 kg de peso vivo (PV) e foram abatidos aos 100 kg. Após o abate foram desmanchadas (desmacha comercial) 4 carcaças de cada parque e recolhidas amostras do músculo *Longissimus*

dorsi (LD), posteriormente congeladas a – 20 °C até ao momento da análise. Sobre as amostras de lombo, em laboratório procederam-se às seguintes determinações: pH, CRA (capacidade de retenção de água), cor (CIE LAB), humidade, teor de gordura intramuscular e teor de pigmentos totais.

Os resultados relativos ao pH, CRA, cor, teor de gordura intramuscular e teor de pigmentos totais não apresentaram diferenças significativas. Quanto aos teores de humidade, os animais alimentados com triticale apresentaram valores significativamente mais baixos (68,8%) do que os do alimento comercial e da mistura (71,1% e 71,3% respectivamente), o que está de acordo com o maior teor em lípidos intramusculares presentes no lombo dos animais alimentados com triticale, apesar de as diferenças serem não significativas. Concluímos que os três alimentos testados tiveram pouca influência na variação das características físico-químicas analisadas, mas influenciaram significativamente quer a quantidade de músculo produzido, quer o seu peso relativo na carcaça.

¹ Escola Superior Agrária de Elvas, Apartado 254, 7350-903 Elvas (Portugal); e-mail: gpachecoribeiro@yahoo.com; ² Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora

ABSTRACT

With the aim of evaluating the influence of foodstuff in the meat characteristics of the Alentejano pig, bred for fresh meat production, we tested three different foodstuffs: a commercial foodstuff with 3200 kcal of Digestible Energy (DE) per kg and 18,1% Crude Protein (CP), a cereal grain (triticale) with 3300 kcal DE per kg and 13% CP and a mixture of cereal (triticale and oat) with soybean meal with 3200 kcal DE per kg and 17,4% CP.

Each foodstuff was fed to the animals in order to supply 4250 kcal/day of DE to animals between 30 and 40 kg of live weight, and then the amount fed increased gradually, up to 6800 kcal/day, when animals weighted between 60 and 70 kg; finally, the supplied energy decreased down to 4800 kcal/day, to animals from 90 to 100 kg of live weight. The experiment was delineated in 2 randomized blocks, with 3 parks per block and 8 animals in each park. The Alentejana breed animals began the experiment weighting 35 kg, and were sacrificed when they reached 100 kg of live weight. After slaughter, samples from the *Longissimus dorsi* muscle of 4 animals from each park were taken and frozen at -20 °C. These samples were kept frozen until the analytical procedures took place. The laboratorial determinations were pH, Water Holding Capacity (WHC), colour (CIE LAB), moisture, percentage of intramuscular fat, and total pigments.

The results for pH, WHC, colour, intramuscular lipids and total pigments did not present significant differences among themselves. As for moisture, animals fed with triticale showed significantly lower values (68,8%) than animals fed with commercial foodstuff and cereal grain (71,1% and 71,3%, respectively), which agrees with their higher percentage of in-

tramuscular fat (even though not statistically different). We concluded that the 3 tested foodstuffs were of little or no influence in the variation of the analysed physicochemical characteristics, but significantly influenced both the amount of muscle and its relative weight in the carcass.

INTRODUÇÃO

A carne do porco de raça Alentejana tem vindo a afirmar-se como um produto alimentar de grande potencial, em virtude das suas características organolépticas e tecnológicas, assim como pela a sua associação a um modo de produção sustentável com garantias de segurança para o consumidor. Esta valorização da carne e, sobretudo, dos produtos de salsicharia que a utilizam como matéria-prima, tem contribuído para a preservação desta raça, enquanto recurso genético autóctone, assim como para a conservação do ecossistema que constitui o seu solar preferencial: o montado.

No entanto, o recurso alimentar constituído pelos frutos das azinheiras (*Quercus rotundifolia*) e dos sobreiros (*Quercus suber*), e pela fauna e flora características do montado apenas estão disponíveis numa fase do ano, a chamada fase da montanheira, que ocorre, regra geral, entre os meses de Outubro e Fevereiro. Este recurso é portanto escasso, e geralmente aproveitado para a engorda dos animais destinados ao fabrico do produto mais valorizado comercialmente, ou seja, o presunto. Por este motivo, têm vindo a ser estudados outros alimentos alternativos que permitam o abate regular de animais ao longo do ano, de modo a satisfazer, nomeadamente, o mercado da carne fresca.

Existem numerosos estudos que atestam que um regime alimentar deficitário em proteína conduz a um maior teor de gordu-

ra intramuscular e a uma maior percentagem de marmoreado (Bereskin *et al.*, 1978, Karlsson *et al.*, 1992, Castell *et al.*, 1994; citados por Lebret *et al.*, 1999; Cisneros *et al.*, 1996; Witte *et al.*, 2000, citados por Pettigrew e Esnaola, 2001). No que respeita à composição em fibras musculares, Karlsson *et al.* (1992) não observaram qualquer efeito de uma redução no teor proteico da dieta na percentagem e superfície relativa dos diferentes tipos de fibras no músculo *L. dorsi*. O pH e a CRA também não foram afectados.

O músculo *Longissimus dorsi* de porcos Ibéricos criados em regime extensivo apresentou conteúdos significativamente mais elevados de gordura intramuscular (2,51-3,34 vs 1,41 g/100g, $p < 0,01$) e de mioglobina (1,73-1,76 vs 1,04 mg/100g, $p < 0,05$) do que o de porcos de raças melhoradas criados em regime intensivo (Cava *et al.*, 2001). Segundo o mesmo autor, a carne dos porcos Ibéricos criados em regime extensivo apresentou ainda valores significativamente mais elevados de a^* (9,48-11,40 vs 7,24; $p < 0,001$) e significativamente mais baixos de L^* (43,4-46,55 vs 56,77; $p < 0,001$) do que a carne dos porcos de raças melhoradas criados em regime intensivo, de acordo com o sistema CIE (Commission International de l'Eclairage, 1975). De acordo com os resultados de Gentry *et al.* (2004), os lombos de porcos criados no exterior foram mais vermelhos (valores mais elevados de a^* ; $P = 0,03$ e $0,02$, respectivamente) do que os dos porcos criados no sistema intensivo, o que levou os autores a admitir que o sistema extensivo poderá atrasar ou impedir a transformação das fibras musculares do tipo IIA para o tipo IIB/X.

A actividade física ao longo do processo de produção pode reduzir a velocidade da descida do pH *post mortem*, embora 24 horas após o sacrifício o pH não se altere, ou

eventualmente diminua (Petersen, 1997). Um estudo sueco que comparou o sistema clássico de produção intensiva com o sistema extensivo evidenciou também uma diminuição do pH vinte e quatro horas após o sacrifício, ligado a um aumento do potencial glicolítico, nos animais criados em sistema extensivo (Enfält *et al.*, 1997).

É importante conhecer até que ponto a utilização de diferentes alimentos influencia as características da carne para consumo em fresco. O objectivo deste trabalho foi averiguar quais os efeitos da administração de três alimentos diferentes sobre as características físico-químicas do músculo *Longissimus dorsi* em porcos de raça Alentejana.

MATERIAL E MÉTODOS

Testaram-se três alimentos cuja composição se encontra no Quadro 1: alimento comercial com 3200 kcal ED/kg, cereal (triticale) com 3300 kcal ED/kg e mistura de cereais com bagaço de soja (52,06% de triticale, 32,46% de aveia e 15,47% bagaço de soja) com 3200 kcal ED/kg.

Cada alimento foi distribuído de modo a fornecer 4250 kcal de Energia Digestível (ED) entre os 30 e os 40 kg de peso vivo, aumentando posteriormente até às 6800 kcal aos 60-70 kg, diminuindo progressivamente até às 4800 kcal aos 90-100 kg de peso vivo. O ensaio foi delineado em 2 blocos casualizados com 3 parques por bloco e 8 animais em cada parque (de 1,3ha cada). Os animais, porcos de raça Alentejana, iniciaram o estudo com 35 kg de peso vivo (PV) e foram abatidos aos 100 kg.

Após o abate foram pesadas e desmanchadas (desmancha comercial) 4 carcaças

QUADRO 1 - Composição (em % da matéria seca) dos alimentos testados

Alimento	Humidade (%)	Cinza (%)	Proteína bruta (%)	Fibra bruta (%)	Gordura bruta (%)	Extractivo não azotado (%)
Comercial	9,0	15,2	18,1	7,6	2,3	56,8
Triticale	8,3	10,0	13,0	2,8	1,7	72,5
Mistura	7,5	10,5	17,4	6,5	2,7	63,1

de cada parque (8 carcaças por cada modalidade testada). Em cada carcaça foi individualizado o músculo *Longissimus dorsi* (LD), anotado o seu peso e feita a recolha de amostras, posteriormente congeladas a -20 °C até ao momento da análise.

Em laboratório procedeu-se às seguintes determinações: pH, CRA (capacidade de retenção de água), cor (CIE LAB), humidade, teor de gordura intramuscular e teor de pigmentos totais.

pH

As medições do pH foram feitas directamente no músculo, após a descongelação e trituração da amostra. Foi feita através de um eléctrodo penetrante Ingold, modelo Lot406-M6-DXK-S7 ligado a um potenciómetro, sendo as medições corrigidas para a temperatura da amostra (NP 3441). O valor do pH foi dado pela média aritmética das medições (8 medições por amostra).

Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade de retenção de água foi determinada segundo a técnica de pistometria. De acordo com o procedimento descrito por Goutefongea (1996), 5 g de amostra triturada foram colocadas entre dois pedaços de papel de filtro, e sujeitas a uma pressão constante durante 2 minutos, com um pistão (2250 g).

O resultado é expresso em percentagem de água perdida pela amostra, sendo obtida pela diferença de peso antes e após a reali-

zação do método ((peso inicial – peso final) / peso inicial * 100).

Foram efectuados dois testes, correspondendo o valor de CRA à respectiva média aritmética.

Cor

A análise da cor foi efectuada através de um colorímetro Minolta CR300, seguindo o sistema CIELab. Este sistema tem como princípio posicionar a cor no espaço. Um espaço é definido por uma combinação de coordenadas cilíndricas e cartesianas onde um ponto está associado a uma cor única. Determina três coordenadas que expressam a cor: **L***, que nos permite quantificar a luminosidade. Este valor varia entre 0 (para o preto) e 100 (para o branco); **a***, que nos indica o tom compreendido entre o vermelho-púrpura (+60) e o verde-azulado (-60); e **b***, que nos dá o tom entre o azul (-60) e amarelo (+60). Para o $a^*=0$ e $b^*=0$ estamos na presença do cinzento (acromático).

A partir destes valores foram calculadas a tonalidade, em graus e radianos, a cromaticidade e a saturação.

A tonalidade, em radianos, foi calculada através da função: $\arctg(b^*/a^*)$

Esta função devolve o arco tangente de um número em radianos, num intervalo de $-\pi/2$ a $\pi/2$. Este número é o resultado da operação que se encontra entre parêntesis.

A tonalidade, em graus é calculada a partir da tonalidade em radianos anteriormente obtida.

A cromaticidade (ou Croma), é calculada segundo a seguinte fórmula:

$$(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Por fim, a saturação é calculada através da cromaticidade e da luminosidade (valor L^*) seguindo a fórmula: Saturação = Cromaticidade / L^*

O aparelho foi sempre calibrado no início de cada análise, usando o azulejo padrão (branco), de acordo com as instruções do equipamento.

Humidade

A humidade foi calculada a partir de uma porção de 10g de amostra triturada que se colocavam num cadinho previamente identificado. A amostra era depois misturada com areia tratada e etanol, sendo de seguida colocada na estufa a 102 ± 2 °C até haver uma estabilização do peso. A primeira pesagem efectuou-se após decorrerem 2 horas e as posteriores após 30 minutos. As operações de secagem, arrefecimento e pesagem foram efectuadas para duas repetições. Considera-se que o peso é estável, quando a diferença entre pesagens é inferior a 10mg.

O resultado é determinado em função da perda de massa quando submetida à secagem, e pela média aritmética das duas repetições, sendo expresso em percentagem do produto (Norma Portuguesa NP-1614 (1979)).

Lípidos intramusculares

Esta análise foi realizada segundo o método de Marmer e Maxwell (1981). Através deste método foram separadas as duas fracções lipídicas. A fracção neutra, constituída essencialmente por triglicéridos e a fracção polar constituída por fosfolípidos.

O enchimento da coluna de vidro (35 mm $\varnothing$, com ponta gotejante) efectua-se com lã de vidro no nível inferior, 10g da

mistura de celite 545:fosfato bicálcico, na proporção de 9:1 no nível intermédio, e uma mistura de 10g de celite 545 + 5g de sulfato de sódio anidro + 2,5g de amostra liofilizada, no nível superior.

Para fazer a separação das duas fracções, utilizaram-se dois solventes com polaridades distintas. Para arrastar a fracção neutra (triglicéridos), procedeu-se à eluição com 100ml de diclorometano e para a fracção polar (fosfolípidos) com 100ml da mistura de diclorometano:metanol na proporção de 9:1.

Os eluídos das diferentes fracções, foram recolhidos para balões de fundo plano de 200ml e levados ao evaporador rotativo para se retirar o solvente, colocando-se de seguida no exsiccador durante 24 horas.

A determinação é feita através da diferença de pesos dos balões antes e após a eluição, sendo o resultado expresso em percentagem de produto.

Pigmentos totais

O conteúdo em pigmentos totais foi determinado pelo método de Hornsey (1956). Neste método, procede-se à separação do grupo heme da globina, de uma amostra de 10g de músculo triturado. Adicionaram-se 40 ml de acetona e 1 ml de ácido clorídrico (12N), agitou-se e deixou-se em repouso durante 1 hora na obscuridade a 4 °C. Seguidamente procedeu-se à filtração com papel de filtro Watman n.º 40, fazendo-se depois a leitura num espectrofotómetro à absorvância de 640 nm. O resultado é expresso em partes por milhão (ppm) de hematina e obtêm-se multiplicando a densidade óptica registada por 680.

Com o auxílio do programa Statistica® for Windows versão 5, efectuou-se a análise de correlação entre variáveis, a análise de variância (ANOVA a um factor) e a se-

paração de médias pelo método de Tukey com $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 2 podemos observar que os alimentos testados não conduziram a diferenças significativas nos valores das características físico-químicas observadas, a não ser no teor de humidade da carne, em que os animais alimentados com tritcale apresentaram o menor valor para esta característica.

Verificamos que o teor de humidade apresenta uma correlação negativa forte ($r = -0,940$) com o teor em lípidos intramusculares (observados no mesmo músculo) (Quadro 3), o que está de acordo com Estévez *et al.* (2003), que comparou três linhagens de porco ibérico com porco comercial, e pode ser explicado pelo facto de o tecido adiposo conter menor teor de humi-

dade do que o tecido muscular. Os animais alimentados com tritcale apresentaram maior teor de gordura intramuscular (apesar de não haver diferenças significativas), provavelmente devido ao desequilíbrio nutricional deste alimento com elevado teor em energia e baixo teor em proteína.

Os valores de humidade medidos são comparáveis aos referidos por Muriel *et al.* (2004) que variaram entre 67,4 e 69,9 para quatro linhagens de porco ibérico (Quadro 4).

Os altos níveis de gordura intramuscular parecem favorecer a tenrura da carne e o aumento da sua suculência uma vez que facilitam a separação das fibras musculares reduzindo a força necessária de mastigação (Estévez *et al.*, 2003). Os valores que obtivemos para esta variável são comparáveis aos de Muriel *et al.* (2004) que variaram entre 3,67 e 5,11, e ligeiramente superiores aos referidos pelos outros autores apresentados no Quadro 4.

QUADRO 2 - Características físico-químicas do lombo proveniente de animais submetidos a três alimentos distintos (média±desvio padrão)

	Média	Alim. Comercial	Mistura	Tritcale	signif.
pH	5,79±0,21	5,70±0,24	5,91±0,21	5,76±0,15	ns
CRA	15,09±4,29	16,46±6,33	14,09±3,45	14,73±2,25	ns
Humidade (%)	70,39±2,32	71,13±1,70 a	71,27±1,66 a	68,77±2,73 b	*
L* (luminosidade)	43,34±3,77	42,56±2,98	43,75±3,03	43,70±5,25	ns
a* (índice de vermelho)	10,56±2,98	11,20±1,95	9,76±1,43	10,72±4,70	ns
b* (índice de amarelo)	3,94±1,16	4,65±1,31	3,39±0,59	3,79±1,18	ns
Cromaticidade	11,29±3,13	12,14±2,27	10,35±1,43	11,38±4,80	ns
Saturação	0,26±0,09	0,28±0,04	0,24±0,03	0,27±0,14	ns
Tonalidade	20,56±3,22	22,27±2,82	19,31±3,31	20,10±3,13	ns
Pigmentos (ppm)	58,74±21,12	65,07±32,42	51,26±15,74	59,88±7,48	ns
Gordura intramuscular (%)	5,13±2,61	4,51 ± 2,16	4,33 ± 2,14	5,54 ± 1,90	n.s.
Lombo na carcaça (kg)	3,54±0,25	3,71±0,21 a	3,48±0,22 ab	3,42±0,25 b	*
Lombo na carcaça (%)	4,40±0,28	4,58±0,19 a	4,43±0,25 ab	4,19±0,26 b	*

QUADRO 3 - Matriz de correlação entre as características físico-químicas observadas no músculo *Longissimus dorsi* dos animais testados

	PH	CRA	Humidade	L*	a*	b*	Cromat	Saturação	Tono	Pigmento
PH										
CRA	0,363									
Humidade	-0,001	0,106								
L* (luminosidade)	-0,532*	0,173	0,157							
a* (índice de vermelho)	-0,048	-0,022	-0,642**	-0,261						
b* (índice de amarelo)	-0,292	0,019	-0,418*	0,095	0,769***					
Cromaticidade	-0,082	-0,016	-0,630**	-0,220	0,996***	0,821***				
Saturação	0,062	-0,081	-0,639**	-0,444*	0,975***	0,701***	0,965***			
Tonalidade	-0,375	0,013	0,201	0,544**	-0,176	0,469*	-0,095	-0,235		
Pigmentos	-0,229	0,133	-0,424*	0,155	0,443*	0,548**	0,470*	0,340	0,121	
Lípidos Intramusc.	0,153	-0,188	-0,940***	-0,210	0,668**	0,444*	0,657**	0,665**	-0,235	0,484*

QUADRO 4 – Valores referidos na bibliografia para as características físico-químicas da carne de porco Alentejano/Ibérico

Autor	Pigment. Totais (ppm)	Gordura Intram. (%)	Humidade (%)	pH	CRA (%)	Cor					
						L*	a*	b*	Tono	Croma	Saturação
Neves (1998)	71,87	-	-	5,55	21,45	48,38	13,18	10,38	38,15	16,80	0,35
Estévez <i>et al.</i> (2003)	69,50-66,78	2,51-3,34	72,28-73,65	-	-	43,40-46,55	9,48-11,40	3,52-4,70	18,18-26,57	10,71-12,31	0,24-0,26
Cava <i>et al.</i> (2003)	-	4,79	71,28	-	-	46,36	14,83	4,73	17,68	15,61	0,34
Muriel <i>et al.</i> (2004)	-	3,67-5,11	67,42-69,9	-	-	44,25-48,36	10,21-14,16	6,41-8,35	26,43-32,00	12,07-16,48	0,27-0,34
Peñacova (2002)	-	3,6 – 4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Após o sacrifício, o músculo deixa de receber oxigénio, o que faz com que haja uma alteração do metabolismo aeróbio para anaeróbio, com formação de ácido láctico. À medida que o ácido láctico se acumula, o pH do músculo desce de 7,2 aproximadamente, no tecido vivo, para aproximadamente 5,6 na carne, 24 horas após o abate (Lawrie, 1985, citado por Frisby *et al.*, 2005). O pH tem sido reiteradamente considerado como o melhor indicador do rendimento tecnológico da carne (Monin, 1998, citado por Frisby *et al.*, 2005). Durante o arrefecimento da carcaça, uma descida moderada do pH ao longo de um período de

tempo prolongado origina uma carne de elevada qualidade, em termos de cor e textura (Frisby *et al.*, 2005). Quando o pH desce muito rapidamente abaixo de 5,4, obtém-se uma carne pálida, mole e exsudativa (*Pale, Soft and Exudative*, PSE) enquanto que se o pH não desce o suficiente, a carne torna-se escura, dura e seca (*Dark, Firm and Dry*, DFD). Segundo Neves (1998), no porco Ibérico/Alentejano não foram registados casos de PSE, o que pode ser atribuído à sua marcada rusticidade e carácter acomodatório, e ao tipo de fibras que predominam nos músculos. Já a carne do tipo DFD pode ter importância nesta raça, devido ao facto das

condições de transporte e sacrifício dos animais levarem com frequência a um esgotamento do glicogénio, originando um pH final elevado. Analisando os nossos resultados, verificamos que o valor do pH, ligeiramente acima dos valores considerados normais para a espécie (Lawrie, 1985, citado por Frisby *et al.*, 2005; Neves, 1998), pode ter sido influenciado pelo facto de os animais, antes do abate, terem estado 48h sem fornecimento de alimento. De facto, de acordo com Warriss (2000), uma das causas possíveis para o esgotamento do glicogénio muscular que conduz a uma insuficiente descida do pH da carne é o stress crónico provocado por períodos prolongados de jejum. A confirmar-se esta hipótese, dever-se-iam tomar medidas para a redução daquele período de tempo.

Os valores da capacidade de retenção de água (CRA) observados no ensaio são inferiores aos referidos por Neves (1998) que obteve um valor médio de 21,45 para esta característica em animais com 115 Kg ao abate. A CRA é uma característica importante, já que afecta a aparência da carne, o seu comportamento durante a cozedura e a sua suculência, além de afectar o rendimento dos produtos da indústria transformadora, através das perdas de água por gotejamento (Neves, 1998). A CRA é fortemente influenciada pela velocidade e amplitude da descida do pH *post mortem* (Monin, 1983, citado por Lebret *et al.*, 1999). Uma diminuição demasiado rápida leva a uma diminuição da CRA e à produção de uma carne PSE.

Os valores de L^* (média de 43,34) estão no limite inferior do intervalo ou ligeiramente abaixo dos valores médios apresentados por outros autores (Quadro 4), denotando uma tendência de escurecimento da carne no nosso ensaio, o que está de acordo com Boles e Pegg (2005): o escurecimento da carne torna-se particularmente evidente quando o pH não desce abaixo de 5,7.

De modo análogo ao que ocorreu com o valor de L^* , também para a^* , b^* , tonalidade, cromaticidade e saturação, os valores que obtivemos estão no limite inferior ou ligeiramente abaixo dos valores referidos na bibliografia (Quadro 4).

Os valores de pigmentos são ligeiramente superiores aos apresentados por Neves *et al.* (2005) que obtiveram os valores de 49,87 e 55,49 para animais abatidos aos 100 kg e aos 90 kg de PV respectivamente, embora sejam inferiores aos resultados obtidos por outros autores (Quadro 4). Este facto poderá estar relacionado com a distribuição diária do principal recurso alimentar (o alimento testado) não estimular o exercício físico para a procura de outra fonte de alimentação. O alimento e a água foram fornecidos sempre no mesmo local, sendo a restante área do parque ocupada por recursos naturais de baixo valor alimentar (ex. cardos), o que terá condicionado a mobilidade dos animais e eventualmente as suas características cromáticas (Gentry *et al.*, 2004). Cava *et al.* (2003) citando Leseigneur_Meynier e Gandemer (1991) referem que o teor de pigmentos é um bom indicador de vermelhidão do músculo e tem elevada relação com a sua actividade oxidativa. Estévez *et al.* (2003) reforçam o interesse desta determinação em virtude da preferência dos consumidores pela cor vermelha intensa deste tipo de carne.

Globalmente, os nossos resultados demonstram a reduzida influência do alimento nas características físico-químicas do músculo *Longissimus dorsi*, o que está de acordo com Neves (1998), que refere que as características biológicas originais do tecido muscular do porco Alentejano parecem estar essencialmente relacionadas com o genótipo e o manejo produtivo extensivo, enquanto que as do tecido adiposo são fundamentalmente atribuídas ao tipo de alimentação, em particular na fase de engorda.

Quando analisámos o peso do músculo (*Longissimus dorsi*) e a proporção deste no peso total da carcaça, verificámos que os resultados para ambas as características foram significativamente influenciados pelo tipo de alimento (Quadro 2). Os valores mais elevados corresponderam aos animais submetidos ao alimento comercial, provavelmente devido ao maior equilíbrio nutritivo deste alimento quando comparado com os outros dois.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos levam-nos a deduzir que o tipo de alimento fornecido ao porco de raça alentejana tem pouca influência nas características físico-químicas do músculo *Longissimus dorsi*, para consumo em fresco, sendo mais notória a sua influência na quantidade e no peso relativo de músculo da carcaça, tendo o tritale conduzido a valores menos favoráveis destas duas últimas características. As repercussões destes resultados no rendimento económico do criador dependem da relação entre o aumento de preço da carcaça conseguido pela maior valorização da carne magra e a eventual redução do preço a pagar pelos alimentos mais desequilibrados em termos nutritivos (relação energia/proteína), que conduzem a carcaças com maior teor de gordura. Fica assim em aberto a possibilidade de se testarem alimentos mais baratos, e facilmente disponíveis no mercado, que não afectem negativamente nem a quantidade de carne com elevado valor comercial, nem as suas características tecnológicas.

Condições externas que possam afectar negativamente as características tecnológicas da carne, como sejam os prolongados períodos de jejum antes do abate, que conduzem a pH elevado e a que a carne fique escura, dura e seca, devem ser evitadas.

AGRADECIMENTOS

Aos técnicos da Elipec, Dr^a Ana Barradas e Eng^o António José Rodrigues, e da ANCPA, Eng^o Pedro Bento e Eng^o Custódio Bento, nossos parceiros no projecto AGRO, pela sua contribuição para a obtenção destes resultados. Ao Sr. Joaquim Manuel Sanches Cruz, por ter disponibilizado todas as condições necessárias para a realização dos trabalhos de campo na sua exploração.

Trabalho financiado pelo projecto AGRO 321 "Utilização do porco de raça Alentejana respeitando os princípios da sustentabilidade do montado e objectivação na valorização dos produtos tradicionais de qualidade".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boles, J.A. & Pegg, R. 2005. Meat color. *Montana State University and Saskatchewan Food Product Innovation Program*. University of Saskatchewan. Disponível em <http://animalrange.montanaedu/courses/meat/meatcol.pdf>.
- Cava, R., Morcuende, D. & Estévez, M. 2001. Characteristics of meat from free-range reared light Iberian pigs and commercial pigs: a comparative study. *31st Annual Food Sci. Tech. Conference*. Cork, Ireland, pp. 122.
- Cava, R., Estévez, M., Ruiz, J. & Morcuende, D. 2003. Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight. *Meat science*, **63**(4): 533-541.
- Comission Internationale de l'Eclairage 1975. Comission Internationale de l'Eclairage 18 th Session, London, UK, September 1975. C.I.E. publication, 36.

- Enfält, A.C., Lundström, K., Hansson, I., Lundeheim, N. & Nyström, P.E. 1997. Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Sci.*, **45**: 1-15.
- Estévez, M., Morcuende, D. & Cava, R. 2003. Oxidative and colour changes in meat from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight and from industrial pig during refrigerated storage. *Meat Science*, **65**(3): 1139-1146.
- Frisby, J., Raftery, D., Kerry, J.P. & Diamond, D. 2005. Development of an autonomous, wireless pH and temperature sensing system for monitoring pig meat quality. *Meat Science*, **70**: 329-336.
- Gentry, J.G., McGlone, J.J., Miller, M.F. & Blanton, J.R. 2004. Environmental effects on pig performance, meat quality, and muscle characteristics. *J. Anim. Sci.*, **82**: 209-217.
- Goutefongea, R. 1966. Etude comparative de différentes méthodes de mesure du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. *Ann. Zootech.* **15** (7):291-295.
- Hornsey, H. C. 1956. The colour of cooked cured pork. I. Estimation of nitric oxide-haem pigments. *J. Sci. Agri.*, **7**, pp. 534.
- Karlsson, A., Essen-Gustavsson, B. & Lundström, K. 1992. Muscle glycogen depletion pattern in *Longissimus dorsi* muscle of pigs fed high and low protein diet. *38th Int. Cong. of Meat Sci. Technol.*, Clermont-Ferrand, France, **3**, pp. 375-379.
- Lebret, B., Lefaucheur, L. & Mourot, J. 1999. La qualité de la viande de porc. Influence des facteurs d'élevage non génétiques sur les caractéristiques du tissu musculaire. *INRA Prod. Anim.*, **12**:11-28.
- Marmer, W. & Maxwell, R. 1981. Dry column method for the quantitative extraction and simultaneous class separation of lipid from muscle tissue. *Lipids*, **16**: 365-170.
- Muriel, E., Ruiz, J., Ventanas, J., Petró, M.J. & Antequera, T. 2004. Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science*, **67**: 299-307.
- Neves, J.A.M. 1998. *Influência da Engorda em Montanha Sobre as Características Bioquímicas e Tecnológicas da Matéria-Prima e do Presunto Curado de Porco Alentejano*. Dissertação de doutoramento. Universidade de Évora, 244 p.
- Neves, J., Freitas, A., Bento, P., Martins, J.M. & Nunes, J.T. 2005. Características físico-químicas de porcos de raça alentejana. *III Jornadas Ibéricas de Raças Autóctones, Transformação com genuinidade*, p. 215.
- Norma Portuguesa NP – 1614.1979. Carnes, derivados e produtos cárneos. Determinação da humidade. Processo de referência.
- Norma Portuguesa NP – 3441. 1979. Carnes, derivados e produtos cárneos. Determinação de pH. Método corrente.
- Peñacova, J.M. 2002. *Efecto de la Fermentación Microbiana en el Intestino Grueso Sobre la Digestión, Absorción y Utilización de Nutrientes: Comparación Entre el Cerdo Landrace y el Ibérico*. Tesis Doctoral.
- Petersen, J.S. 1997. Muscle structure and meat quality in physically active pigs. *Pig News Inf.*, **18**: 79N-82N
- Pettigrew, J.E. & Esnaola, M.A. (2001). Swine nutrition and meat quality: A review. *J. Anim. Sci.*, **79** (E.Suppl.): 316-342.
- Warriss, P.D. 2000. *Meat Science: An Introduction text*. P.D. Warriss (ed.). CABI Publish. Wallingford, Oxon, UK. 310 p.

As leguminosas como alimentos funcionais: o caso das dislipidémias e das doenças cardiovasculares

Legumes as functional foods: the case of dyslipidemia and cardiovascular diseases

J.M. Martins¹ & O.P. Bento¹

RESUMO

A dieta mediterrânica é rica em alimentos funcionais. As leguminosas, um dos alimentos-chave desta dieta, têm visto o seu papel na prevenção de dislipidémias, diabetes e cancro do cólon mencionado por muitos autores. O efeito do consumo de leguminosas na redução da colesterolémia deve-se a diferentes nutrientes e fitoquímicos, tais como: i) proteína; ii) lípidos, particularmente a componente polinsaturada e monoinsaturada; iii) fibra, especialmente a fracção solúvel; iv) saponinas; e v) fitosteróis. O consumo da soja tem sido relacionado com tais efeitos benéficos, mas dados recentes obtidos na Universidade de Évora demonstraram que leguminosas como a ervilha e o tremço de folhas estreitas também apresentam elevado potencial funcional na regulação do colesterol sanguíneo. O seu consumo levou a reduções de 30% na colesterolémia de animais experimentais, via redução do colesterol das LDL. A utilização destas leguminosas como alimentos funcionais e/ou como fornecedoras de fitoquímicos com potencial preventivo e terapêutico é promissora e poderá constituir uma mais-valia e uma fonte extra de rendimento para

os agricultores que se dediquem ao cultivo destas espécies.

ABSTRACT

The Mediterranean diet is rich in functional foods. Legumes are one of the key-foods of this diet and many authors mention their role in the prevention of dyslipidemias, diabetes and colon cancer. The hypocholesterolemic effect of legumes is related to several nutrients and phytochemicals. Among them: i) protein; ii) lipids, especially polyunsaturated and monounsaturated ones; iii) dietary fibre, especially soluble fibre; iv) saponins; and v) phytosterols. Soybean consumption has been related with these beneficial effects. However, recent data obtained at the University of Évora have demonstrated that other legumes, such as peas and blue lupin, can also present a high hypocholesterolemic potential. In fact, the consumption of these legumes led to a 30% reduction in the cholesterolemia of experimental animals, due to a LDL-cholesterol reduction. The utilization of these legumes as functional foods or as providers of phytochemicals with a high preventive and therapeutic

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, Universidade de Évora, 7002-554 Évora, e-mail: jmartins@uevora.pt

potential is promising, and may contribute to an increase in the income of farmers growing these crops.

INTRODUÇÃO

A associação entre o consumo alimentar e benefícios terapêuticos em certas doenças crônicas não é recente. Já há cerca de 2 500 anos atrás, Hipócrates postulava: "Que o teu alimento seja o teu remédio e que o teu remédio seja o teu alimento". Este princípio tem recebido actualmente uma atenção renovada e o interesse dos consumidores no papel dos denominados alimentos funcionais tem crescido exponencialmente. Todos os alimentos podem ser considerados funcionais por proporcionarem sabor, aroma ou valor nutritivo. No entanto, o conceito de alimento funcional, desenvolvido no Japão nos anos 80 (Hasler, 2002), tem sido aplicado durante a última década aos alimentos que, para além dos nutrientes tradicionais que contêm, apresentem componentes bioactivos benéficos para a saúde (Thomas & Earl, 1994).

A ingestão de uma dieta desequilibrada pode ter um peso superior a 30% no desenvolvimento das doenças cardiovasculares, superior a 35% no desenvolvimento do cancro e superior a 50% no desenvolvimento da obesidade (Holm, 2003). As evidências científicas sobre o papel dos alimentos funcionais e seus componentes bioactivos na prevenção e tratamento destas e outras doenças crônicas têm aumentado significativamente nos últimos anos (Holm, 2003; German & Watkins, 2004). Por esta razão, a sociedade actual, mais preocupada com a Saúde, tem feito dos alimentos funcionais o carro mestre da indústria alimentar (Hasler, 2002; Jones, 2002). Nas duas últimas décadas, o volume de negócios associado à produção de alimentos funcionais e componen-

tes bioactivos teve um incremento anual de 16%, encontrando-se especialmente desenvolvido no Japão, Estados Unidos, França, Alemanha e Reino Unido (Holm, 2003).

Apesar de existirem várias classes de alimentos funcionais e componentes bioactivos de origem animal e microbiana, a sua grande maioria deriva de plantas (Hasler, 2002). Estudos epidemiológicos e ensaios em humanos, em animais e *in vitro* indicam que dietas baseadas no consumo de vegetais podem reduzir o risco de doenças crônicas (Craig, 1997; Anderson & Major, 2002; Jones, 2002), particularmente de doenças cardiovasculares (DCV), a primeira causa de mortalidade e morbilidade nos países ocidentais (German & Watkins, 2004). Esta acção é exercida por substâncias químicas biologicamente activas, conhecidas por fitoquímicos (Craig, 1997).

AS LEGUMINOSAS COMO ALIMENTOS FUNCIONAIS

A globalização da cultura e das actividades comerciais tem induzido uma ocidentalização dos sistemas alimentares e das dietas por todo o Mundo, nomeadamente da dieta mediterrânica (Kabagambe *et al.*, 2005; Trichopoulos *et al.*, 2005). Rica em alimentos funcionais, esta dieta é caracterizada pelo consumo elevado de frutas, leguminosas, hortícolas, cereais e azeite, consumo moderado a elevado de peixe, consumo moderado de vinho, consumo baixo a moderado de produtos lácteos (essencialmente queijos e iogurtes) e consumo baixo de carne (Willett *et al.*, 1995). Recentemente, o Comité de Aconselhamento Científico da American Heart Association declarou que a dieta tipo mediterrânica apresenta efeitos benéficos importantes na prevenção de DCV (Kris-Etherton *et al.*, 2001). As leguminosas desempenham um papel fundamental nos

sistemas alimentares tradicionais de muitas regiões, sendo um dos alimentos-chave da dieta mediterrânea. Estes vegetais são uma fonte alimentar econômica e rica em proteína, amido, fibra (solúvel e insolúvel), fitoquímicos e vários minerais e vitaminas. Por outro lado, são pobres em energia, lípidos (com exceção das oleaginosas) e sódio. Alguns dos seus componentes tradicionalmente caracterizados como antinutritivos, como é o caso das saponinas, têm sido ultimamente associados a efeitos benéficos na saúde do consumidor (Setchell & Radd, 2000; Venter & van Eyssen, 2001).

As leguminosas têm visto o seu papel na prevenção de dislipidémias, diabetes, cancro do cólon e osteoporose confirmado por inúmeros trabalhos científicos (Kingman *et al.*, 1993; Setchell & Radd, 2000; Venter & van Eyssen, 2001; Anderson & Major, 2002). Desde os anos 60 que relatórios e artigos científicos referem a aptidão hipocolesterolémica dos grãos das leguminosas e/ou seus componentes no Homem (Mathur *et al.*, 1968; Jenkins *et al.*, 1983) e em modelos animais como o suíno (Combs *et al.*, 1967; Kingman *et al.*, 1993), o rato (Devi & Kurup, 1970; Soni *et al.*, 1982) e o coelho (Finnigan, 1983). No entanto, apesar das reduções no nível sanguíneo de colesterol induzidas por regimes à base de leguminosas se detectarem em humanos e modelos animais normo e hiperlipémicos, este efeito é mais marcado nos casos em que a colesterolemia é elevada (Bingwen *et al.*, 1981; Kingman, 1991).

As várias espécies de leguminosas podem originar efeitos fisiológicos de diferente magnitude devido às suas diferentes composições químicas. A soja é a espécie mais estudada, mas a investigação do efeito hipocolesterolémico e preventivo em doenças crónicas de leguminosas menos consumidas que a soja, pode revelar novas fontes de alimentos funcionais (Setchell & Radd,

2000; Anderson & Major, 2002; Madar & Stark, 2002).

As leguminosas e as dislipidémias

As leguminosas têm demonstrado capacidade de diminuir os níveis de triacilgliceróis sanguíneos em sujeitos hipertriacilglicerolémicos (Anderson *et al.*, 1984; Shutler *et al.*, 1987a b; Kingman, 1991; Anderson & Major, 2002). Sendo os regimes ricos em leguminosas regra geral pobres em mono e dissacáridos, este efeito pode estar relacionado com a diminuta resposta insulínica detectada após o seu consumo, a qual está associada a baixos níveis de triacilglicerolemia (Frost *et al.*, 1999). Segundo Jenkins *et al.* (1983) os níveis deprimidos de glucose e insulina verificados após a ingestão de uma mistura de grãos de leguminosas secas estariam relacionados com a taxa lenta à qual as leguminosas libertam os produtos da digestão do amido. Tal foi atribuído à natureza do próprio amido e à rigidez das células nas quais ele está armazenado (Würsch *et al.*, 1986).

A hipercolesterolemia, um dos mais importantes factores de risco das DCV, pode ser diminuída através de medidas dietéticas em cerca de 75% dos indivíduos (Anderson *et al.*, 1990). Assim, o consumo de grãos de leguminosas ou seus componentes tem sido experimentalmente correlacionado com um efeito hipocolesterolémico, via redução do colesterol das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (Shutler *et al.*, 1987a; Kingman, 1991; Anderson & Major, 2002; Lin *et al.*, 2004). Os nutrientes e fitoquímicos apontados como contribuindo para tal efeito, incluem: i) a componente proteica e a sua composição em aminoácidos (Kritchevsky, 1979), nomeadamente nos essenciais (Jones, 2002); ii) a componente lipídica, com especial ênfase na relação ácidos gordos polinsaturados (PUFAs):saturados

(Woollett *et al.*, 1992) e no teor em ácido oleico (Daumerie *et al.*, 1992); iii) o amido resistente (Topping, 1991; Abadie *et al.*, 1994) e a fibra alimentar, mais especificamente a sua fracção solúvel (pectinas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses) (Jenkins *et al.*, 1975; Kritchevsky, 1987; Anderson *et al.*, 1994; Kreuzer *et al.*, 2002); iv) as saponinas, que se encontram em quantidade relevante em leguminosas como a soja, a ervilha, o feijão e o grão-de-bico (Oakenfull, 1981; Champ, 2002); e v) os fitosteróis, que se encontram em quantidades variáveis nas leguminosas e seus óleos (Ikeda *et al.*, 1988; Ling & Jones, 1995). No entanto, os mecanismos através dos quais estes fitoquímicos induzem o efeito hipocolesterolémico não são ainda conhecidos em detalhe. Têm sido abordados diversos modos de actuação, nomeadamente através de mecanismos metabólicos, envolvendo concentrações plasmáticas em aminoácidos ou hormonas (Forsythe *et al.*, 1986), através da absorção de PUFA's (Shutler *et al.*, 1987a), ou de mecanismos gastrintestinais que afectam a microflora intestinal e/ou o metabolismo enterohepático dos esteróis. Esta última hipótese, envolvendo o aumento de excreção dos esteróis ácidos e neutros, tem sido aquela que maior consenso tem despertado como explicação para a sua actuação, quer em humanos quer em modelos animais normo e hipercolesterolémicos (vide, por exemplo, Mathur *et al.*, 1964; Vahouny *et al.*, 1980; Oakenfull, 1981; Soni *et al.*, 1982; Ling & Jones, 1995; Duane, 1997; Hicks & Moreau, 2001; Kreuzer *et al.*, 2002; Lin *et al.*, 2004).

Ainda não foi claramente definida a quantidade mínima de grãos de leguminosas a consumir para que se note um efeito hipocolesterolémico. A longo prazo, é possível manter tal efeito através do consumo regular de pequenas quantidades de grãos de leguminosas, como se observou em humanos

(33 g MS d⁻¹) (Bingwen *et al.*, 1981). A curto prazo, para se obter tal efeito, o limite aumenta (Shutler *et al.*, 1989; Kingman, 1991), como se verificou após 2 semanas de consumo de feijão em conserva (*Phaseolus vulgaris* L.) por humanos normocolesterolémicos (60 a 120 g MS d⁻¹) (Shutler *et al.*, 1989). As tentativas para verificar se este efeito hipocolesterolémico é dose-dependente têm dado resultados contraditórios: Jenkins *et al.* (1983) não conseguiram correlacionar a redução da colesterolémia com a quantidade de feijão consumida (de 95 a 190 g d⁻¹) por humanos hipercolesterolémicos, mas Anderson *et al.* (1984) observaram que consumos superiores a 100 g MS d⁻¹ originavam reduções no nível de colesterol maiores que consumos mais baixos. No entanto, os regimes à base de leguminosas induzem uma redução na colesterolémia que se torna evidente em 1 semana (Shutler *et al.*, 1989; Anderson *et al.*, 1990) e que parece estabilizar após 4 a 8 semanas de consumo (Bingwen *et al.*, 1981).

Dados recentes apontam para uma acção optimizada dos grãos de leguminosas na redução do colesterol plasmático, quando consumidos inteiros. Tal é devido ao efeito sinérgico existente entre os vários componentes das leguminosas, como por exemplo as fibras e os fitosteróis (Shutler *et al.*, 1987a; Macarulla *et al.*, 2001; Anderson & Major, 2002; Jenkins *et al.*, 2002). No entanto, apesar de existirem muitos estudos sobre os mecanismos de acção de fitoquímicos individualizados, são poucos os que analisaram a interacção dos diversos componentes encontrados num alimento (Jeffery, 2005).

A soja é a leguminosa mais produzida a nível mundial, seguida pelo amendoim, o feijão e a ervilha. O tremço por seu lado, apresenta valores de produção inferiores aos destas leguminosas, estando a sua produção essencialmente concentrada na Austrália,

Europa e América do Sul (FAO statistics, 2005). Dados compilados de vários estudos utilizando a soja em várias formas como alimento para humanos hiperlipidêmicos, indicam que o seu consumo induz reduções significativas na triacilglicerolémia (-8 a -14%), na colesterolémia (-10 a -19%) e no colesterol das LDL (-14 a -20%) (Merritt, 2004). No entanto, a investigação tem identificado leguminosas menos consumidas que a soja que evidenciam efeitos hipocolesterolêmicos maiores que os apresentados por esta (Quadros 1 e 2).

As leguminosas e as doenças cardiovasculares

Os três factores de risco das DCV que têm sido apontados como os mais importantes, são a hipercolesterolémia, o consumo de tabaco e a hipertensão (Anderson, 2003). A precisão da colesterolémia e do colesterol das LDL na predição do risco das DCV é notável. Assim, a medição clínica da concentração de colesterol sanguíneo, muito simples, tem sido extremamente eficiente na estimativa da incidência de DCV nas populações, bem como na previsão da redução quantitativa da incidência destas doenças após intervenções dietéticas ou farmacológicas específicas (Lipid Research Clinics Program, 1984; German & Watkins, 2004).

A quantificação dos processos ateroscleróticos através de estudos morfométricos e angioquímicos têm correlacionado negativamente as lesões ateroscleróticas presentes na artéria coronária, aorta abdominal e bifurcação carótida esquerda, com o consumo de leguminosas e a correspondente redução nos níveis sanguíneos de colesterol total e de colesterol das LDL (Anthony *et al.*, 1997). Os enfartes agudos do miocárdio não fatais foram também negativamente correlacionados com o consumo destes vegetais. Apesar do consumo de soja ser há

muito relacionado com tais efeitos benéficos, são escassos os estudos que correlacionam o consumo das outras leguminosas com a prevenção das DCV (Kabagambe *et al.*, 2005). Dados recentes obtidos no Departamento de Zootecnia e no Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas da Universidade de Évora demonstraram que leguminosas como a ervilha e o tremço de folhas estreitas apresentam elevado potencial funcional na regulação do colesterol sanguíneo. O seu consumo por um modelo animal levou a uma redução de cerca de 30% no colesterol plasmático, via redução no colesterol das LDL (Martins *et al.*, 2004 e 2005) (Figura 1). A redução dos níveis plasmáticos de colesterol das LDL foi induzida por uma menor eficiência de (re)absorção entérica dos esteróis ácidos e neutros nos animais consumindo as leguminosas, os quais aumentaram o catabolismo hepático das LDL com vista à obtenção de colesterol suficiente para a síntese compensatória de novos ácidos biliares. A magnitude das reduções no colesterol total e colesterol das LDL detectada com o consumo de ervilha e tremço, foi superior à verificada com o consumo da soja (Merritt, 2004). Essa magnitude, semelhante à obtida com a utilização das estatinas de 1ª geração em humanos (Illingworth, 1988), apresenta assim um grande potencial de redução na mortalidade por DCV. Tal potencial na prevenção dos riscos de DCV será objecto de estudos futuros, com o recurso a modelos animais como o suíno, considerado como um bom modelo devido à sua capacidade de desenvolver processos ateroscleróticos (Vitic & Stevanovic, 1993). Tal característica desta espécie animal foi já comprovada em estudos prévios realizados na Universidade de Évora (Ramos *et al.*, 2005).

As propriedades hipocolesterolémicas das leguminosas podem também contribuir para a redução de um dos factores de risco da

QUADRO 1 - Efeito do consumo de grãos de leguminosas em parâmetros lipídicos sanguíneos de humanos e animais normocolesterolêmicos

Intervenção dietética	Duração do ensaio	Espécie em estudo	Efeito sobre a lipidemia	Referência bibliográfica
Mistura de leguminosas				
Incorporação em regimes sem leguminosas, de misturas de feijão, feijão-espadinho, ervilha e lentilhas (120 g dia ⁻¹), sem alterar os níveis de calorias, lipídeos, carboidratos e proteínas	4 a 7 semanas	Humanos	↗ triacilglicerolémia (+6,7 a +17%)* ↘ colesterolémia (-5 a -9%) ↘ colesterol das LDL (-9 a -16%)	Duane, 1997 Nervi <i>et al.</i> , 1989
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L.)				
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de ervilha (560 e 620 g kg ⁻¹)	2 e 5 semanas	Ratos	↘ triacilglicerolémia (-4 %)* ↘ colesterolémia (-17,5 e -17%)	Alonso <i>et al.</i> , 2001 Wang & McIntosh, 1996
Feijão (<i>Phaseolus</i> spp.)				
Incorporação num regime sem leguminosas, de feijão (<i>P. vulgaris</i>) cozido em molho de tomate (450 g dia ⁻¹)	2 semanas	Humanos	↗ triacilglicerolémia (+7%)* ↘ colesterolémia (-12%)	Shutler <i>et al.</i> , 1989
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de feijão (645 g kg ⁻¹)	12 dias	Ratos	↘ colesterolémia (-27%) ↘ colesterol das LDL (-24%)*	Rigotti <i>et al.</i> , 1989
Fenacho (<i>Trigonella foenum graecum</i> L.)				
Suplementação de um regime alimentar normal com farinha de fenacho germinada (18 g dia ⁻¹)	4 semanas	Humanos vegetarianos hipocolesterolêmicos	↘ triacilglicerolémia (-3%)* ↘ colesterolémia (-13%) ↘ colesterol das LDL (-20%)	Sowmya & Rajyalakshmi, 1999
Grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i> L.)				
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de grão-de-bico (654 g kg ⁻¹)	5 semanas	Ratos	↘ colesterolémia (-9%)	Wang & McIntosh, 1996
Tremoco (<i>Lupinus</i> spp.)				
Substituição de um regime à base de trigo e soja por outro à base de tremoco de folhas estreitas (<i>L. angustifolius</i> L.) e soja (400 g kg ⁻¹)	3 semanas	Galinhas	↘ triacilglicerolémia (-50%) ↘ colesterolémia (-24%)	Rubio <i>et al.</i> , 2003

Nota: * - Diferenças não significativas (P>0.05).

QUADRO 2 - Efeito do consumo de grãos de leguminosas em parâmetros lipídicos sanguíneos de humanos e animais hipercolesterolêmicos

Intervenção dietética	Duração do ensaio	Espécie em estudo	Efeito sobre a lipidemia	Referência bibliográfica
Mistura de leguminosas				
Substituição de fontes de amido de um regime hipolipidêmico por uma mistura de leguminosas (feijão, grão-de-bico, lentilhas) (140 g MS dia ⁻¹)	16 semanas	Humanos	↘ triacilglicerolémia (-25%) ↘ colesterolémia (-7%)	Jenkins <i>et al.</i> , 1983
Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L.)				
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de ervilha (333 g kg ⁻¹ MS) (Adição 1% colesterol)	8 semanas	Ratos	↘ triacilglicerolémia (-11,4%)* ↘ colesterolémia (-14%)* ↘ colesterol das LDL (-26,9%)	Dabai <i>et al.</i> , 1996
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de ervilha (300 g kg ⁻¹ MS) (Adição 1% colesterol)	6 semanas	Suínos	↘ colesterolémia (-40%) ↘ colesterol das LDL+VLDL (-50%)	Kingman <i>et al.</i> , 1993
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de ervilha (393,6 g kg ⁻¹) (Adição 0,28% colesterol)	3 semanas	Suínos	↘ colesterolémia (-28%) ↘ colesterol das LDL (-35%)	Martins <i>et al.</i> , 2004
Fava (<i>Vicia faba</i> L.)				
Suplementação de um regime controle com farinha de fava (90 g dia ⁻¹)	31 dias	Humanos	↘ colesterolémia (-7,8%) ↘ colesterol das LDL (-8%)	Frühbeck <i>et al.</i> , 1997
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de fava (684 g kg ⁻¹) (Adição 1% colesterol)	2 semanas	Ratos	↘ triacilglicerolémia (-39%) ↘ colesterolémia (-37%) ↘ colesterol das LDL+VLDL (-56%)	Macarulla <i>et al.</i> , 2001
Feijão (<i>Phaseolus</i> spp.)				
Suplementação do regime alimentar com feijão (<i>P. vulgaris</i>) (30 g MS dia ⁻¹)	12 a 24 semanas	Humanos	↘ colesterolémia (-16,7%)	Bingwen <i>et al.</i> , 1981
Substituição de um regime controle por outro à base de feijão (var. Navy e Pinto) cozido (100 g MS dia ⁻¹)	3 semanas	Humanos	↘ triacilglicerolémia (-3%)* ↘ colesterolémia (-19%) ↘ colesterol das LDL (-23%)	Anderson <i>et al.</i> , 1984

Nota: * - Diferenças não significativas (P>0,05).

QUADRO 2 - Efeito do consumo de grãos de leguminosas em parâmetros lipídicos sanguíneos de humanos e animais hipercolesterolêmicos (continuação)

Intervenção dietética	Duração do ensaio	Espécie em estudo	Efeito sobre a lipidemia	Referência bibliográfica
Feijão (<i>Phaseolus spp.</i>)				
Substituição de um regime à base de caseína por outros à base de farinha de feijão (43,3 g kg ⁻¹), farinha de feijão var. Navy (44,1 g kg ⁻¹) ou var. Pinto (40,7 g kg ⁻¹) autoclavados (Adição 2% colesterol)	4 semanas	Ratos	↗ colesterolemia (+3,6 a +4,2%)*	Chang <i>et al.</i> , 1986
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de feijão cozido em molho de tomate (333 g kg ⁻¹ MS) (Adição 1% colesterol)	8 semanas	Ratos	↘ triacilglicerolémia (-39%)* ↘ colesterolémia (-36,3%)* ↘ colesterol das LDL (-53%)	Dabai <i>et al.</i> , 1996
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de feijão cozido com (300 g kg ⁻¹) e sem casca (257 g kg ⁻¹) (Adição 1% colesterol)	4 semanas	Ratos	↗ triacilglicerolémia (+8 e +5%)* ↘ colesterolémia (-15* e -35%)	Rosa <i>et al.</i> , 1998
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de feijão cozido em molho de tomate (100 e 300 g kg ⁻¹ MS) (Adição 1% colesterol)	2 a 6 semanas	Suínos	↗ triacilglicerolémia (+6 a +21%)* ↘ colesterolémia (-5* a -47%) ↘ colesterol das LDL (-12* a -48%)	Costa <i>et al.</i> , 1993 e 1994 Kingman <i>et al.</i> , 1993
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de farinha de feijão-espadinho (<i>P. lunatus</i>) autoclavado (46,7 g kg ⁻¹) (Adição 2% colesterol)	4 semanas	Ratos	↘ colesterolémia (-9,7%)*	Chang <i>et al.</i> , 1986
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de feijão-espadinho (333 g kg ⁻¹ MS) (Adição 1% colesterol)	8 semanas	Ratos	↘ triacilglicerolémia (-2,8%)* ↘ colesterolémia (-23,9%)* ↘ colesterol das LDL (-38,8%)	Dabai <i>et al.</i> , 1996
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de feijão-espadinho (300 g kg ⁻¹ MS) (Adição 1% colesterol)	6 semanas	Suínos	↘ colesterolémia (-65%)* ↘ colesterol das LDL+VLDL (-74%)	Kingman <i>et al.</i> , 1993

Nota: * - Diferenças não significativas (P>0,05)

QUADRO 2 - Efeito do consumo de grãos de leguminosas em parâmetros lipídicos sanguíneos de humanos e animais hipercolesterolêmicos (continuação)

Intervenção dietética	Duração do ensaio	Espécie em estudo	Efeito sobre a lipidemia	Referência bibliográfica
Grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i> L.)				
Substituição de um regime controle por outro à base de grão-de-bico (750 g kg ⁻¹) (Adição 1% colesterol)	12 semanas	Ratos	↘ colesterolemia (-22%)	Mathur <i>et al.</i> , 1964
Guar (<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> (L.) Taub)				
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de guar (25 g kg ⁻¹) (Adição 1% colesterol)	7 semanas	Ratos	↘ colesterolemia (-29%)	Sarathy & Saraswathi, 1983
Lentilhas (<i>Lens culinaris</i> Medik.)				
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de lentilhas (333 g kg ⁻¹ MS) (Adição 1% colesterol)	8 semanas	Ratos	↘ triacilglicerolêmia (-33,2%)* ↘ colesterolêmia (-6,7%)* ↘ colesterol das LDL (-32,2%)	Dabai <i>et al.</i> , 1996
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de lentilhas (300 g kg ⁻¹ MS) (Adição 1% colesterol)	6 semanas	Suínos	↘ colesterolêmia (-26%) ↘ colesterol das LDL+VLDL (-35%)	Kingman <i>et al.</i> , 1993
Mancarra dos Bijagós (<i>Vigna subterranea</i> (L.) Verde.				
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de mancarra (333 g kg ⁻¹ MS) (Adição 1% colesterol)	8 semanas	Ratos	↘ triacilglicerolêmia (-35,1%) ↗ colesterolêmia (+28,9%) ↘ colesterol das LDL (-3,5%)*	Dabai <i>et al.</i> , 1996
Tremçoço (<i>Lupinus</i> spp.)				
Substituição de um regime à base de caseína por outros à base de tremçoço amarelo (<i>L. luteus</i> L.) (398 g kg ⁻¹) e tremçoço branco (<i>L. albus</i> L.) (447 g kg ⁻¹) (Adição 1% colesterol)	4 semanas	Ratos	↘ triacilglicerolêmia (-49 e -12%*) ↘ colesterolêmia (-18 e -11%*)	Chango <i>et al.</i> , 1998
Substituição de um regime à base de caseína por outro à base de tremçoço de folhas estreitas (<i>L. angustifolius</i> L.) (244 g kg ⁻¹) (Adição 0,28% colesterol)	3 semanas	Suínos	↘ triacilglicerolêmia (-3,1%)* ↘ colesterolêmia (-29%) ↘ colesterol das LDL (-38%)	Martins <i>et al.</i> , 2005

Nota: * - Diferenças não significativas (P>0,05)

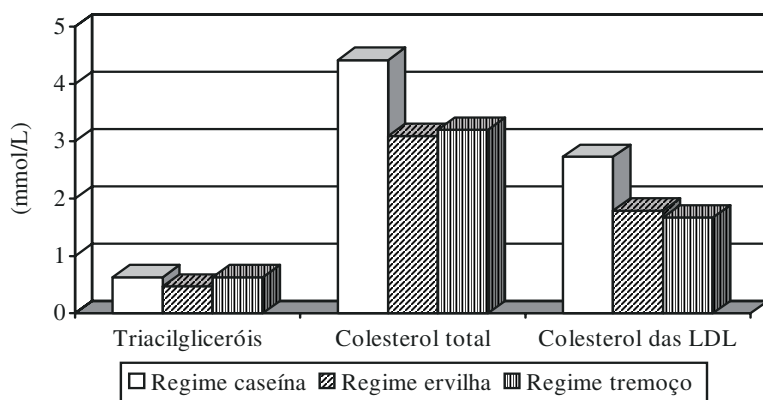


Figura 1 - Efeito do consumo de regimes à base de ervilha e tremço de folhas estreitas em parâmetros lipídicos plasmáticos de suínos hipercolesterolémicos (Adaptado de Martins *et al.*, 2004 e 2005)

síndrome metabólica (i.e. colesterol das LDL elevado). A síndrome metabólica é caracterizada por um conjunto de características incluindo triacilglicerolémia, glicemia e colesterol das LDL elevados, colesterol das lipoproteínas de alta densidade (HDL) baixo, obesidade abdominal e hipertensão, sendo um problema de Saúde Pública cada vez mais preocupante nos países ditos desenvolvidos (Merritt, 2004). Os efeitos benéficos na pressão arterial e na regulação glicêmica e do peso corporal obtidos com o consumo de leguminosas (Anderson & Major, 2002; Madar & Stark, 2002; Merritt, 2004) podem também contribuir para a redução dos factores de risco desta síndrome. No entanto, tais considerações serão mais eficazes no caso de aproximações multifacetadas, incluindo a redução do consumo de gorduras saturadas e de sódio, bem como a prática de exercício físico (Merritt, 2004).

CONCLUSÕES

O regime alimentar é só um aspecto de um estilo de vida conducente a um estado

saudável e que deve incluir por exemplo o exercício físico regular, evitar o consumo de tabaco, a redução do "stress" e a manutenção de um peso corporal saudável. No entanto, a sua influência na Saúde Pública é cada vez mais enfatizada e as abordagens dietéticas para prevenir doenças crónicas como as DCV são mais seguras e economicamente mais eficientes que as abordagens farmacológicas (Anderson, 2003).

Devido ao seu valor alimentar e aos seus efeitos protectores em relação a doenças crónicas, as leguminosas são uma excelente opção alimentar. Segundo Anderson & Major (2002) e Martins *et al.* (2004 e 2005), dados epidemiológicos e experimentais confirmam que o consumo de leguminosas diminui a colesterolémia total e o colesterol das LDL, bem como a triacilglicerolémia. Os mecanismos subjacentes a estes efeitos estão ainda a ser estudados, sendo no entanto provável que o aumento da excreção de ácidos biliares e de esteróis neutros desempenhe um papel predominante nos efeitos hipocolesterolémicos das leguminosas. A alteração

dos níveis lipídicos sanguíneos resulta provavelmente de uma acção sinérgica entre vários fitoquímicos como a fibra alimentar, a proteína vegetal, fitosteróis, saponinas e outros. O efeito cardioprotector destes alimentos é multifactorial, apresentando também efeitos favoráveis na pressão arterial e na regulação glicémica e do peso corporal (Anderson & Major, 2002; Madar & Stark, 2002; Merritt, 2004), o que as torna especialmente atractivas para a prevenção dos factores de risco da síndrome metabólica. Com o acumular de provas científicas e o crescente interesse dos consumidores no papel dos alimentos funcionais na redução do risco de doenças crónicas, o consumo e a utilização das leguminosas como alimentos funcionais ou como fornecedoras de fitoquímicos com potencial preventivo e terapêutico, poderá assim originar uma mais-valia e uma fonte extra de rendimento para agricultores que se dediquem a este tipo de culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abadie, C., Hug, M., Kubli, C. & Gains, N. 1994. Effect of cyclodextrins and undigested starch on the loss of chenodeoxycholate in the faeces. *Biochemical Journal*, **299**: 725-730.
- Alonso, R., Grant, G. & Marzo, F. 2001. Thermal treatment improves nutritional quality of pea seeds (*Pisum sativum* L.) without reducing their hypocholesterolemic properties. *Nutrition Research*, **21**: 1067-1077.
- Anderson, J.W. 2003. Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease. *Proceedings of the Nutrition Society*, **62**: 135-142.
- Anderson, J.W., Deakins, D.A., Floore, T.L., Smith, B.M. & Whitis, S.E. 1990. Dietary fiber and coronary heart disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **29**: 95-147.
- Anderson, J.W., Jones, A.E. & Riddell-Mason, S. 1994. Ten different dietary fibers have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. *Journal of Nutrition*, **124**: 78-83.
- Anderson, J.W. & Major, A.W. 2002. Pulses and lipaemia, short- and long-term effect: potential in the prevention of cardiovascular disease. *British Journal of Nutrition*, **88**: s263-s271.
- Anderson, J.W., Story, L., Sieling, B., Chen, W.-J.L., Petro, M.S. & Story, J. 1984. Hypocholesterolemic effects of oat-bran or bean intake for hypercholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutrition*, **40**: 1146-1155.
- Anthony, M.S., Clarkson, T.B., Bullock, B.C. & Wagner, J.D. 1997. Soy protein versus soy phytoestrogens in the prevention of diet-induced coronary artery atherosclerosis of male cynomolgus monkeys. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, **17**: 2524-2531.
- Bingwen, L., Zhaofeny, W., Wanshen, L. & Rongjue, Z. 1981. Effects of bean meal on serum cholesterol and triglycerides. *Chinese Medical Journal*, **94**: 455-458.
- Champ, M.M. 2002. Non-nutrient bioactive substances of pulses. *British Journal of Nutrition*, **88**: s307-s319.
- Chang, K.C., Ethen, S., Harrold, R. & Brown, G. 1986. Effect of feeding dry beans on rat plasma-cholesterol. *Nutrition Reports International*, **33**: 659-664.
- Chango, A., Villaume, C., Bau, H.M., Schwartz, A., Nicolas, J.-P. & Mejean, L. 1998. Effects of casein, sweet white lupin and sweet yellow lupin diet on cholesterol metabolism in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **76**: 303-309.

- Combs, G.E., Conness, R.G., Berry, T.H. & Wallace, H.D. 1967. Effect of raw and heated soybeans on gain, nutrient digestibility, plasma amino acids and other blood constituents of growing swine. *Journal of Animal Science*, **26**: 1067-1071.
- Costa, N.M.B., Low, A.G., Walker, A.F., Owen, R.W. & Englyst, H.N. 1994. Effect of baked beans (*Phaseolus vulgaris*) on steroid metabolism and non-starch polysaccharide output of hypercholesterolaemic pigs with or without an ileo-rectal anastomosis. *British Journal of Nutrition*, **71**: 871-886.
- Costa, N.M.B., Walker, A.F. & Low, A.G. 1993. The effect of graded inclusion of baked beans (*Phaseolus vulgaris*) on plasma and liver lipids in hypercholesterolaemic pigs given a Western-type diet. *British Journal of Nutrition*, **70**: 515-524.
- Craig, W.J. 1997. Phytochemicals: guardians of our health. *Journal of the American Dietetic Association*, **97**: S199-S204.
- Dabai, F.D., Walker, A.F., Sambrook, I.E., Welch, V.A., Owen, R.W. & Abeyasekera, S. 1996. Comparative effects on blood lipids and faecal steroids of five legume species incorporated into a semi-purified, hypercholesterolaemic rat diet. *British Journal of Nutrition*, **75**: 557-571.
- Daumerie, C.M., Woollett, L.A. & Dietschy, J.M. 1992. Fatty acids regulate hepatic low density lipoprotein receptor activity through redistribution of intracellular cholesterol pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, **89**: 10797-10801.
- Devi, K.S. & Kurup P.A. 1970. Effect of certain Indian pulses on the serum, liver and aortic lipid levels in rats fed a hypercholesterolaemic diet. *Atherosclerosis*, **11**: 479-484.
- Duane, W.C. 1997. Effects of legume consumption on serum cholesterol, biliary lipids, and sterol metabolism in humans. *Journal of Lipid Research*, **38**: 1120-1128.
- FAO statistics 2005. <http://faostat.fao.org/> (Último acesso em Novembro de 2005).
- Finnigan, T.J. 1983. The effect of whole and air-classified legumes on serum lipids in hypercholesterolemic rabbits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **34**: 275-276.
- Forsythe, W.A., Green, M.S. & Anderson, J.J. 1986. Dietary protein effects on cholesterol and lipoprotein concentrations: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, **5**: 533-549.
- Frost, G., Leeds, A.A., Doré, C.J., Madeiros, S., Brading, S. & Dornhorst, A. 1999. Glycaemic index as a determinant of serum HDL-cholesterol concentration. *The Lancet*, **353**: 1045-1048.
- Fruhbeck, G., Monreal, I. & Santidrian, S. 1997. Hormonal implications of the hypocholesterolemic effect of intake of field beans (*Vicia faba* L.) by young men with hypercholesterolemia. *American Journal of Clinical Nutrition*, **66**: 1452-1460.
- German, J.B. & Watkins, S.M. 2004. Metabolic assessment - a key to nutritional strategies for health. *Trends in Food Science & Technology*, **15**: 541-549.
- Hasler, C.M. 2002. Functional foods: Benefits, concerns and challenges - A position paper from the American Council on Science and Health. *Journal of Nutrition*, **132**: 3772-3781.
- Hicks, K.B. & Moreau, R.A. 2001. Phytosterols and phytosterols: Functional food cholesterol busters. *Food Technology*, **55**: 63-67.
- Holm, F. 2003. New functional food ingredients. *Cardiovascular Health*. SMEs nº5. Flair-flow 4.
- Ikeda, I., Tanaka, K., Sugano, M., Vahouny, V. & Gallo, L.L. 1988. Inhibition of cholesterol absorption in rats by plant sterols.

- Journal of Lipid Research*, **29**: 1573-1582.
- Illingworth, D.R. 1988. Drug therapy of hypercholesterolemia. *Clinical Chemistry*, **34**: B123-B132.
- Jeffery, E. 2005. Component interactions for efficacy of functional foods. *Journal of Nutrition*, **135**: 1223-1225.
- Jenkins, D.J., Kendall, C.W., Faulkner, D., Vidgen, E., Trautwein, E.A., Parker, T.L., Marchie, A., Koumbiris, G., Lapsley, K.G., Josse, R.G., Leiter, L.A. & Connelly, P.W. 2002. A dietary portfolio approach to cholesterol reduction: combined effects of plant sterols, vegetable proteins, and viscous fibers in hypercholesterolemia. *Metabolism*, **51**: 1596-1604.
- Jenkins, D.J., Newton, C., Leeds, A.R. & Cummings, J.H. 1975. Effect of pectin, guar gum, and wheat fibre on serum cholesterol. *The Lancet*, **1**: 1116-1117.
- Jenkins, D.J., Wong, G.S., Patten, R., Bird, J., Hall, M., Buckley, G.C., McGuire, V., Reichert, R. & Little, J.A. 1983. Leguminous seeds in the dietary management of hyperlipidemia. *American Journal of Clinical Nutrition*, **38**: 567-573.
- Jones, P.J. 2002. Clinical nutrition: 7. Functional foods - more than just nutrition. *Canadian Medical Association Journal*, **166**: 1555-1563.
- Kabagambe, E.K., Baylin, A., Ruiz-Narvarez, E., Siles, X. & Campos, H. 2005. Decreased consumption of dried mature beans is positively associated with urbanization and nonfatal acute myocardial infarction. *Journal of Nutrition*, **135**: 1770-1775.
- Kingman, S.M. 1991. The influence of legume seeds on human plasma lipid concentrations. *Nutrition Research Reviews*, **4**: 97-123.
- Kingman, S.M., Walker, A.F., Low, A.G., Sambrook, I.E., Owen, R.W. & Cole, T.J. 1993. Comparative effects of four legume species on plasma lipids and faecal steroid excretion in hypercholesterolaemic pigs. *British Journal of Nutrition*, **69**: 409-421.
- Kreuzer, M., Hanneken, H., Wittmann, M., Gerdemann, M.M. & Machmüller, A. 2002. Effects of different fibre sources and fat addition on cholesterol and cholesterol-related lipids in blood serum, bile and body tissues of growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **86**: 57-73.
- Kris-Etherton, P., Eckel, R.H., Howard, B.V., St. Jeor, S., Bazzarre, T.L. & Nutrition Committee Population Science Committee and Clinical Science Committee of the American Heart Association 2001. AHA Science Advisory: Lyon Diet Heart Study. Benefits of a Mediterranean-style, National Cholesterol Education Program/American Heart Association Step I Dietary Pattern on Cardiovascular Disease. *Circulation*, **103**: 1823-1825.
- Kritchevsky, D. 1979. Vegetable protein and atherosclerosis. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **56**: 135-146.
- Kritchevsky, D. 1987. Dietary fiber and lipid metabolism. *International Journal of Obesity*, **11**: 33-43.
- Lin, Y., Meijer, G.W., Vermeer, M.A. & Trautwein, E.A. 2004. Soy protein enhances the cholesterol-lowering effect of plant sterol esters in cholesterol-fed hamsters. *Journal of Nutrition*, **134**: 143-148.
- Ling, W.H. & Jones, P.J.H. 1995. Dietary phytosterols: a review of metabolism, benefits and side effects. *Life Sciences*, **57**: 195-206.
- Lipid Research Clinics Program 1984. The lipid research clinic coronary primary prevention trial results. 1: Reduction in the incidence of coronary heart disease. *Journal of the American Medical Association*, **251**: 351-364.

- Macarulla, M.T., Medina, C., Diego, M.A.D., Chavarri, M., Zulet, M.A., Martinez, J.A., Noel-Suberville, C., Higuieret, P. & Portillo, M.P. 2001. Effects of the whole seed and a protein isolate of faba bean (*Vicia faba*) on the cholesterol metabolism of hypercholesterolaemic rats. *British Journal of Nutrition*, **85**: 607-614.
- Madar, Z. & Stark, A.H. 2002. New legume sources as therapeutic agents. *British Journal of Nutrition*, **88**: s287-s292.
- Martins, J.M., Riottot, M., Abreu, M.C., Lança, M.J., Viegas-Crespo, A.M., Almeida, J.A., Freire, J.B. & Bento, O.P. 2004. Dietary raw peas (*Pisum sativum* L.) reduce plasma total and LDL cholesterol and hepatic esterified cholesterol in intact and ileorectal anastomosed pigs fed cholesterol-rich diets. *Journal of Nutrition*, **134**: 3305-3312.
- Martins, J.M., Riottot, M., Abreu, M. C., Viegas-Crespo, A.M., Lança, M.J., Almeida, J.A., Freire, J.B. & Bento, O.P. 2005. Cholesterol-lowering effects of dietary blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.) in intact and ileorectal anastomosed pigs. *Journal of the Lipid Research*, **46**: 1539-1547.
- Mathur, K.S., Khan, M.A. & Sharma, R.D. 1968. Hypocholesterolaemic effect of Bengal gram: a long-term study in man. *British Medical Journal*, **1**: 30-31.
- Mathur, K.S., Sharma, R.D. & Singhal, S.S. 1964. Effect of Bengal gram on experimentally induced high levels of cholesterol in tissues and serum in albino rats. *Journal of Nutrition*, **84**: 201-204.
- Merritt, J.C. 2004. Metabolic syndrome: soy-bean foods and serum lipids. *Journal of the National Medical Association*, **96**: 1032-1041.
- Nervi, F., Covarrubias, C., Bravo, P., Velasco, N., Ulloa, N., Cruz, F., Fava, M., Severin, C., Pozo, R.D., Antezana, C., Valdivieso, V. & Arteaga, A. 1989. Influence of legume intake on biliary lipids and cholesterol saturation in young Chilean men. Identification of a dietary risk factor for cholesterol gallstone formation in a highly prevalent area. *Gastroenterology*, **96**: 825-830.
- Oakenfull, D.G. 1981. Saponins in food: a review. *Food Chemistry*, **7**: 19-40.
- Ramos, A., Bento, O., Lança, M.J., Capela e Silva, F., Martins, J.M. & Freitas, A. 2005. Estudo histopatológico de lesões ateroscleróticas em suínos de raça Alentejana. *Jornadas ICAM 2005*, pp. 137-138. ICAM, Évora, Portugal.
- Rigotti, A., Marzolo, M.P., Ulloa, N., Gonzalez, O. & Nervi, F. 1989. Effect of bean intake on biliary lipid secretion and on hepatic cholesterol metabolism in the rat. *Journal of Lipid Research*, **30**: 1041-1048.
- Rosa, C.O., Costa, N.M., Leal, P.F. & Oliveira, T.T. 1998. Efeito do feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) sem casca na redução do colesterol sanguíneo de ratos hipercolesterolêmicos. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, **48**: 299-305.
- Rubio, L.A., Brenes, A. & Centeno, C. 2003. Effects of feeding growing broiler chickens with practical diets containing sweet lupin (*Lupinus angustifolius*) seed meal. *British Poultry Science*, **44**: 391-397.
- Sarathy, R. & Saraswathi, G. 1983. Effect of tender cluster bean pods (*Cyamopsis tetragonoloba*) on cholesterol levels in rats. *American Journal of Clinical Nutrition*, **38**: 295-299.
- Setchell, K.D. & Radd, S. 2000. Soy and other legumes: 'Bean' around a long time but are they the 'superfoods' of the millennium and what are the safety issues for their constituent phytoestrogens? *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, **9**: s13-s22.
- Shutler, S.M., Bircher, G.M., Tredger, J.A., Morgan, L.M., Walker, A.F. & Low,

- A.G. 1989. The effect of daily baked bean (*Phaseolus vulgaris*) consumption on the plasma lipid levels of young, normo-cholesterolaemic men. *British Journal of Nutrition*, **61**: 257-265.
- Shutler, S.M., Walker, A.F. & Low, A.G. 1987a. The cholesterol-lowering effects of legumes. I. Effects of the major nutrients. *Human Nutrition: Food Sciences and Nutrition*, **41F**: 71-86.
- Shutler, S.M., Walker, A.F. & Low, A.G. 1987b. The cholesterol-lowering effects of legumes. II. Effects of fibre, sterols, saponins and isoflavones. *Human Nutrition: Food Sciences and Nutrition*, **41F**: 87-102.
- Soni, G.L., George M. & Singh, R. 1982. Role of common Indian pulses as hypocholesterolaemic agents. *Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, **19**: 184-190.
- Sowmya, P. & Rajyalakshmi, P. 1999. Hypocholesterolemic effect of germinated fenugreek seeds in human subjects. *Plant Foods for Human Nutrition*, **53**: 359-365.
- Thomas, P.R. & Earl, R. 1994. *Opportunities in the Nutrition and Food Sciences*. Institute of Medicine/National Academy of Sciences, National Academy Press, Washington, DC.
- Topping, D.L. 1991. Soluble fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. *Nutrition Reviews*, **49**: 195-203.
- Trichopoulou, A., Naska, A., Orfanos, P. & Trichopoulos, D. 2005. Mediterranean diet in relation to body mass index and waist-to-hip ratio: the Greek European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, **82**: 935-940.
- Vahouny, G.V., Tombes, R., Cassidy, M.M., Kritchevsky, D. & Gallo, L.L. 1980. Dietary fibers: V. Binding of bile salts, phospholipids and cholesterol from mixed micelles by bile acid sequestrants and dietary fibers. *Lipids*, **15**: 1012-1018.
- Venter, C.S. & van Eyssen, E. 2001. More legumes for better overall health. *South African Journal of Clinical Nutrition*, **14**: s32-s38.
- Vitic, J. & Stevanovic, J. 1993. Comparative studies of the serum lipoproteins and lipids in some domestic, laboratory and wild animals. *Comparative Biochemistry and Physiology. B: Biochemistry and Molecular Biology*, **106**: 223-229.
- Wang, Y.H. & McIntosh, G.H. 1996. Extrusion and boiling improve rat body weight gain and plasma cholesterol lowering ability of peas and chickpeas. *Journal of Nutrition*, **126**: 3054-3062.
- Willett, W.C., Sacks, F., Trichopoulou, A., Drescher, G., Ferro-Luzzi, A., Helsing, E. & Trichopoulos, D. 1995. Mediterranean diet pyramid: a cultural model for healthy eating. *American Journal of Clinical Nutrition*, **61**: 1402S-1406S.
- Woollett, L.A., Spady, D.K. & Dietschy, J.M. 1992. Saturated and unsaturated fatty acids independently regulate low density lipoprotein receptor activity and production rate. *Journal of Lipid Research*, **33**: 77-88.
- Würsch, P., Del Vedovo, S. & Koellreutter, B. 1986. Cell structure and starch nature as key determinants of the digestion rate of starch in legume. *American Journal of Clinical Nutrition*, **43**: 25-29.

Comparação de azeites obtidos da cultivar portuguesa Galega Vulgar utilizando dois métodos de extracção

Comparison of olive oil from Portuguese cultivar Galega Vulgar with two different methods of oil extraction

L. Torres Vaz-Freire¹, V. Palma¹, J. Baptista Gouveia² & A. Costa Freitas¹

RESUMO

A produção do azeite é uma das actividades agrícolas mais características da região mediterrânea e de importância relevante para a sua economia. O objectivo do trabalho foi o estudo da influência dos métodos da extracção na qualidade do azeite obtido. Incidiu principalmente sobre uma das cultivares recomendadas para os azeites de denominação origem protegida (DOP) no Alentejo. Foi extraída azeite da variedade portuguesa, Galega Vulgar (*Olea europaea* L. subsp. *europaea*), colhida na região de Elvas nas campanhas de 2001 a 2004. Utilizou-se uma prensa hidráulica (extracção descontínua, Vieirinox, Portugal); e um “decanter” centrífugo de duas fases (extracção contínua, Oliomio, Itália). Nas azeitonas determinou-se o índice de maturação, fez-se o controle de pragas e avaliou-se o Índice de gordura (RMN). No azeite para além das análises químicas de controlo foi realizada a análise Sensorial com painel treinado e uma detecção electrónica de aromas (Alpha Mos Fox 3000). Os resultados preliminares mostram haver diferenças significativas para alguns dos parâmetros analisados no caso dos

azeites. De todos os parâmetros em que se detectaram diferenças significativas apenas a acidez demonstrou alterações suficientes para classificar o azeite em outra categoria considerando a classificação estabelecida pelo Regulamento (CE) N.º 1989/2003 de 6 de Novembro.

Estudos como este são importantes na adaptação da tecnologia à variedade com o intuito de aumentar a eficiência de determinado processo tecnológico.

ABSTRACT

Olive oil production is one of the important agricultural activities on the Mediterranean region and has a real impact on local economies. The objective of this work was the study of extraction methods impact on olive oil final quality. The variety studied is one of the varieties allowed for olive oil with Protected Origin Denomination (DOP) production in Alentejo. The Portuguese variety extracted was Galega Vulgar (*Olea europaea* L. subsp. *europaea*), harvested in the region of Elvas during the harvest of 2001 through 2004. An hydraulical press was

¹ Departamento de Fitotecnica e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora Apartado 94, 7002-554 Évora; e-mail: luisvf@uevora.pt; ² Departamento de Agro-Indústrias e Agronomia Tropical, Instituto de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa

used (discontinuous extraction method, Vieirinox, Portugal); and a two phases centrifuge "decanter" (continuous extraction method, Oliomio, Italy).

For olives maturation index, fat (NMR) content and plagues were determined. For olive oil besides routine chemical analyses a Sensorial analysis and an electronic aroma analysis were performed (Alpha Mos Fox 3000). Preliminary results show significant differences among some of the parameters analyzed in the case of olive oils. Of all the parameters where significant differences were detected only acidity shows enough differences to classify the oil in other category according to EC regulation N.º 1989/2003 of 6 of November.

Similar studies are important to allow technological improvements in order to increase efficiency.

INTRODUÇÃO

A produção do azeite é uma das actividades agrícolas mais característica da região mediterrânea e de relevante importância para a economia da maioria dos países da zona.

Ao longo dos anos têm-se aperfeiçoado as formas de produção de diferentes variedades de azeitona, com o objectivo de satisfazer as necessidades e gostos de diferentes consumidores. A necessidade crescente no sentido da qualidade, associada ao cada vez mais notório papel do azeite na nutrição humana tem vindo a pressionar a tecnologia de extracção deste sumo no sentido de cada vez mais evitar que as suas qualidades intrínsecas sejam alteradas (Salvador *et al.*, 2001). O resultado desta preocupação com as questões ambientais próprias de um respeito cada vez mais presente, resultou numa melhoria da tecnologia de extracção nas últi-

mas décadas (Barranco *et al.*, 2001; Gouveia *et al.*, 2002).

O objectivo deste trabalho foi o estudo da influência dos métodos da extracção de azeite para uma cultivar portuguesa com especial interesse para a produção de azeite sob a classificação de Denominação Origem Protegida (DOP) no Alentejo.

As cultivares mais importantes usadas em Portugal são a Galega Vulgar, a Carrasqueira, a Cordovil, a Cobrançosa e a Verdeal (Instituto Nacional de Estatística, 2005).

Neste trabalho fez-se a extracção da variedade Galega Vulgar, utilizando azeitona colhida na região de Elvas.

Vários estudos compararam a extracção do sistema "Duas Fases" com o sistema de "Três Fases" (Ranalli *et al.*, 1996; Gimeno *et al.*, 2002), contudo este último tem a desvantagem de ter como subproduto da extracção elevadas quantidades de águas residuais que representam um acréscimo de problemas ambientais. Para além disto, estudos feitos com a variedade espanhola Arbequina (Gimeno *et al.*, 2002), revelam aumentos nos conteúdos de compostos fenólicos, com consequente depreciação do azeite.

O método mais antigo, que utiliza as prensas, tem vindo a ser expressamente mencionado, nomeadamente quando a pressão é feita a frio utilizando a menção "pressão a frio" nas embalagens (Regulamento (CE) N.º 1019/2002), em reconhecimento da boa qualidade dos azeites assim obtidos.

Outros estudos compararam a extracções por prensas com a de "Duas Fases"; o método mais recente dos três citados, o método de "Duas Fases" mostrou aumentar o período de conservação do azeite (Miled *et al.*, 2000).

Estes resultados evidenciam o interesse do estudo comparativo das tecnologias de extracção (Miled *et al.*, 2000; Gimeno *et al.*, 2002) e obviamente que esse estudo terá tanto mais interesse se for efectuado sobre as cultivares portuguesas.

O sistema olfactivo artificial, chamado também “Nariz Electrónico”, pode ser definido como um instrumento que compreende uma série de sensores químicos com uma especificidade parcial e um modelo apropriado para o reconhecimento, capazes de identificar cheiros simples e complexos. O comportamento olfactivo do sistema artificial é similar ao sistema olfactivo humano. No processo, a sensibilidade dos sensores tenta reproduzir os receptores olfactivos humanos, a maneira de processar os dados é conceptualmente análoga ao processo que acontece no bulbo olfactivo humano e a classificação final é executada recorrendo a uma rede neuronal ou a análise multivariada que simula os mecanismos da identificação do cérebro. A detecção electrónica necessita sempre de uma fase da aprendizagem em que cada resultado obtido é associado às categorias de referência.

A utilização do sistema olfactivo artificial (nariz electrónico) foi já utilizado na análise de azeite, para: reconhecimento da presença de fraudes; reconhecimento e validação de defeitos comerciais; avaliação da autenticidade (DOP, denominação protegida da origem), são amplamente estudadas, (Dalcanales *et al.*, 1999; Ricci *et al.*, 2001).

MATERIAL E MÉTODOS

Métodos de extracção utilizados

As extracções foram realizadas no lagar da Estação de Melhoramento de Plantas do INIAP, em Elvas.

Prensas

Neste processo descontínuo utilizaram-se três aparelhos diferentes, um primeiro que incorpora o moinho, batedeira e encapachador; um segundo que é a prensa propria-

mente dita e o terceiro que é composto por colunas de decantação onde se procede à separação da água de vegetação do azeite.

Estes três aparelhos são comercializados pela Vieirinox, Aveiro – Portugal

Duas Fases

Utilizou-se um aparelho contínuo fabricado pela Toscana Enológica, Itália com o nome de Oliomio, comercializada em Portugal pela Vieirinox. Neste aparelho está incorporado o moinho batedeira e extractor num só bloco.

Amostras

As azeitonas utilizadas pertencem à variedade, **Galega Vulgar**, sendo a proveniência a região de Elvas.

As campanhas avaliadas foram as de 2001/02, 2002/03, 2003/04 e 2004/05.

Para cada um dos métodos a extracção foi feita em triplicado perfazendo assim um total de 6 extracções para cada uma das campanhas em estudo.

Azeitonas – Controlo Analítico

Efectuou-se o controlo de pragas nomeadamente gafa, (*Gloeosporium olivarum* Alm.) e a mosca (*Dacus oleae* Rossi) e mosca com deposição através da sua avaliação percentual.

A percentagem de humidade e de gordura das azeitonas foi determinada através do método normalizado em triplicado. Determinando assim a Humidade, a percentagem de Gordura - RMN (m.o.) e percentagem de Gordura na Matéria Seca (NP-1304 de 1976; Ruiz *et al.*, 1991)

O índice de maturação das azeitonas foi determinado através do método de Jaén de acordo com a Equação 1:

$$IM=(A*0+B*1+C*2+D*3+E*4++F*5++G*6+H*7)/100$$

Em que A são azeitonas de pele com um verde muito intenso e H são azeitonas de pele negra e de polpa totalmente escura até ao caroço.

Azeites – Controlo Analítico

A acidez foi determinada recorrendo ao regulamento CE nº2568/91 anexo II. A espectrofotometria foi determinada recorrendo ao regulamento CE nº2568/91 anexo IX. Índice de peróxidos foi determinado recorrendo ao regulamento CE nº2568/91 Anexo III.

No azeite para além das análises químicas de controlo foi realizada a análise Sensorial com painel treinado e uma análise de aromas por sensores (Alpha Mos Fox 3000).

RESULTADOS

Os resultados apresentados para a cultivar Galega Vulgar, dizem respeito quer às azeitonas quer aos azeites. Nos azeites foram analisados os azeites obtidos a partir das duas tecnologias.

QUADRO 1 – Resultados do Índice de Maturação para as campanhas 2002/03, 2003/04 e 2004/05

Campanha	<i>Galega Vulgar</i>
2002/03	4,6
2003/04	4,7
2004/05	4,5
Média	4,6
Desvio Padrão	0,1
Desvio Padrão Relativo (em %)	1,7

No que diz respeito à determinação do índice de maturação verificou-se grande re-

produtibilidade entre as amostras dos anos diferentes (Quadro 1) e os valores obtidos não variaram de forma significativa (desvio padrão relativo de 1,7%).

Para as pragas das azeitonas analisadas (Gafa e Mosca da Azeitona) verificou-se uma diferença muito significativa entre as amostras de 2003 e de 2004 (Quadro 2), esta diferença pode ser determinante na qualidade dos azeites obtidos (Quadro 4), como seria de esperar pois (Barranco, 2001) a acção da gafa vai provocar uma escalada da acidez nos azeites, assim em parte pode estar justificada a significatividade dos anos na variação dos parâmetros apresentados no Quadro 4.

QUADRO 2 – Resultados das análises efectuadas no que diz respeito a pragas da azeitona

Pragas	2003	2004
Mosca em %	0,3	10
Mosca com deposição em %	0,0	2
Total Mosca em %	0,3	13
Gafa em %	6,0	60
Percentagem de Azeitona Afectada	6,3	76,1

Ainda no que diz respeito a qualidade das azeitonas utilizadas verificou-se que avaliando globalmente a Humidade, a percentagem de Gordura - RMN (m.o.) e percentagem de Gordura na Matéria Seca (Quadro 3 não se encontram grandes diferenças entre as campanhas em estudo.

Para os azeites obtidos pelos dois métodos de extracção, método das Prensas e método das Duas Fases, obtiveram-se os valores apresentados no Quadro 4.

Procedeu-se à análise estatística dos resultados obtidos para os vários azeites (Quadro 4) para tal aplicou-se a análise ANOVA General Linear Model, Software Minitab, com um nível de significância de 95% (Quadro 5).

QUADRO 3 – Resultados para a Humidade, a percentagem de Gordura - RMN (m.o.) e percentagem de Gordura na Matéria Seca para três das quatro campanhas em estudo

	Humidade %	Gordura - RMN (m.o.)	% de Gordura na Matéria Seca
Média 2002 (n=3)	43,90	27,28	48,63
Média 2003 (n=3)	46,38	24,04	44,83
Média 2004 (n=3)	46,00	21,85	40,46
Média das Médias	45,43	24,39	44,64
Desvio Padrão	1,33	2,73	4,09
Desvio Padrão Relativo em %	2,94	11,20	9,16

QUADRO 4 – Resultados para a Acidez, Espectrofotometria UV e Índice de Peróxidos para as quatro campanhas em estudo.

Campanha	Método de Extração	Acidez	K 232	K 270	Delta K	Índice de Peróxidos
2001/02	Duas Fases (n=3)	0,2	2,038	0,153	0,008	16
2001/02	Prensas (n=3)	0,3	2,050	0,135	0,005	14
2002/03	Duas Fases (n=3)	0,4	1,644	0,108	0,000	9
2002/03	Prensas (n=3)	1,6	1,564	0,099	-0,003	8
2003/04	Duas Fases (n=3)	0,7	1,485	0,095	-0,004	11
2003/04	Prensas (n=3)	1,9	1,543	0,114	-0,001	16
2004/05	Duas Fases (n=3)	0,8	1,502	0,101	0,000	11
2004/05	Prensas (n=3)	1,6	1,701	0,114	-0,003	13

QUADRO 5 – Resultados da aplicação da análise ANOVA General Linear Model, com o Software Minitab, para um nível de significância de 95%

	Fonte	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Acidez	Ano	3	4,53	4,53	1,51	16,13	0,000
	Extração	1	12,0417	12,04	12,041	128,64	0,000
	Ano* Extração	3	3,742	3,742	1,247	13,32	0,000
K232	Ano	3	1,138	1,138	0,379	56,67	0,000
	Extração	1	0,169	0,169	0,169	25,3	0,000
K 270	Ano	3	0,0085	0,008	0,003	10,99	0,001
	Ano* Extração	3	0,007	0,007	0,002	9,09	0,002
Delta K	Ano	3	0,0002	0,0002	0,0001	10,26	0,001
Índice de Peróxidos	Ano	3	271,538	271,538	90,513	37,29	0,000
	Extração	1	38,76	38,76	38,76	15,97	0,002
	Ano* Extração	3	61,195	61,195	20,398	8,4	0,003

DF – N° de graus de Liberdade; $p \leq 0,001$ Altamente Significativo; $0,001 < p \leq 0,01$ Muito Significativo; $0,01 < p \leq 0,05$ Significativa; $p > 0,05$ Não Significativo

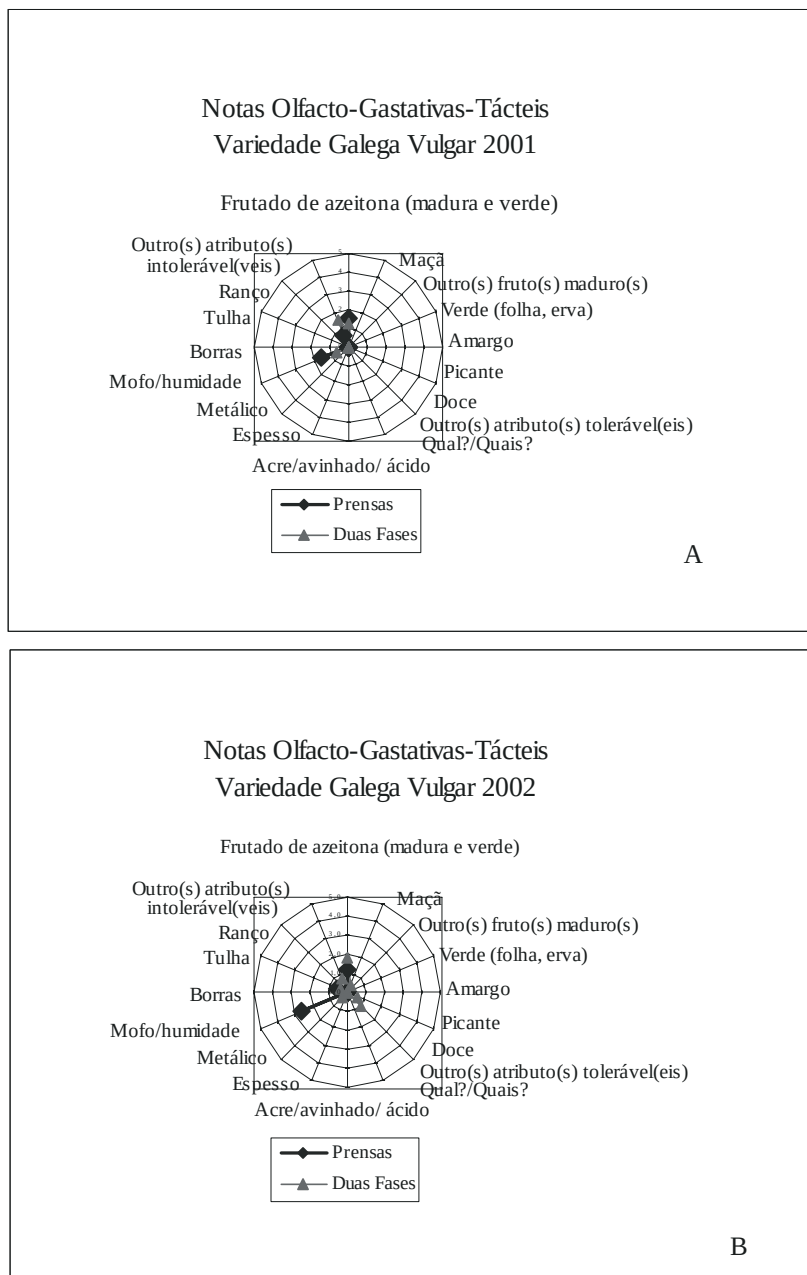


Figura 1 - Espectro sensorial dos azeites obtidos pelos dois métodos de Extracção. (A) Para 2001 e (B) Para 2002

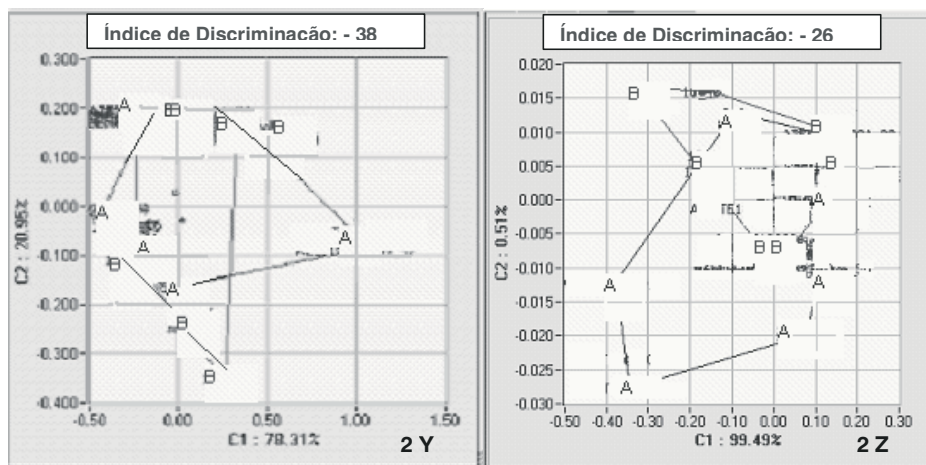


Figura 2 – Representação gráfica de uma análise de Componentes Principais (CP), para os valores obtidos da análise por nariz electrónico. (Y) Sem optimização de sensores; (Z) Com optimização de sensores. Valores de (A) para extracção por Prensas valores de (B) extracção por Duas Fases

No Quadro 5 constatamos que para todas as análises apresentadas os parâmetros estudados são altamente ou muito significativos.

Relativamente à análise sensorial verifica-se que o espectro sensorial não é muito diferente no que diz respeito ao método de extracção para os anos 2001 e 2002 (Figura 1A e 1B), a excepção é feita para o parâmetro mofo que para as extracções por Prensa se faz notar ainda mais. Este facto pode estar associado com os níveis superiores de acidez obtidos neste tipo de extracção. (Aparício *et al.*, 2003).

Recorreu-se ao nariz electrónico, FOX 3000 (Alpha Mos), para a análise de todos os azeites obtidos, pelos diferentes métodos de extracção, foi feita feita uma análise dos valores obtidos recorrendo a Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 2Y e 2Z). Verificou-se um índice de discriminação negativo quer quando esta análise teve em consideração os valores dos 12 sensores disponíveis (Figura 2Y), quer quando para ACP houve uma utilização de apenas aqueles que aumentavam o Índice de Discriminação (Figura 2Z).

A primeira componente (na segunda aproximação utilizada) contribuiu para a explicação de 99,49% da variação. (Figura 2Z).

CONCLUSÕES

Dos resultados apresentados pode-se concluir que existem diferenças significativas para alguns parâmetros analisados para o azeite, obtido com diferentes métodos de extracção. Tendo em conta a classificação o azeite expresso no Regulamento (CE) N.º 1989/2003 de 6 de Novembro, verifica-se que a diferença de acidez obtida para os dois métodos da extracção por si só não é o bastante para atribuir uma classificação diferente ao azeite diferente.

Para os outros factores que se apresentam, apesar das diferenças significativas, mantêm os diferentes azeites obtidos dentro da mesma categoria.

A acidez elevada resultante do método de extracção por prensas pode dever-se à hidrólise da gordura provocada pelo contacto excessivo do azeite com a água de vegeta-

ção no processo de decantação (Boskou, 1996; Aparício *et al.*, 2003). Assim, otimizar tempos de decantação e minimizar o contacto do azeite com a água de vegetação serão dois passos importantes na melhoria da qualidade do azeite obtido pela técnica de extracção por prensas.

Por outro lado as análises sensoriais efectuadas apontam para as mesmas conclusões uma vez que o parâmetro mofo detectado para as extracções efectuadas com a Prensa pode estar associado com os níveis superiores de acidez obtidos neste tipo de extracção. (Aparício *et al.*, 2003). Verifica-se que as análises efectuadas pelo Fox 3000, detecção electrónica de aromas, não apresentam um índice de discriminação positivo quando se comparam todos os azeites analisados, através da Análise de Componentes Principais, não complementando assim a análise sensorial efectuada.

Os estudos que se debruçam sobre a tecnologia aplicada para a extracção do azeite, podem indicar quais as melhores tecnologias para cada variedade de azeitona e/ou o melhor caminho para melhorar esta tecnologia aplicada.

AGRADECIMENTOS

Fundação Ciência e Tecnologia – Bolsa SFRH/BD/8890/2002, Projecto Agro 824 e ENMP do INIAP pela cedência das instalações para se proceder às extracções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, R. & Harwood, J. 2003– *Manual del Aceite de Oliva*. pp. 614, Mundi Prensas Libros S.A, Espanha.
- Barranco, Diego, Fernandez-Escobar, Ricardo & Rallo, Luis. 2001. *El Cultivo del Olivo*. pp. 724, Ediciones Mundi-Prensa, 4º Edición, Espanha.
- Boskou, Dimitrio. 1996. *Olive Oil Chemistry and Technology*. pp. 176, A O C S Press, USA
- Dalcanale, E., Gardini, S & Allai, M. 1999 - The Electronic Nose in the food industry. *La chimica e l'industria*, **81**: 465-469
- Gouveia, José Manuel Baptista, Saldanha, José Luis Possolo de Saldanha, Martins, Alva Seixas, Modesto, Maria de Lourdes & Sobral, Vítor. 2002. *O Azeite em Portugal*. pp 240, Edições Inapa, Lisboa, Portugal.
- Leitão, Fausto, Potes, Maria de Fátima, Calado, Maria Leonilde & Almeida, Francisco José. 1986. *Descrição de 22 variedades de oliveira cultivadas em Portugal*. – pp. 111, Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Direcção Geral de Planeamento Agricultura, Lisboa, Portugal.
- Minitab Statistical Software Inc., USA
- Miled, D. D., Smaoui, Ben A., Zarrouk, M. & Chérif, A. 2000. Do extraction procedures affect olive oil quality and stability? *Biochem. Soc. Trans.*, **28**: 929–933. Portland Press, USA.
- Norma Portuguesa NP-1304 de 1976: *Determinação do Teor de Água e Matérias Voláteis*.
- Ranalli, A. & Angerosa, F. 1996. Integral centrifuges for olive oil extraction. The qualitative characteristics of products. *Journal of the American Oil Chemists Society*, **73**:417-422.
- Regulamento (CE) N.º 2568/91 da Comissão de 11 de Julho de 1991 - *Relativo às características dos azeites e dos óleos de bagaço de azeitona, bem como aos métodos de análise relacionados*.
- Regulamento (CE) N.º 1019/2002 da Comissão de 13 de Junho de 2002 - *Relati-*

- vo às normas de comercialização do azeite.
- Regulamento (CE) n.º 708/2005 da Comissão de 10 de Maio de 2005 - *Denominação de Origem Azeite de Trás-os-Montes*.
- Ricci, C., Allai, M., Ribecchini, L., Dalcanale, E. & Caglioti, L. 2001. Valutazione della qualità dell'olio extra vergine di oliva mediante naso elettronico a sensori mos. *La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, **LXXVII**: 85-92.
- Rovellini, P., Cortesi, N. & Fidelini, E. 1997. Ossidazione dei Lipi. - Nota 1, *La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, **Vol. 74, n° 5**: 181-189. Itália.
- Salvador, M. D., Aranda, F. & Fregapane, G. 2001. Influence of fruit ripening on Cornicabra virgin olive oil quality. A study of four successive crop seasons. *Food Chemistry*, **73**: 45-53.
- Ruiz, L. Frias, García, A., Hermoso, M., Jiménez, A., Llaveró, M.P, Morales, J., Ruano, M.T. & Uceda, M. 1991. *Análisis de Laboratorio de Almazara*. - pp. 111, Ed. Junta de Andalucía, Sevilla, España.
- Página do Instituto Nacional de Estatística 2005 - www.ine.pt, Portugal

Condições ambientais das etapas de fabrico de um tipo de paio de porco da raça Alentejana

Ambient conditions during production of traditional Portuguese dry sausages

M. Elias¹ & C. Baixinho

RESUMO

As condições ambientais, principalmente temperatura e humidade relativa do ar, a que são sujeitas as carnes durante o processamento dos enchidos são determinantes para a qualidade final destes produtos, mormente no que respeita aos aspectos higio-sanitários e sensoriais.

Assim, em duas fábricas situadas em duas zonas diferentes do Alentejo, foram acompanhados 3 lotes de produção, elaborados em diferentes épocas de ano, de um tipo de paio de porco da raça Alentejana. Numa das fábricas os enchidos são curados com recurso à fumaça e na outra não.

Fizeram-se medições da temperatura e da humidade relativa do ar nas seguintes etapas do processo: cais de recepção de carcaças, câmara de recepção de carcaças, sala de desmancha, câmara de maturação de massas, sala de enchimento e instalações usadas para a cura.

Na mesma fábrica, quase sempre foram encontradas diferenças significativas, tanto para a temperatura como para a humidade relativa, entre lotes de produção de paio de porco da raça Alentejana. Este facto, seguramente vai ter repercussões na qualidade

do produto final, resultando na falta de regularidade das suas características ao longo do tempo, situação indesejável quando se pretendem fomentar hábitos de consumo.

ABSTRACT

Final quality of dry sausages, mainly sanitary and sensorial characteristics, is strongly determined by temperature and humidity during curing period.

Three different lots of “paio de porco Alentejano”, a traditional Portuguese dry sausage, from two different factories from Alentejo were assessed. The factories were from distinct areas of Alentejo and one of them smoked the products and the other one didn't do it.

Values of temperature and humidity were taken in several steps of the traditional sausage process.

At the same factory, significant differences were almost always found, for temperature and humidity, among lots. This fact would affect the final quality of the product and should cause its heterogeneity, affecting negatively the faithful consume (consumer behaviour).

¹ Departamento de Fitotecnia e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, 7002-554 Évora; e-mail: elias@uevora.pt

INTRODUÇÃO

As condições ambientais adoptadas para o fabrico de enchidos são de uma importância capital, estando relacionadas com a qualidade higiénica, sensorial e tecnológica do produto.

Para uma boa salubridade dos enchidos é importante que se respeitem temperaturas inferiores a 7 °C nas fases iniciais de manipulação das carnes, sobretudo na manutenção em câmaras de refrigeração e em contentores de transporte de carnes. As baixas temperaturas nas fases iniciais do fabrico e as temperaturas adequadas (que variam com o tipo de enchido) nas etapas posteriores, com especial relevo para a cura das carnes, são determinantes para o desenvolvimento dos fenómenos bioquímicos, de natureza tissular e microbiana, que devem ocorrer nos enchidos e têm implicações directas na sua qualidade higiénica e sensorial. Por outro lado, a reprodução das condições ambientais de cada uma das etapas de fabrico ao longo do tempo é um factor determinante para que exista homogeneidade entre os lotes de fabrico, contribuição importante para que haja regularidade na produção, e para que se fomentem hábitos de consumo.

Este trabalho tem por objectivo contribuir para um melhor conhecimento do processo de fabrico do paio de porco Alentejano, focando dois aspectos: ⁱ⁾ os parâmetros ambientais ao longo das várias etapas do fabrico e ⁱⁱ⁾ a duração de cada uma das etapas do fabrico (desde o cais de recepção até ao produto final).

MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho fizeram-se registos em duas fábricas produtoras de paio de porco Alentejano. Ambas as fábricas estão localizadas no Alentejo. Numa das fábricas

(designada por fábrica A) não se recorre à fumagem dos enchidos e na outra sim (esta designada por fábrica B).

Em cada uma das fábricas estudadas foram acompanhados 3 lotes de produção e mediram-se a temperatura e a humidade relativa do ar nos seguintes locais representativos de todo o processo de fabrico: cais de recepção, câmara de recepção de carnes refrigeradas (apenas para a fábrica A e somente com registos de temperatura), sala de desmancha, câmara de maturação, sala de enchimento, câmara de cura com ambiente controlado (fábrica A), sala de cura natural (fábrica A), fumeiro (fábrica B) e câmara de secagem (fábrica B).

Na fábrica B as carnes e as carcaças passam directamente do cais de recepção para a sala de desmancha, razão pela qual não há registos da câmara de recepção de carnes refrigeradas naquela fábrica.

Para realizar estas leituras, utilizou-se um termo higrómetro digital (Rotronic, modelo A1). As leituras foram realizadas durante os dias de trabalho e às seguintes horas: 10:00, 11:00, 12:00, 14:00, 15:00 e 16:00. Nos locais onde as etapas de fabrico foram relativamente curtas (cais de recepção de carcaças, sala de desmancha e sala de enchimento) realizaram-se apenas 3 registos por lote.

Os períodos de tempo em que foram feitos registos das condições ambientais constam dos Quadros 1 e 2.

Procedeu-se ainda ao registo do tempo de duração de cada uma das etapas do processo de fabrico.

Apenas foi feita análise estatística para os dados relativos à avaliação das condições ambientais das etapas de fabrico. Foi realizada uma análise de variância unifactorial considerando o factor “fábrica”, com 2 níveis: A e B. Para tal utilizou-se o programa Statistica 5.1.

QUADRO 1 – Períodos de tempo (mês e ano) e número de registos efectuados para parâmetros ambientais (temperatura e humidade relativa do ar) nas duas fábricas em estudo (A e B), em função do lote de produção e dos locais de fabrico

Fábrica	Lote	Cais de Recepção	Nº de registos	Câmara de Refrigeração	Nº de registos	Sala de Desmancha	Nº de registos	Câmara de Maturação	Nº de registos	Sala de Enchimento	Nº de registos
A	1	Jan./2000	3	Jan./2000	25	Jan./2000	3	Jan./2000	18	Jan./2000	3
	2	Abr./2000	3	Abr./2000	21	Abr./2000	3	Abr./2000	12	Abr./2000	3
	3	Jun./2000	3	Jun./2000	20	Jun./2000	3	Jun./2000	11	Jun./2000	3
B	1	Agt./1999	3	*		Agt./1999	3	Agt./1999	6	Agt./1999	3
	2	Set./1999	3	*		Set./1999	3	Set./1999	6	Set./1999	3
	3	Out./1999	3	*		Out./1999	3	Out./1999	6	Out./1999	3

* Na Fábrica B as carnes e carcaças passam directamente do cais de recepção para a sala de desmancha.

QUADRO 2 – Períodos de tempo (mês e ano) em que decorreram registos de parâmetros ambientais nas duas fábricas em estudo (A e B), em função do lote de produção e dos locais de cura

Fábrica	Lote	Câmara de cura (Ambiente Controlado)	Nº de registos	Sala de Cura Natural	Nº de registos	Fumeiro	Nº de registos	Câmara de Estabilização	Nº de registos
A	1	Jan.-Fev./2000	126	Fev.-Abr./2000	156	1)		1)	
	2	Abr.-Jun./2000	170	Jun.-Jul./2000	86	1)		1)	
	3	Jun.-Jul./2000	120	Jul.-Agt./2000	101	1)		1)	
B	1	2)		2)		Agt./1999	18	Agt.-Out./1999	155
	2	2)		2)		Set.- Out./1999	81	Out./1999	
	3	2)		2)		Out./1999	46	Out.-Nov./1999	26

1) – Equipamentos que não fazem parte do processo de fabrico da fábrica A.

2) – Equipamentos que não fazem parte do processo de fabrico da fábrica B.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação das condições ambientais

Cais de recepção das carcaças

A análise de variância mostrou haver diferenças significativas entre lotes de produção para as variáveis temperatura e humidade relativa, na fábrica A, e para a variável humidade relativa na fábrica B.

Na fábrica A a temperatura média do ar no cais de recepção (Quadro 3) variou entre 11,1 °C (lote 1, com início de produção em Janeiro) e 20,4 °C (lote 3, com início de produção em Junho). Estas grandes variações térmicas ocorreram porque o cais de recepção da fábrica A não é climatizado. Nesta mesma fábrica e também em função

da época do ano, os valores da humidade relativa média do ar foram significativamente superiores no lote 1 (75,5%) comparativamente aos outros dois lotes, com valores inferiores a 60,0%. Contudo, do ponto de vista tecnológico as variações nos valores da humidade relativa não têm grande significado dado o curto período de permanência de cada carcaça no cais de recepção.

No cais de recepção da fábrica B, apesar de também não ser climatizado, a temperatura do ar manteve-se sem alterações significativas entre os lotes de produção, embora com valores elevados. Quanto à humidade relativa do ar registada no cais de recepção desta mesma fábrica, os valores mais baixos (50,9%) foram os do lote recebido em Agosto e os mais elevados (76,3%) corresponderam ao lote recebido em Outubro.

QUADRO 3 – Médias e desvios-padrão para as variáveis temperatura (°C) e humidade relativa (%) do ar registadas no cais de recepção das carcaças, nas duas fábricas (A e B) e nos três lotes de fabrico estudados (1, 2 e 3)

	FÁBRICA A			FÁBRICA B		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Temperatura	11,1a±0,85	14,7b±0,12	20,4c±0,48	17,9±0,06	18,9±0,53	18,3±0,60
Humidade relativa	75,5b±3,11	54,6a±1,21	59,0a±1,45	50,9a±3,50	61,2b±8,43	76,3c±2,53

Para a mesma fábrica e na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

Câmara de recepção de carcaças

Neste capítulo apenas se apresentam registos feitos na fábrica A uma vez que na fábrica B as carcaças passam directamente do cais de recepção para a sala de desmancha.

Na câmara de recepção de carcaças não houve diferenças significativas entre lotes, nem para a temperatura (cujos valores se situaram próximos de 0 °C) nem para a humidade relativa do ar (com registos próximos de 80%) (Quadro 4).

QUADRO 4 – Médias e desvios-padrão para as variáveis temperatura (T) (°C) e humidade relativa (HR) (%) do ar registadas na câmara de recepção de carcaças na fábrica A e nos três lotes de fabrico estudados (1, 2 e 3)

	FÁBRICA A		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
T	0,72±1,54	0,05±1,56	0,60±1,81
HR	79,4±2,66	80,5±2,84	80,4±2,95

Durante a permanência das carcaças na câmara de recepção (56 horas para os lotes 1 e 3; 30 horas para o lote 2) foram feitas 25, 21 e 20 medições de temperatura, respectivamente para os lotes 1, 2 e 3. Pela leitura da Figura 1 verificamos que 20 das medições realizadas para o lote 1 obtiveram resultados no intervalo de temperatura situado entre -1 °C e 0 °C. No lote 2 apenas 2 medições não obtiveram resultados entre -2 °C e 0 °C e no lote 3 houve inclusivamente 1 registo cujo resultado foi colocado no intervalo de temperatura entre -3 °C e -2 °C.

Neste mesmo lote as temperaturas mais frequentemente registadas situaram-se entre os -1 °C e 0 °C, tal como havia acontecido nos outros dois lotes. No entanto, houve 3 registos entre os 3 °C e os 4 °C, situação que terá resultado de aberturas mais demoradas ou mais frequentes da porta da câmara, com reflexos mais notórios na temperatura do ar, uma vez que o lote 3 começou a ser processado no final da Primavera.

A Portaria nº 252/96, de 10 de Julho, estipula que as carnes frescas devem ser arrefecidas imediatamente após a inspecção *post mortem* e mantidas, permanentemente, a uma temperatura igual ou inferior a 7 °C. Deste modo, todas as medições de temperatura realizadas na câmara de recepção de carcaças estiveram de acordo com as exigências legais.

As medições da humidade relativa do ar (Figura 2), em número idêntico aos registos feitos para a temperatura, apresentaram uma amplitude semelhante nos 3 lotes; 75,0% foi o valor mais baixo registado e 86,0% foi o mais elevado.

Sala de Desmancha

A humidade relativa do ar na sala de desmancha variou significativamente entre lotes nas duas fábricas. Por outro lado, os registos da temperatura do ar apenas variaram, de forma significativa, entre lotes na fábrica A. Nesta fábrica, os valores médios da humidade relativa do ar (Quadro 5) variaram entre 74,1% (lote 2) e 76,5% (lote 3). Na sala de desmancha da

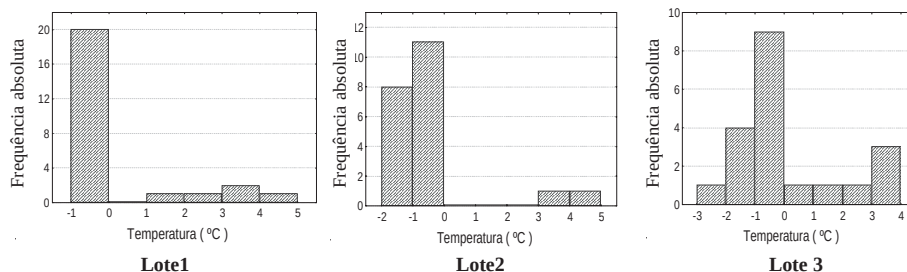


Figura 1 – Frequências absolutas para os registos de temperatura do ar da câmara de recepção de carcaças da fábrica A durante a permanência dos 3 lotes estudados

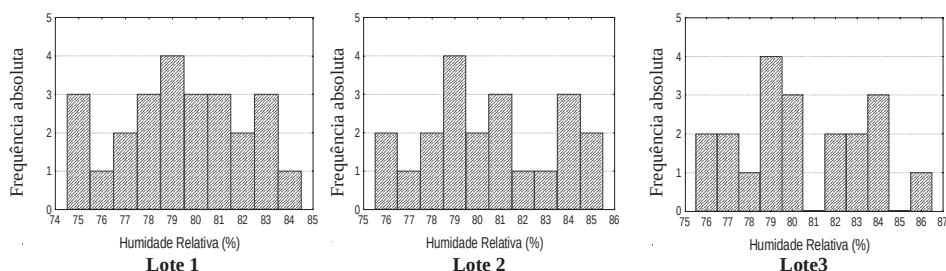


Figura 2 – Frequências absolutas para os registos de humidade relativa do ar da câmara de recepção de carcaças da fábrica A durante a permanência dos 3 lotes estudados

fábrica B a humidade relativa do ar foi mais baixa, próxima de 70,0% em dois lotes e um outro com valor médio de 56,2%. Quanto aos registos da temperatura, em ambas as fábricas estiveram acima do legalmente exigido. Com efeito, o Decreto nº 44/93, de 27 de Novembro, determina que quando estiverem a decorrer as operações de corte das carnes a sala deve ser mantida a uma temperatura não superior a 12 °C.

Frey (1995) esclarece que a sala de desmancha de carnes não deve estar a uma temperatura superior a 12 °C, de modo a evitar uma intensa proliferação da microbiota psicrotrofica (*Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, entre outros) nas peças durante o corte. De acordo com o mesmo autor, a sala de desmancha deve

possuir uma humidade suficientemente baixa de modo a evitar que o valor da actividade da água da carne aumente bruscamente.

Câmara de maturação de massas

A maturação das massas de carne constitui um fenómeno complexo, todavia ainda não totalmente esclarecido, em que o sal, a água e os microrganismos desempenham funções relevantes. Com efeito, o sal introduz-se nos fragmentos da carne, extrai a água e a proteína das fibras musculares, actuando também como inibidor do desenvolvimento de bactérias que exijam valores elevados de actividade da água, como é o caso de grande parte de espécies patogénicas e putrefactivas.

QUADRO 5 – Médias e desvios-padrão para as variáveis temperatura (°C) e humidade relativa (%) do ar registadas na sala de desmancha das duas fábricas (A e B) e nos três lotes de fabrico estudados (1, 2 e 3)

	FÁBRICA A			FÁBRICA B		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Temperatura	13,3a±0,8	15,6c±1,4	14,2b±0,5	16,8±0,6	15,3±1,3	14,9±0,6
Humidade relativa	76,2b±1,8	74,1a±4,3	76,5b±1,8	56,2a±1,1	70,5b±3,6	70,0a±4,0

Para a mesma fábrica e na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes

Apesar das condições ambientais nas câmaras de maturação poderem ser controladas, em ambas as fábricas as variáveis temperatura e humidade relativa apresentam diferenças significativas entre lotes de fabrico.

A observação do Quadro 6 e das Figuras 3, 4, 5 e 6 mostra as diferenças acabadas de referir no parágrafo anterior. Quanto às temperaturas registadas na fábrica A, verifica-se que a maturação do lote 1 decorreu a temperaturas relativamente baixas, compreendidas principalmente entre 0 e 3 °C, no lote 2 as temperaturas foram relativamente elevadas, com 1 registo no intervalo entre 12 e 13 °C, e no lote 3 as temperaturas foram um pouco mais baixas que no lote 2. Na fábrica B não houve uma diferença tão acentuada entre os lotes, com um número maior de registos a variar entre os 5 e os 8 °C, sensivelmente. As médias dos valores da humidade relativa foram sempre inferiores na fábrica A.

Os valores dos parâmetros ambientais obtidos neste trabalho estão muito longe de gerarem consensos. De facto, surgem grandes variações, não só com o tipo de produto que se vai fabricar mas, principalmente, com os hábitos dos fabricantes, ocorrendo estas variações não apenas entre zonas geográficas de Portugal mas também dentro da mesma zona. Sousa e Ribeiro (1983) refe-

rem que durante o período de maturação deve manter-se uma temperatura não superior a 10 °C, entre outras razões para evitar o risco de multiplicação de *Staphylococcus aureus*. Rosário (1989) utilizou uma temperatura de 6 °C e uma humidade relativa de 75% para a maturação de massas para fabrico de salpicão tradicional de Vila Real. Chouriço (1999) para a maturação de produtos tradicionais do Alentejo, designados por “paia de lombo”, “paio” e “chouriço grosso” refere temperaturas a variar entre 0 e 5 °C e valores de humidade relativa do ar entre 90 e 95%. Por outro lado, Patarata (2002) ao fabricar linguiça tradicional transmontana utilizou temperaturas de 2 - 4 °C durante a maturação.

Pelo exposto, opinamos não serem despropositados os valores dos parâmetros ambientais registados em ambas as fábricas, exceptuando alguns valores de temperatura excessivos observados durante a maturação do lote 2 produzido na fábrica A, mas criticamos a falta de uniformização das condições ambientais em que decorre a maturação, sobretudo na fábrica A. Esta realidade pode contribuir para a falta de regularidade na qualidade dos paios, factor indesejável quando se procura fomentar hábitos de consumo.

QUADRO 6 – Médias e desvios-padrão para as variáveis temperatura (°C) e de humidade relativa (%) do ar registadas na câmara de maturação de massas, nas duas fábricas (A e B) e nos três lotes de fabrico estudados (1, 2 e 3)

	FÁBRICA A			FÁBRICA B		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Temperatura	2,0a±0,9	9,0b±1,5	8,3b±0,7	8,1b±0,5	6,6a±1,4	5,9a±1,5
Humidade relativa	75,1a±2,5	75,5a±2,1	77,4b±1,7	78,1a±7,0	85,8b±4,5	86,3b±1,8

Para a mesma fábrica e na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

Sala de enchimento

Uma vez mais e apesar das salas de enchimento das duas fábricas terem equi-

pamento para controlo da temperatura e da humidade relativa do ar, estes dois parâmetros variaram significativamente entre lotes de produção em ambas as fábricas.

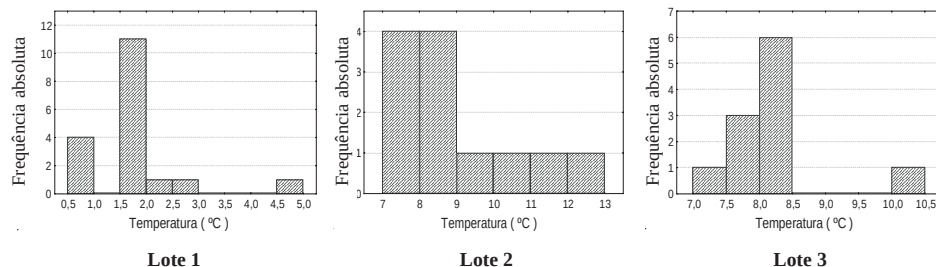


Figura 3 – Frequências absolutas para os registos de temperatura do ar da câmara de maturação de massas da fábrica A durante a permanência dos 3 lotes estudados

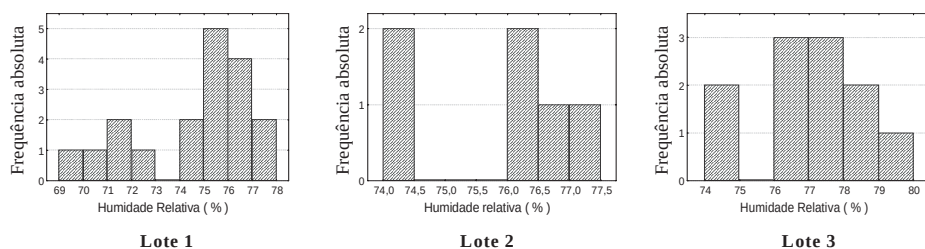


Figura 4 – Frequências absolutas para os registos de humidade relativa do ar da câmara de maturação de massas da fábrica A durante a permanência dos 3 lotes estudados

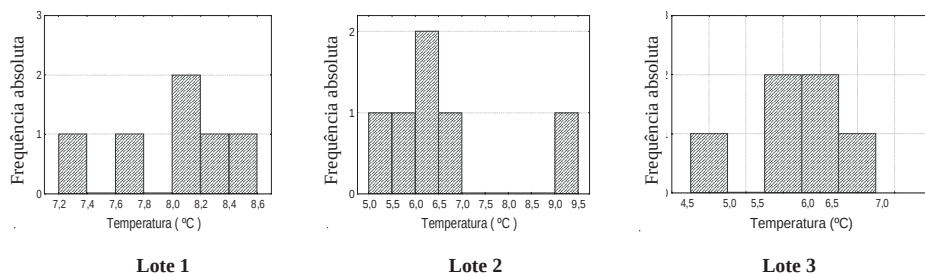


Figura 5 – Frequências absolutas para os registos de temperatura do ar da câmara de maturação de massas da fábrica B durante a permanência dos 3 lotes estudados

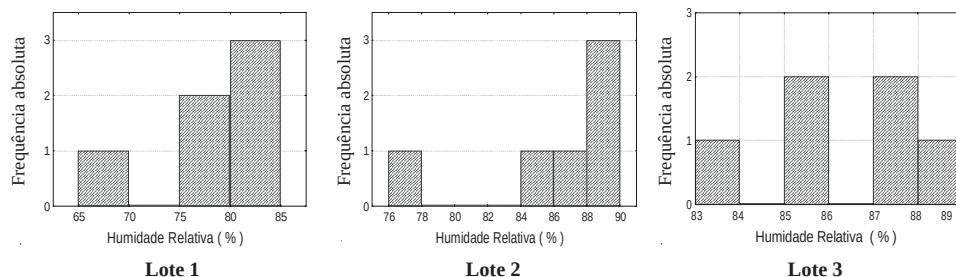


Figura 6 – Frequências absolutas para os registos de humidade relativa do ar da câmara de maturação de massas da fábrica B durante a permanência dos 3 lotes estudados

QUADRO 7 – Médias e desvios-padrão para as variáveis temperatura (°C) e humidade relativa (%) do ar registadas na sala de enchimento, nas duas fábricas (A e B) e nos três lotes de fabrico estudados (1, 2 e 3)

	FÁBRICA A			FÁBRICA B		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Temperatura	12,0a±0,1	14,6b±0,8	14,2b±0,6	15,9b±0,5	15,5b±0,4	13,0a±0,6
Humidade relativa	77,8b±0,8	75,9a±1,2	76,9a±0,8	66,8a±1,6	74,3b±2,7	75,5b±0,7

Para a mesma fábrica e na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes

De acordo com o Decreto nº 44/93, de 27 de Novembro, a temperatura na sala de enchimento não deve ser superior a 12 °C, pelo que à excepção de um lote (lote 1) produzido na fábrica A, todos os restantes foram sujeitos a temperaturas um pouco acima do limite máximo estabelecido, durante a sua permanência na sala de enchimento (Quadro 7). Quanto aos valores da humidade relativa do ar destaca-se a média relativamente baixa (66,8%) correspondente ao lote 1 produzido na fábrica B.

Processo de cura

Considerando as diferentes condições ambientais em que decorre a cura do paio de porco Alentejano nas duas fábricas objecto de estudo, apresentaremos em primeiro lugar os resultados obtidos na câmara de cura e na sala de cura natural, etapas do processo de cura da fábrica A. Posteriormente

são apresentados os resultados obtidos dos registos efectuados no fumeiro e na câmara de secagem, etapas do processo de cura da fábrica B.

Câmara de cura (fábrica A)

A câmara de cura da fábrica A permite controlos eficazes sobre os parâmetros ambientais. Na realidade, pretende-se nesta etapa de fabrico que a temperatura se situe entre os 10 – 11 °C, o que foi, de certo modo, conseguido (Quadro 8 e Figura 7). Os valores médios da humidade relativa do ar estiveram ligeiramente abaixo de 79%, o que está de acordo com o pretendido para esta fase da cura. Considerando a dispersão dos registos efectuados ao longo do tempo verifica-se que a humidade relativa do ar da câmara de cura forçada (Figura 8) se situou principalmente entre os 75 e os 80%.

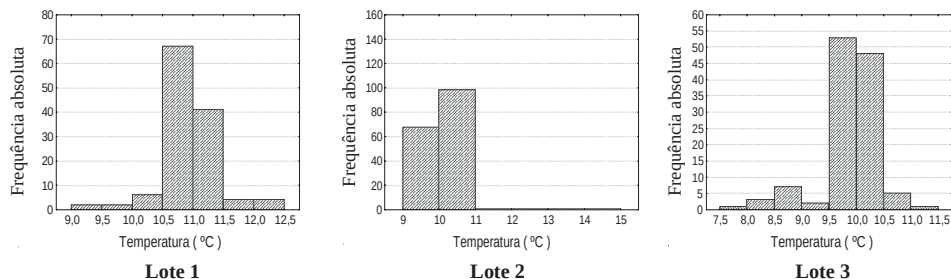


Figura 7 – Frequências absolutas para os registos de temperatura do ar da câmara de cura forçada da fábrica A durante a permanência dos 3 lotes estudados

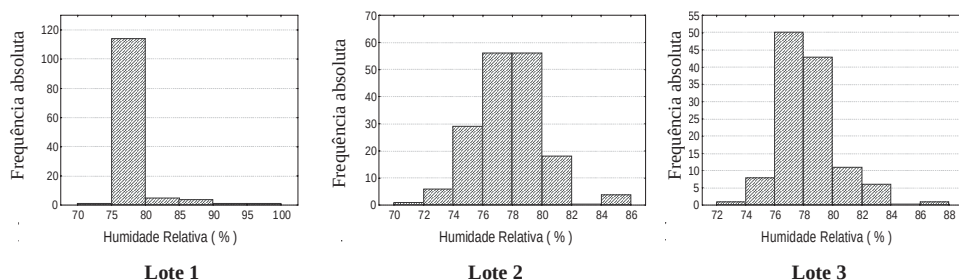


Figura 8 – Frequências absolutas para os registos de humidade relativa do ar da câmara de cura forçada da fábrica A durante a permanência dos 3 lotes estudados

QUADRO 8 – Médias e desvios-padrão para as variáveis temperatura (T) (°C) e humidade relativa (HR) (%) do ar registadas na câmara de cura forçada, na fábrica A e nos três lotes de fabrico estudados (1, 2 e 3)

FÁBRICA A			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
T	11,0c±0,4	10,2b±0,5	10,0a±0,5
HR	78,7±3,3	78,2±2,1	78,7±2,0

Na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

Pretendia-se que a temperatura da câmara de cura forçada se situasse entre 10 e 12 °C, de modo a permitir o desenvolvimento da microbiota Gram-positiva, responsável pela estabilidade do produto e pelo desenvolvimento da cor (Coppola *et al.*, 1997; Garcia-Varona *et al.*, 2000; Hugas *et al.*, 2002).

A humidade relativa da câmara de cura forçada deve situar-se entre 70 e 80% por forma a permitir uma lenta secagem do enchido, uma vez que a secagem rápida pode originar a formação de uma crosta superficial, resultante da desnaturação proteica, que impede a saída de água do interior do enchido.

Sala de cura natural (fábrica A)

A sala de cura natural tem janelas (protegidas com rede de malha fina) que comunicam directamente com o exterior. Deste modo, são compreensíveis as diferenças entre lotes, tanto para a temperatura como para a humidade relativa do ar registados naquela sala (Quadro 9; Figuras 9 e 10).

QUADRO 9 – Médias e desvios-padrão para as variáveis temperatura (T) (°C) e humidade relativa (HR) (%) do ar registadas na sala de cura natural, na fábrica A e nos três lotes de fabrico estudados (1, 2 e 3)

FÁBRICA A			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
T	14,5a±1,7	22,0b±2,1	23,0c±1,2
HR	72,1c±7,3	63,9a±13,7	69,3b±7,0

Na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

O fabricante pretende que a temperatura da sala de cura natural se situe entre 10 e 17 °C e que a humidade relativa do ar daquela sala não saia do intervalo 65 – 80%, de modo a permitir uma secagem gradual e uniforme dos enchidos.

A observação da Figura 9 mostra-nos que nos lotes 1 e 2, que permaneceram na sala de cura natural durante os meses de Fevereiro/Março e Maio/Junho, respectivamente, estiveram sujeitos, principalmente, a temperaturas que variaram entre 12 e 16 °C. No entanto, o lote 3 que esteve naquela sala durante os meses de Julho e Agosto, foi exposto a temperaturas de 20 – 26 °C, resultado das temperaturas extremamente quentes que habitualmente se fazem sentir durante esta época de ano. Por seu lado, os registos efectuados para a humidade relativa, nos 3 lotes, estiveram maioritariamente dentro dos limites preconizados pelo fabricante (Figura 10).

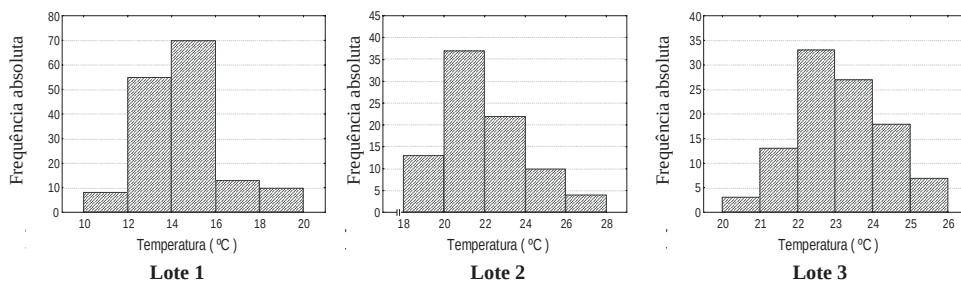


Figura 9 – Frequências absolutas para os registos de temperatura do ar da sala de cura natural da fábrica A durante a permanência dos 3 lotes estudados

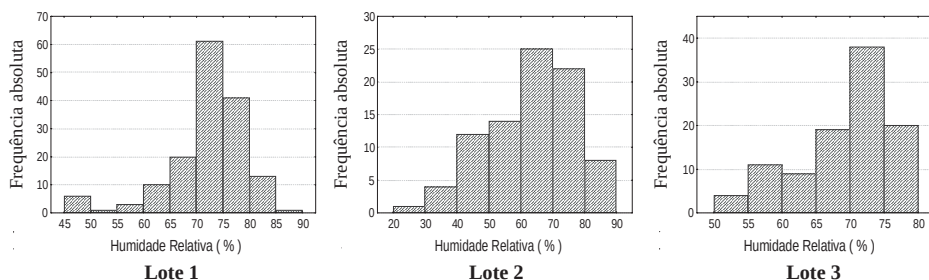


Figura 10 – Frequências absolutas para os registos de humidade relativa do ar da sala de cura natural da fábrica A durante a permanência dos 3 lotes estudados

Fumeiro (fábrica B)

Nesta fase do processo de cura da fábrica B, o lote 3, fabricado em pleno Outono, foi sujeito a valores de temperatura mais baixos e de humidade relativa mais elevados, comparativamente aos outros dois lotes (Quadro 10 e Figura 11).

QUADRO 10 – Médias e desvios-padrão para as variáveis temperatura (T) (°C) e humidade relativa (HR) (%) do ar registadas no fumeiro da fábrica B para os três lotes de fabrico estudados (1, 2 e 3).

FÁBRICA B			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
T	24,7b±1,7	23,7b±3,9	20,3a±2,7
HR	78,9a±4,6	79,5a±5,9	83,8b±5,9

Na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

De acordo com o produtor B, no fumeiro a temperatura deve situar-se entre os 21 e os 31 °C, com valores óptimos próximos de 25 °C e a humidade relativa entre 75 e 85%, de modo a evitar que a evaporação da água se processe de forma brusca. Estes objectivos foram relativamente alcançados nos 3 lotes de produção (Figuras 11 e 12), embora as temperaturas em que decorreu a fumagem do lote 3 tenham ficado um pouco aquém do desejado.

Câmara de secagem (fábrica B)

Os valores apresentados neste capítulo apenas dizem respeito aos lotes 1 e 3, uma vez que o lote 2 foi considerado pronto após ter permanecido 25 dias no fumeiro, tempo consideravelmente superior ao da fumagem dos outros dois lotes (6 e 14 dias).

QUADRO 11 – Médias e desvios-padrão para as variáveis temperatura (°C) e humidade relativa (%) do ar registadas na câmara de secagem, na fábrica B e nos lotes de fabrico 1 e 3

FÁBRICA B			
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
T	14,1±0,4	*	14,3±0,5
HR	72,5b±3,6	*	67,9a±5,0

Na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

* o lote nº2 saiu do fumeiro directamente para a expedição (venda) sem ter passado pela câmara de secagem.

Os valores da humidade relativa do ar da câmara de secagem durante a permanência do lote 3 foram significativamente inferiores aos registados para o lote 1 (Quadro 11). Porém, esta diferença foi intencional e teve por objectivo permitir uma mais eficaz estabilização dos enchidos (lote 3) que haviam sido fumados num período do ano (Outono) em que a humidade relativa do ar ambiente era elevada.

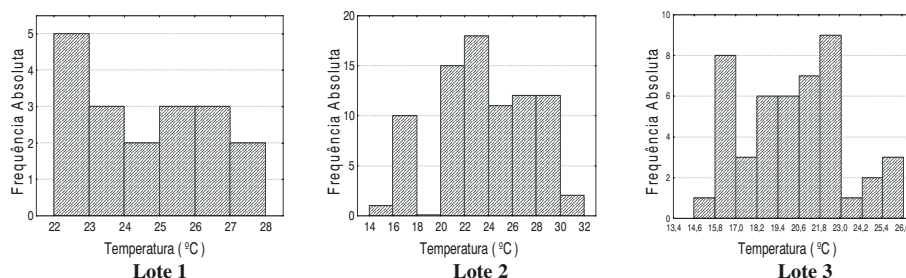


Figura 11 – Frequências absolutas para os registos da temperatura do ar no fumeiro da fábrica B

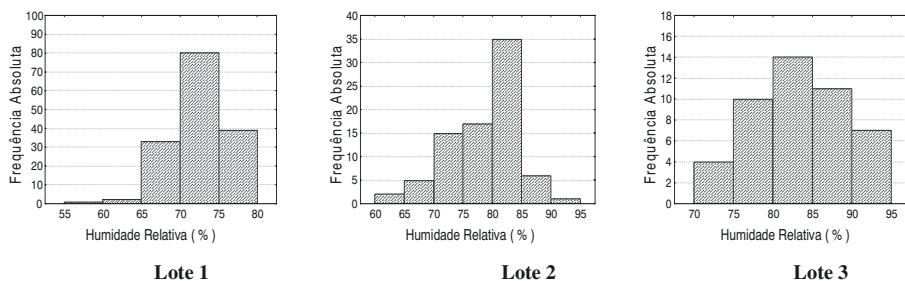


Figura 12 – Frequências absolutas para os registos de humidade relativa do ar do fumo da fábrica B durante a permanência dos 3 lotes estudados

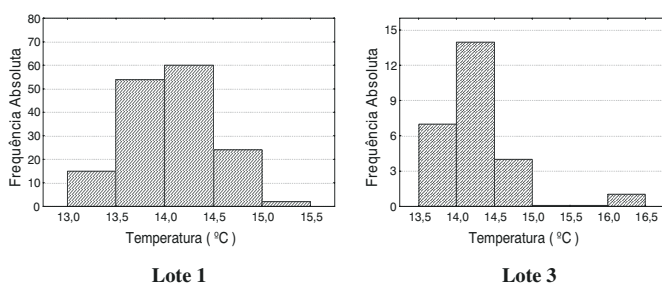


Figura 13 – Frequências absolutas para os registos de temperatura do ar na câmara de secagem da fábrica B durante a permanência de 2 lotes estudados

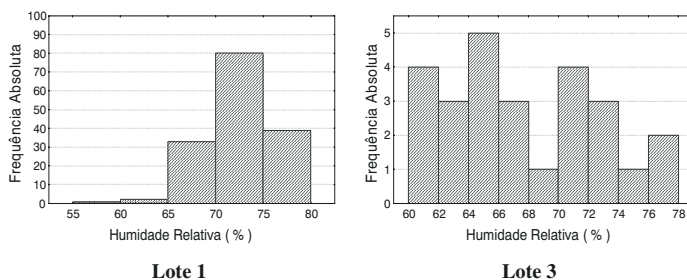


Figura 14 – Frequências absolutas para os registos de humidade relativa do ar da câmara de secagem da fábrica B durante a permanência de 2 lotes estudados

Na opinião do fabricante B, a temperatura na câmara de secagem não deve ser superior a 16 °C, de modo a evitar uma desidratação muito rápida dos enchidos que pode afectar

profundamente as características sensoriais do produto final.

A humidade relativa do ar da câmara de secagem, também segundo o fabricante B, deve situar-se entre 70 e 80%, de forma a

permitir que a secagem do enchido decorra gradual e uniformemente.

Os valores da temperatura por nós registados durante a permanência dos lotes 1 e 3 na câmara de secagem estão, de modo geral, dentro dos limites estabelecidos pelo produtor de enchidos (Figura 13). Contudo, o lote 3 permaneceu nesta câmara com valores de humidade relativa um pouco abaixo do pretendido pelo fabricante de enchidos (Figura 14).

De acordo com Fischer (1988), a fase de cura é a mais crítica no processo de fabrico de enchidos. Segundo este autor, contrariamente ao que acontecia, os enchidos são curados maioritariamente em câmaras com parâmetros ambientais (como sejam temperatura, humidade relativa e velocidade de circulação do ar) e durante períodos de tempo definidos em função do tipo de produto. Para Hermele *et al.* (2004), um dos aspectos mais importantes na concepção de uma moderna câmara de cura prende-se com a sua capacidade para promover uma desidratação homogénea dos enchidos durante a cura. A diferença entre a actividade da água na superfície do enchido e a humidade relativa do ar ambiente é a força motriz para o processo de desidratação. Para que este processo decorra de forma adequada aquela diferença não deve exceder 5% ao longo de todo o processo de cura. Hermele *et al.* (2004) realizaram um trabalho em que relacionaram o fluxo de ar com a perda de água durante a cura de enchidos em câmaras. Verificaram que quando a entrada do fluxo de ar é vertical a humidade relativa da câmara fica estratificada, resultando daí uma desidratação não homogénea, variando com a localização dos enchidos em altura. Neste mesmo trabalho os autores promoveram melhorias na homogeneidade da humidade relativa ambiental, mediante a alteração periódica na direcção (vertical e horizontal) da entrada do fluxo de ar na câmara.

Duração das etapas de fabrico

Na fábrica A, qualquer dos lotes apresenta um número de carcaças recebidas superior ao da outra fábrica (Quadro 12). Estes valores devem-se ao facto da fábrica A produzir, exclusivamente, produtos do porco da raça Alentejana, enquanto a fábrica B transforma maioritariamente carcaças de porcos de raças precoces. Por outro lado, na fábrica A compram sempre carcaças, que são desmanchadas na própria fábrica, enquanto que na fábrica B, por vezes, adquirem também aparas de carne de porco Alentejano. Este comportamento contribui também para que o número de carcaças recebidas seja inferior na fábrica B.

Não se apresentam, para a fábrica B, tempos de permanência das carcaças na câmara de recepção uma vez que nesta fábrica as carcaças passam directamente do cais de recepção para a sala de desmancha.

Observa-se uma certa tendência para desmanchar mais rapidamente as carcaças quando o número daquelas é mais elevado. A título de exemplo refira-se que na fábrica A demorou-se, em média, 64 segundos por carcaça para desmanchar 100 carcaças, enquanto na fábrica B gastaram-se, em média, 113 segundos por carcaça num lote constituído por 8 carcaças.

Na fábrica A os tempos de maturação das massas foram claramente superiores aos praticados na fábrica B (entre 96 e 120 horas na fábrica A; entre 39 e 43 horas na fábrica B). Esta etapa do processo de fabrico tem duração muito variável, em função do tipo de produto e dos hábitos culturais existentes nas várias regiões do nosso país. Oliveira (1989) para o chouriço de carne português produzido industrialmente numa fábrica localizada nos arredores de Lisboa usou um período de maturação de 24 horas. Rosário (1989) produziu salpicão tradicional de Vila Real e usou um período de matura-

ção das massas de 12 dias. Chouriço (1999) para enchidos tradicionais da região de Estremoz e Borba, designados por “paia de lombo”, “paio” e “chouriço grosso” refere tempos de maturação de 2 dias. Patarata (2002), ao fabricar linguiça tradicional transmontana usou um tempo de maturação de 3 dias.

Quanto ao tempo de cura, os valores não são constantes em nenhuma das fábricas porque tanto numa como na outra existe uma etapa que é influenciada pelas condições ambientais: a sala de cura natural, na fábrica A e o fumeiro, na fábrica B. As condições ambientais tanto na sala de cura natural como no fumeiro estão dependentes das condições climáticas exteriores, variando estas com a estação do ano. Deste modo, na fábrica A houve dois lotes produzidos entre Janeiro e Julho que tiveram, cada um, um tempo total de cura de 85 dias, e um terceiro

lote, fabricado entre Junho e Agosto, que foi considerado pronto para venda aos 56 dias de cura. Na fábrica B o recurso ao fumeiro permite encurtar o tempo de cura. Nesta fábrica, o período total de cura mais longo foi de 47 dias (lote 1). O lote 2 permaneceu no fumeiro durante 25 dias, pelo que não houve necessidade de passar pela câmara de secagem.

Os resultados apresentados permitem-nos ter uma ideia da heterogeneidade dos tempos de cura em processos parcialmente influenciados pelas condições ambientais do exterior. Porém, estas diferenças nos tempos de cura, dependentes das diferentes condições ambientais dos locais onde decorre a cura, resultam também em produtos finais com características não regulares, o que pode prejudicar a fidelização que se pretende entre o consumidor e o produto, neste caso paio de porco Alentejano.

QUADRO 12 – Duração para várias etapas do fabrico do paio de porco Alentejano, considerando três lotes de produção em cada uma das duas fábricas estudadas (A e B)

	FÁBRICA A			FÁBRICA B		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Nº de carcaças recebidas	100	31	37	12	15	8
Permanência de cada carcaça no cais de recepção a)	84 s	58 s	49 s	150 s	120 s	114 s
Câmara de recepção de carcaças b)	56 h	30 h	56 h	NA	NA	NA
Tempo para desmanchar 1 carcaça c)	64 s	83 s	71 s	65 s	68 s	113 s
Câmara de maturação de massas	120 h	96 h	96 h	39 h	41 h	43 h
Sala de enchimento	3 h	2 h	2 h	1 h	1 h	1 h
Câmara de cura forçada	36 d	55 d	31 d	NA	NA	NA
Sala de cura natural	49 d	30 d	25 d	NA	NA	NA
Fumeiro	NA	NA	NA	6 d	25 d	14 d
Câmara de secagem	NA	NA	NA	41 d	0 d	18 d
Tempo total de cura	85 d	85 d	56 d	47 d	25 d	32 d
Datas do início / termo do fabrico	04-01-1999/ 08-04-1999	06-04-1999/ 07-07-1999	14-06-1999/ 17-08-1999	18-08-1999/ 06-10-1999	28-09-1999/ 26-10-1999	12-10-1999/ 16-11-1999

a) tempo médio por carcaça; b) tempo de permanência das carcaças que constituem um lote, contabilizado desde a 1ª a entrar na câmara até à última carcaça a abandoná-la; c) tempo médio para desmanchar 1 carcaça em pás, entremeada e lombada; h – Horas; s – Segundos; d – dias; NA – Não se aplica

CONCLUSÕES

O estudo realizado sobre as condições ambientais e duração das etapas de fabrico do paio de porco Alentejano mostrou existirem diferenças significativas entre os 3 lotes estudados, em cada uma das duas fábricas. Também houve variações entre lotes de fabrico quanto à duração das etapas da cura. Se por um lado se pode alegar que um adequado ajuste entre os tempos de duração da cura e os parâmetros ambientais em que ela decorre pode resultar em produtos com características semelhantes, na prática aquelas variações quase sempre dão origem a enchidos com características diferentes, situação indesejável quando se pretendem fomentar hábitos de consumo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chouriço, A.C. 1999. *Estudo Comparativo de Parâmetros Microbiológicos e Organolépticos de Enchidos de Porco Alentejano*. Relatório de trabalho de fim de curso, Licenciatura em Engenharia Zootécnica, Universidade de Évora.
- Coppola, R., Iorizzo, M., Saotta, R., Sorrentino, E. & Grazia, L. 1997. Characterization of micrococci and staphylococci isolated from soppressata molisana, a Southern Italian fermented sausage. *Food Microbiology* **14**: 47-53.
- Fischer, A. 1988. Produktbezogene Technologie – Herstellung von Fleischerzeugnissen. In *Fleisch, Technologie und Hygiene der Gewinnung und Verarbeitung*, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Frey, W. 1995. *Fabricacion fiable de embutidos*. Acribia, Zaragoza, Espanha.
- Garcia-Varona, M., Santos, E.M., Jaime, I. & Rovira, J. 2000. Characterization of Micrococaceae isolated from different varieties of chorizo. *International Journal of Food Microbiology* **54**:189-195.
- Hermele, M., Jesinger, T., Gschwind, P., Kottke, V. & Fisher, A. 2004. Distribution of relative humidity in dependence of the inlet airflow direction in dry sausage ripening chambers. *Proceedings 50th International Congress of Meat Science and Technology*. Helsinki, Finlandia.
- Hugas, M., Garriga, M., Pascual, M., Aymerich, M. T. & Monfort, J. M. 2002. Enhancement of sakacin K activity against *Listeria monocytogenes* in fermented sausages with pepper or manganese as ingredients. *Food Microbiol.* **19**: 519-528.
- Oliveira, M.M.L. 1989. *Aplicação de Culturas de Arranque no Fabrico do Chouriço de Carne Português*. Trabalho apresentado para acesso à categoria de investigador auxiliar. INIA-ENTPA. Lisboa.
- Patarata, L.A.S.C. 2002. *Caracterização e Avaliação da Aptidão Tecnológica de Bactérias do Ácido Lático e "Micrococaceae" em Produtos de Salsicharia. Efeito da sua Utilização em Culturas de Arranque e Formulação Acidificante no Fabrico de Linguiça Tradicional Transmontana*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Doutor em Ciência Alimentar. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Rosário, M.C.C.M.C. 1989. *Efeitos de Aditivos Químicos nas Características do Salpicão Tradicional de Vila Real ao Longo do Processo de Cura*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Doutor em Ciência Alimentar. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Sousa, M.C. & Ribeiro, A.M. 1983. Chouriço de carne português: tecnologia da produção e caracterização química, microbiológica e imunológica. *Industria Alimentar* **1**: 14-23.

Caracterização de matérias-primas subsidiárias usadas no fabrico de paio de porco alentejano

Secondary raw material characteristics used in traditional Portuguese dry sausage production

M. Elias¹, A. C. Santos¹ & B. Raposo

RESUMO

As matérias-primas subsidiárias utilizadas no fabrico de enchidos tradicionais alentejanos são, principalmente, a massa de pimentão, a massa de alho, o sal, a água e a tripa.

Foram recolhidas amostras daquelas matérias-primas subsidiárias em duas fábricas (designadas por A e B) de produção de enchidos instaladas em zonas diferentes do Alentejo. Analisaram-se 6 amostras de cada uma das matérias primas subsidiárias por fábrica. As colheitas das amostras de água foram feitas nas fábricas, a partir de torneiras ligadas às respectivas redes municipais. A tripa analisada foi o intestino grosso, salgado, de porco, com as camadas muscular e serosa.

As análises físico-químicas incidiram apenas sobre as amostras das massas de pimentão e alho e de tripas. As análises feitas às massas foram pH, aw, humidade, teor de cloretos e medição objectiva da cor (L*, a* e b*) e as feitas às tripas foram pH, aw, teor de cloretos, humidade, proteína total, matéria gorda total e cinza total. As análises microbiológicas feitas à água incidiram sobre as contagens de bac-

térias aeróbias totais (mesófilos e psicrotróficos) e a determinação do número mais provável de *Streptococcus* fecais, esporos de *Clostridium* sulfito redutores e bactérias coliformes. As análises microbiológicas feitas às restantes matérias primas subsidiárias foram as contagens de mesófilos totais, psicrotróficos totais, bolores, leveduras, *Lactobacilli*, *Micrococcaceae*, esporos de bactérias aeróbias, *Enterobacteriaceae*, enterococos e esporos de *Clostridia* sulfito redutores. Realizaram-se ainda a estimativa do número de células viáveis de bactérias coliformes e de *Escherichia coli*.

Em todas as amostras de água analisadas os resultados foram inferiores ao limiar de detecção dos métodos utilizados, confirmando a qualidade microbiológica da água das redes municipais que abastecem as fábricas. Quanto às restantes matérias-primas subsidiárias, existiram diferenças entre as usadas numa e noutra fábricas. De um modo geral, foram mais estáveis e de melhor qualidade as matérias-primas subsidiárias utilizadas na fábrica B, principalmente a massa de alho, o sal e a tripa.

¹ Departamento de Fitotecnia e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, 7002-554 Évora; e-mail: elias@uevora.pt

ABSTRACT

Several secondary raw materials are used in the production of traditional dry sausages from Alentejo: pepper, garlic, salt, and natural casings.

Samples from those raw materials were collected from two different factories in Alentejo (designed by A and B). Six samples of each referred raw material per factory were analysed. Physical-chemical and microbiological analyses were made.

Considering the results obtained, raw materials from factory B were more stable and with more quality than those from the other factory.

INTRODUÇÃO

As matérias-primas subsidiárias tradicionalmente utilizadas no fabrico do paio de porco Alentejano são a massa de pimentão, a massa de alho, o sal, a água e a tripa. Esta última utilizada como excipiente, para difusão dos condimentos, facilitando tanto a sua absorção pela carne como a sua distribuição na massa.

As **especiarias** são produtos de origem vegetal, em natureza, fraccionados ou reduzidos a pó, que se adicionam aos alimentos de modo a conferir-lhes sabor e aroma particulares. Gerhardt (1975) adianta que para além de aumentarem a capacidade de conservação dos produtos cárneos, são substâncias com interferências desejáveis no organismo humano.

Rosário (1989) esclarece que quanto menores forem as partículas das especiarias maior será a sua acção. Gerhardt (1975) e Garcia e Bejarano (2001) informam que as propriedades reconhecidas das especiarias são atribuídas aos óleos essenciais, constituídos por hidrocarbonetos aromáticos, alifáticos e cíclicos, e alguns derivados oxige-

nados e sulfurados. Os mesmos autores referem ainda que as especiarias determinam um aumento da actividade glandular, com maior produção de saliva e de suco gástrico, o que contribui para uma melhor digestão.

O aumento da capacidade de conservação dos produtos cárneos devido ao emprego de especiarias está relacionado com a actividade bacteriostática ou bactericida das especiarias, actuando sobre os sistemas oxidoredutores das células bacterianas. As especiarias apresentam ainda actividade antioxidante sobre as gorduras, possivelmente pela sua capacidade quelante de metais, inibindo o aparecimento da fase inicial da autooxidação, capacidades de hidratação e de emulsão e propriedades farmacológicas (Gerhardt, 1975; Zaika e Kissinger, 1981; Farag *et al.*, 1989; Garcia e Bejarano, 2001).

As especiarias utilizam-se sob diversas formas, frescas após colheita, em diversos graus de desidratação, oleoresinas e óleos essenciais. Devido à sua origem e posterior manipulação, podem constituir uma fonte de contaminação dos alimentos, sendo, por isso, exigência corrente a sua esterilização, por processos ditos frios, que respeitem a manutenção dos aromas e dos sabores (óxido de etileno e radiações ionizantes).

As especiarias são ainda consideradas agentes camufladores de outros sabores, e antissépticos gastrointestinais, justificando assim o seu elevado uso em países com temperaturas médias diárias elevadas, como o México, áreas da África e da Índia (Hall e Merwin, 1981). Provavelmente, por razões semelhantes, os países da orla mediterrânica usam, de um modo geral, uma forte condimentação nos enchidos (Rosário, 1989).

São várias as especiarias utilizadas no fabrico de enchidos, contudo, as mais frequentemente usadas, pelas suas características sápidas e aromáticas, são o alho (*Allium sativum*), ou a massa de alho, e o pimento (*Capsicum annuum* L.), sob a forma de

massa de pimentão, ou de pimentão desidratado (colorau). O pimentão é também utilizado pela coloração alaranjada que transmite aos enchidos.

O sal é, seguramente, o ingrediente mais antigo que se conhece, desempenhando inúmeras funções na carne. A sua adição às massas destinadas à produção de enchidos deve-se essencialmente à sua actividade como agente depressor da actividade da água (a_w), funcionando como bacteriostático. Todavia, o sal produz muitos outros efeitos de inquestionável interesse. É agente promotor do sabor, produz uma diminuição do pH, que devido ao efeito Donnan (Goutefongea, 1991) provoca um abaixamento do ponto isoeléctrico das proteínas e, consequentemente, uma maior capacidade de retenção de água.

Em relação ao papel bacteriostático do sal, são vários os autores que destacam a sua acção sobre a microbiota aeróbia responsável pela alteração da carne fresca, assim como sobre alguns microrganismos patogénicos (Houtsma *et al.*, 1996), na medida em que induz, juntamente com outros solutos (nitratos, nitritos, hidratos de carbono, etc.), um decréscimo na a_w para valores de 0,97-0,96 (Fernández, 2000). Este facto, de forma indirecta, favorece o desenvolvimento da microbiota láctica, uma vez que as bactérias aeróbias Gram-negativas e a microbiota patogénica são muito sensíveis aos decréscimos dos valores de a_w e a microbiota láctica se desenvolve bem em tais condições.

Goutefongea (1991) refere que para concentrações de sal de 10% o crescimento da maior parte das formas bacterianas halossensíveis é inibido, enquanto que concentrações de 5% inibem apenas formas anaeróbias. Nos tempos mais recentes, por exigências relacionadas com as preferências dos consumidores, a concentração utilizada não ultrapassa os 3% (Lücke, 1998). Contudo, parece-nos oportuno referir também que a

adição de sal tem um carácter prejudicial sobre a fracção lipídica na medida em que acelera a ocorrência de fenómenos de auto-oxidação.

No fabrico de enchidos, a água pode ser utilizada como excipiente. A sua adição às massas de carne tem por objectivo difundir mais facilmente os condimentos e os aditivos, tornando-os mais facilmente absorvíveis pela carne, e facilitar a homogeneização das massas. Por outro lado, a adição de água contribui para incrementar o desenvolvimento microbiano, uma acção desejável em produtos fermentados, como são a grande maioria dos enchidos.

Na produção de enchidos artesanais são utilizados vários tipos de invólucros, nomeadamente as tripas (intestino delgado e grosso), as serosas peritoniais, o estômago e as bexigas. Estes invólucros são designados por naturais. No entanto, em processos mais industrializados são utilizadas, também, tripas artificiais, fabricadas a partir de celulose, de pergaminho ou de fibras membranosas, ou ainda da combinação das últimas duas (Fraqueza, 1992). Existem também tripas artificiais sintéticas à base de poliamidas, poliésteres, polímeros mistos de dicloreto de polivinilideno (PVDC), polipropileno e polietileno. Ockerman e Hansen (1996) e Fernández (2000) informam que de entre as tripas artificiais as mais utilizadas são as de colagénio reconstituído, uma vez que possuem características semelhantes às naturais. Algumas tripas de colagénio usadas na produção de enchidos curados crus são reforçadas com seda ou com uma malha de algodão.

As tripas naturais são perecíveis, razão porque são, geralmente, conservadas em sal, a temperaturas de 2 °C a 4°C, congeladas ou desidratadas. Aquelas, se armazenadas a temperaturas elevadas podem ser alteradas por desenvolvimento de bactérias e bolores halófilos, produtores de pigmentos verme-

lhos. Em alguns casos desenvolvem-se bactérias do género *Halobacterium*, com actividade proteolítica, o que pode afectar negativamente a resistência da tripa. Se congeladas, as tripas tornam-se frágeis, rompendo-se com maior facilidade durante o enchimento.

Com o objectivo de avaliar a possível influência daquelas matérias-primas subsidiárias nas características do paio de porco Alentejano, foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas a partir de amostras de massa de pimentão, massa de alho, tripa, sal e água.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram recolhidas amostras de massa de pimentão, massa de alho, tripa (intestino grosso de porco, fresco e salgado), sal (marinho higienizado) e água (rede pública), usados no fabrico de paio de porco Alentejano. O sal e a água foram sujeitos a controlo microbiológico. Para as restantes amostras foram avaliadas características físico-químicas e microbiológicas.

Os ingredientes estudados procederam de duas fábricas (designadas por Fábrica A e Fábrica B) e em cada uma delas foram recolhidas amostras de três lotes diferentes de produção de paio de porco Alentejano, fabricados em três datas diferentes; de cada um dos lotes foram recolhidas duas amostras. Portanto, para cada ingrediente e em cada uma das fábricas foram recolhidas 6 amostras.

As análises físico-químicas feitas às massas de pimentão e alho foram a determinação do pH, da actividade da água (a_w), da humidade, do teor de cloretos e a leitura objectiva da cor (L^* , a^* , b^*). Relativamente às tripas, fizeram-se as análises acabadas de referir, à excepção da leitura da cor, acresci-

das da determinação da matéria gorda, teor de proteína bruta e cinza total.

As análises microbiológicas realizadas à massa de pimentão, massa de alho, tripas e sal foram contagens de microrganismos mesófilos totais, psicrotróficos totais, bolores, leveduras, *Micrococcaceae*, *Lactobacillus* spp., *Enterobacteriaceae*, enterococos e esporos de bactérias aeróbias. Fez-se a estimativa do número de células viáveis de esporos de *Clostridia* sulfito-redutores, bactérias coliformes e de *Escherichia coli*. As análises à água consistiram na contagem de microrganismos aeróbios totais (mesófilos e psicrotróficos) e na estimativa do número mais provável de esporos de *Clostridia* sulfito-redutores, *Streptococci* fecais, coliformes fecais e *Escherichia coli*.

O pH foi determinado de acordo com o método descrito na Norma Portuguesa NP-3441 (1990). A leitura realizou-se com um potenciómetro digital da marca Crison, modelo 507. Para realizar a determinação da actividade da água (a_w) recorreu-se ao equipamento específico Rotronic Hygroscop DT, com sonda WA-40 mantida à temperatura de 25°C. A determinação da humidade fez-se de acordo com a Norma Portuguesa NP-1614 (1979). O resultado é expresso em percentagem. A matéria gorda livre foi executada de acordo com a Norma Portuguesa NP-1224 (1982). Os resultados foram expressos em percentagem. O teor de proteína total foi calculado multiplicando por 6,25 o teor de azoto total. Este foi calculado pelo método Kjeldhal, segundo a Norma Portuguesa NP-1612 (1979). A cinza total foi determinada de acordo com a Norma Portuguesa NP-1615 (1979), os resíduos minerais foram pesados e os resultados apresentados em percentagem de produto. A determinação dos cloretos para a análise das tripas fez-se de acordo com a Norma Portuguesa NP-1615 (1979) e para as massas de alho e pimentão recorreu-se à técnica descri-

ta na Norma Portuguesa NP-1422 (1979), sendo os resultados igualmente expressos em percentagem de NaCl.

A determinação objectiva da cor foi efectuada através do sistema CIELAB (Artigas *et al.*, 1985), com recurso a um colorímetro Minolta CR-200. Usaram-se os valores de L^* (medem a luminosidade, oscilando entre 0, para o negro, e 100, para o branco); os de a^* (medem as tonalidades vermelha, valores positivos, e verde, valores negativos) e os de b^* (medem as tonalidades amarela, valores positivos, e azul, valores negativos).

Análise microbiológica a amostras sólidas

A recolha das amostras para análise microbiológica realizou-se de acordo com a Norma Portuguesa NP-1829 (1982).

Na contagem de microrganismos mesófilos totais efectuou-se sementeira em placa com o meio de cultura “Tryptone Glucose Extract Agar” (Merck), à superfície e em duplicado, de 0.1 ml de cada uma das diluições escolhidas. A incubação fez-se à temperatura de 30 °C durante 48 h. Expressaram-se os resultados em unidades formadoras de colónias por grama (u.f.c.g-1).

Na contagem de microrganismos psicrótróficos totais procedeu-se como indicado para a contagem de microrganismos mesófilos. Contudo, a temperatura de incubação foi de 6,5 °C durante 10 dias. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colónias por grama.

Para a contagem de fungos procedeu-se à sementeira em placa, à superfície e em quintuplicado, de 0.2 ml de cada uma das diluições preconizadas. Utilizou-se o meio de cultura “Yeast Extract Agar” (Merck), ao qual se adicionou 0.5% de ciclohexamida. A incubação fez-se a 25 °C durante 5 dias; efectuou-se contagem separada de colónias de bolores e de leveduras. Os resultados

foram expressos em unidades formadoras de colónias por grama.

A contagem de *Lactobacillus* spp. realizou-se como indicado para a contagem de microrganismos mesófilos. Contudo, usou-se o meio selectivo agar MRS (Man, Rogosa e Sharpe - Oxoid) e a incubação fez-se durante 72 horas a 30 °C, em condições de anaerobiose garantida pela utilização de uma jarra da marca Oxoid, com catalizador e indicador de anaerobiose. A contagem das colónias foi referida ao grama de produto, como nos casos anteriores.

Para *Micrococcaceae*, procedeu-se como indicado para a contagem de microrganismos mesófilos. Contudo, usou-se o meio selectivo MSA (Manitol Salt Agar – Oxoid) e as placas inoculadas foram submetidas a uma incubação de 72 horas à temperatura de 30 °C. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colónias por grama.

Para esporos de bactérias aeróbias, procedeu-se à prévia inactivação das formas vegetativas do inóculo em banho de água a 80 °C durante 10 minutos, seguida de sementeira por incorporação de 1ml de cada uma das diluições escolhidas em placas com meio “Tryptone Glucose Extract Agar” (Merck). A incubação fez-se a 30 °C durante 48 h. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colónias por grama.

A contagem de *Enterobacteriaceae* fez-se como indicado para microrganismos mesófilos, usando o meio de cultura “Violet Red Bile Glucose Agar” (Oxoid) e a temperatura de incubação de 37 °C durante 48 h.

Na contagem de enterococos, foi realizada sementeira por incorporação, em placa, de 1 ml de cada uma das diluições escolhidas em meio “Kanamicina Aesculin Azide Agar” (Oxoid), seguida de incubação a 37 °C durante 48 h. Após a contagem das colónias típicas (com halo negro devido à hidrólise da aesculina), expressaram-se os resultados

em unidades formadoras de colónias por grama.

Para a estimativa do nº de células viáveis de esporos de *Clostridia* sulfito-redutores, após a inativação das formas vegetativas do inóculo em banho de água a 80 °C durante 10 minutos, procedeu-se à sementeira por incorporação de 1 ml de cada uma das diluições escolhidas em tubos com meio SPS (“Sulfit Polimixin Sulfadiazine Agar” - Merck), regenerados por ebulição e arrefecidos a 50 °C. A incubação decorreu durante 72 h à temperatura de 44.5 °C. Os resultados expressaram-se em número de esporos por grama. Para o tratamento estatístico dos resultados, estes foram agrupados em classes do seguinte modo:

Classe 1		<	1 esporo g ⁻¹
Classe 2	> 1 e	<	10 esporos g ⁻¹
Classe 3	> 10 e	<	100 esporos g ⁻¹
Classe 4	> 100 e	<	1000 esporos g ⁻¹
Classe 5	> 1000 e	<	10 000 esporos g ⁻¹
Classe 6	> 10 000 e	<	100 000 esporos g ⁻¹

Para estimar o número de células viáveis de bactérias coliformes, semearam-se diferentes quantidades das diluições estipuladas em tubos com caldo lactosado com bÍlis e verde brilhante (“Brilliant Green Bile Lactose Broth” 2% - Merck) de dupla concentração (volumes de 10 ml) e de concentração simples (volumes de 1 ml). No interior dos referidos tubos foram colocados tubos de Durham em posição invertida. A incubação fez-se a 30 °C, durante 48 h. Consideraram-se positivos os tubos que apresentaram gás a ocupar, pelo menos, 1/10 da altura do tubo de Durham. Os resultados (expressos em número de bactérias por grama) foram referidos considerando haver pelo menos uma bactéria no tubo positivo semeado com a mais baixa diluição e menos de uma bactéria no tubo negativo sequente de mais elevada diluição. Para o tratamento estatístico dos resultados, estes foram agrupados em

classes tal como indicado para esporos de *Clostridia* sulfito-redutores.

Para estimar o número de células viáveis de *Escherichia coli*, a partir dos tubos em que foi detectada a presença de bactérias coliformes repicou-se 0,01 ml de inóculo para novos tubos com “Brilliant Green Bile Lactose Broth” 2% (Merck), e para tubos com água peptonada (Merck) a 1%. Os tubos inoculados foram incubados a 44.5 °C durante 48 h. A presença de *Escherichia coli* foi considerada positiva quando se verificou simultaneamente produção de gás no tubo com o meio de cultura (“Brilliant Green Bile Lactose Broth”) e produção de indol no tubo com água peptonada, sendo a presença de indol revelada pela formação de uma coroa de coloração alaranjada na superfície da água peptonada após a adição do reagente de Kovacs. Os resultados apresentam-se de forma idêntica ao indicado para a estimativa do número de células viáveis de bactérias coliformes.

Análise microbiológica à água

Bactérias aeróbias - crescimento a 37 °C: sementeira em placa, por incorporação, em meio de cultura TGE (“Tryptone Glucose Extract Agar” - Merck). Para cada amostra foram usadas duas placas, uma inoculada com 1 ml e outra com 0,1 ml. A incubação fez-se a 37 °C durante 48 horas. Os resultados foram expressos em número de bactérias aeróbias totais por ml.

Bactérias aeróbias - crescimento a 22 °C: procedimento idêntico ao acabado de referir, contudo o meio inoculado foi a incubar a 22 °C durante 72 horas. Os resultados foram apresentados em número de bactérias aeróbias totais por ml.

Estimativa do número mais provável de *Streptococci* fecais: sementeira de 50 ml de inóculo em tubos múltiplos (três) com meio de Roth (caldo “Azide Dextrose” - Merck)

de dupla concentração; sementeira de 10 ml de inóculo em outros três tubos com o mesmo meio e na mesma concentração; sementeira de 1 ml de inóculo em outros três tubos com o mesmo meio mas com concentração simples e ainda sementeira de 0,1 ml de inóculo em outros três tubos com o mesmo meio de cultura e concentração idêntica à anterior. Os tubos contendo o meio inoculado foram incubados a 37 °C durante 48 horas, tendo sido considerados positivos os que apresentaram turvação e/ou sedimentação. A confirmação dos resultados positivos fez-se transferindo três ansas dos tubos que haviam sido positivos na prova presumtiva para tubos contendo meio de cultura “Bromocresol-Purple Azide” caldo - Merck, seguido de incubação a 37 °C durante 24+24 horas. Confirmaram-se positivos os que ao fim de 24 ou 48 horas apresentaram turvação e/ou sedimento violeta. O resultado final, calculado por tabulação, é expresso em número mais provável (NMP) de *Streptococci* fecais por 100 ml de água.

Estimativa do número mais provável de esporos de *Clostridia* sulfito redutores: após inactivação das formas vegetativas da amostra por aquecimento em banho de água a 80 °C durante 5 minutos, semearam-se 20 ml da amostra em tubo contendo 20 ml do meio de cultura agar SPS (“Sulfit Polimixin Sulfadiazine” - Merck), regenerados por ebulição e arrefecidos a 50 °C. A incubação decorreu à temperatura de 37 °C durante 48 horas após o que foram contadas as colónias negras desenvolvidas na totalidade da coluna de meio de cultura. O resultado foi expresso em número de esporos de *Clostridia* sulfito-redutores em 20 ml de água.

Estimativa do número mais provável de bactérias coliformes: inoculação de diferentes volumes de água a analisar em séries de tubos contendo o meio de cultura “Brilliant Green Bile Lactose Broth” (Merck). No

interior dos referidos tubos foram colocados tubos de Durham em posição invertida. Numa primeira fase, prova presumível, inocularam-se 50 ml da amostra num tubo, 10 ml da amostra em 5 tubos e 1 ml da amostra em outros 5 tubos. A incubação fez-se a 37 °C durante 24 + 24 horas. Consideraram-se positivos os tubos que apresentaram turvação do líquido e gás no tubo de Durham independentemente da quantidade. Estes tubos foram sujeitos a uma prova de confirmação que consistiu na repicagem de 0,1ml para tubo com meio de cultura “Brilliant Green Bile Lactose Broth” a 2% - Merck, de concentração simples e com tubo de Durham em posição invertida no seu interior, que foram a incubar à temperatura de 44,5 °C durante 24 horas. Consideraram-se positivos os tubos que apresentaram formação de gás no tubo de Durham, sendo deste modo confirmada a presença de coliformes fecais. Os resultados foram expressos em número mais provável de bactérias por mililitro.

Estimativa do número mais provável de células viáveis de *Escherichia coli*: a partir dos tubos em que foi detectada a presença de bactérias coliformes, procedeu-se de forma idêntica ao referido para as amostras de alimentos sólidos. Os resultados foram expressos em número mais provável de bactérias por mililitro.

De modo a permitir um tratamento estatístico mais adequado, os resultados das contagens de microrganismos foram transformados em unidades logarítmicas, tendo-se assumido que existiu 1 unidade formadora de colónia (log 0) nas determinações cujos resultados foram inferiores ao limiar de detecção dos métodos utilizados.

Para todos os parâmetros observados realizaram-se análises de variância unifactoriais considerando o factor “fábrica”, com 2 níveis: A e B. Foi utilizado o programa Statistica 5.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condimentos

A análise de variância feita a partir dos resultados das análises físico-químicas realizadas à massa de pimentão recolhida nas duas fábricas em estudo revelou haver diferenças significativas para as variáveis pH ($p < 0,001$) e humidade ($p < 0,05$).

Contudo, as diferenças entre as médias correspondentes às duas fábricas (Quadro 1) para aquelas variáveis (fábrica A: pH=3,85, humidade=68,18%; fábrica B: pH=3,37, humidade=69,49%) na prática acabam por ter um significado relativo.

Quanto à massa de alho, verificaram-se diferenças significativas entre fábricas para as variáveis a_w , humidade e coordenada cromática a^* . Os valores médios obtidos para as variáveis físico-químicas (Quadro 2), especialmente a a_w e a humidade, mostram ser a massa de alho da fábrica B a mais estável.

Castro *et al.* (1998) estudaram a composição química e a cor do alho pelado e salgado numa salmoura com uma concentração de 8% de NaCl (p/v). Uma parte do alho descascado foi submetida a branqueamento e outra não. Todo o alho usado naquele estudo foi fermentado com o auxílio de uma cultura de arranque de *Lactobacillus plantarum*. Após 7 dias de fermentação o valor do

pH foi de 3,77 para o alho submetido a branqueamento e de 5,75 para o produto não sujeito a branqueamento. O teor de sal encontrado, tanto no alho branqueado como no não branqueado, foi de 2,9%. No produto sujeito a branqueamento os parâmetros de cor não variaram de forma significativa com a fermentação, com valores de L^* , a^* e b^* de, respectivamente, 64,2; -3,3 e 13,8; antes da fermentação, e de 66,2; -2,8 e 12,5 após a fermentação. Quanto ao alho não branqueado os autores informam que apresentou uma coloração esverdeada desde o dia seguinte à imersão em salmoura, sem no entanto apresentarem os valores para os parâmetros da medição objectiva da cor. Concluíram os autores ser essencial o recurso ao branqueamento para prevenir a ocorrência de efeitos indesejáveis, como o esverdeamento dos bolbilhos (dentes de alho), por exemplo.

As análises microbiológicas realizadas sobre amostras de massas de pimentão e alho recolhidas nas fábricas em estudo indicam não haver diferenças substanciais entre cada tipo de massa utilizada numa e noutra fábrica (Quadros 3 e 4). No entanto, destacam-se as contagens de leveduras sobre as amostras de massa de pimentão recolhidas na fábrica A (3,06 log ufc/g), que podem estar relacionadas com o processo fermentativo do pimentão. Na fábrica B, todas as amostras apresentaram, para as contagens de leveduras, resultados inferiores ao limiar

QUADRO 1 – Massa de pimentão: médias e desvios padrão para variáveis físico-químicas, considerando 2 fábricas (A e B)

Variáveis	Fábrica A	Fábrica B
pH	3,85 $\pm$ 0,11	3,37 $\pm$ 0,06
a_w	0,768 $\pm$ 0,008	0,767 $\pm$ 0,020
Humidade (%)	68,18 $\pm$ 1,21	69,49 $\pm$ 0,47
Teor de cloretos (% NaCl)	29,11 $\pm$ 0,02	29,09 $\pm$ 0,03
L^*	32,73 $\pm$ 0,63	33,17 $\pm$ 0,78
a^*	29,14 $\pm$ 2,66	30,03 $\pm$ 1,13
b^*	17,72 $\pm$ 1,46	17,74 $\pm$ 0,82

Nota: na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

QUADRO 2 – Massa de alho: médias e desvios padrão para variáveis físico-químicas, considerando 2 fábricas (A e B)

Variáveis	Fábrica A	Fábrica B
pH	5,25 ± 0,22	5,21 ± 0,23
a _w	0,946 a ± 0,025	0,842 b ± 0,012
Humidade (%)	69,28 a ± 6,73	60,30 b ± 0,70
Teor de cloretos (% NaCl)	28,83 ± 0,83	29,09 ± 0,02
L*	53,45 ± 5,06	50,24 ± 4,84
a*	-2,37 a ± 0,88	-1,02 b ± 0,62
b*	14,54 ± 3,14	18,27 ± 3,66

Nota: na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

de detecção dos métodos utilizados. Por outro lado, as contagens de *Lactobacillus* spp. são relativamente baixas naquelas massas, apesar de serem frequentemente associados aos produtos vegetais. As contagens de microrganismos mesófilos totais e de *Micrococcaceae* são muito semelhantes entre si, tanto na massa de pimentão como na de alho, pelo que a maioria da microbiota mesófila será composta por *Micrococccaceae*. Estes resultados são explicados pelo carácter de halotolerância que estes microrganismos têm. Aparecem também em número considerável as contagens de esporos de bactérias aeróbias. Serão microrganismos da família *Bacillaceae*, que natural-

mente existem nos produtos vegetais e que surgirão nestas massas devido à manipulação pouco cuidada tanto do pimentão como do alho. No que respeita aos microrganismos associados ao controlo higio-sanitário, tanto a massa de pimentão como a de alho, em ambas as fábricas, apresentam resultados adequados.

Castro *et al.* (1998) estudaram a fermentação de alho ao longo de 7 dias e registaram as contagens mais elevadas de *Enterobacteriaceae* aos dois dias, com valores a variar entre 1,5 e 2,0 log ufc/g. A partir dos 5 dias de fermentação as contagens deixaram de ser detectadas pelo método utilizado, em parte devido à acção

QUADRO 3 – Massa de pimentão: médias e desvios padrão para resultados de análises microbiológicas, considerando 2 fábricas (A e B)

Variáveis	Fábrica A	Fábrica B
Mesófilos totais (log ufc/g)	4,25 a ± 0,07	4,86 b ± 0,46
Psicrotróficos totais (log ufc/g)	0,33 ± 0,81	0,00 ± 0,00
Bolores (log ufc/g)	0,28 ± 0,69	0,00 ± 0,00
Leveduras (log ufc/g)	3,06 a ± 1,63	0,00 b ± 0,00
<i>Lactobacillus</i> spp. (log ufc/g)	2,86 ± 2,31	1,91 ± 1,73
<i>Micrococcaceae</i> (log ufc/g)	4,11 ± 0,08	4,62 ± 0,66
Esporos de bactérias aeróbias (log nº esporos/g)	3,38 ± 0,45	2,76 ± 1,37
<i>Enterobacteriaceae</i> (log ufc/g)	0,00 ± 0,00	0,25 ± 0,86
<i>Enterococos</i> (log ufc/g)	0,50 ± 0,84	0,16 ± 0,54
Esporos de <i>Clostridia</i> sulfito-redutores [▲]	1,17 ± 0,41	1,00 ± 0,00
Estimativa do nº de células viáveis de bactérias coliformes [▲]	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00
Estimativa do nº de células viáveis de <i>Escherichia coli</i> [▲]	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00

Nota: na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

[▲]Resultados para esporos de *Clostridia* sulfito-redutores, bactérias coliformes e *E. coli*:

Classe 1: < 1 esporo/ bactéria g⁻¹

Classe 2: > 1 e < 10 esporos/ bactérias g⁻¹

QUADRO 4 – Massa de alho: médias e desvios padrão para resultados de análises microbiológicas, considerando 2 fábricas (A e B)

Variáveis	Fábrica A	Fábrica B
Mesófilos totais (log ufc/g)	3,98 a $\pm$ 0,37	3,50 b $\pm$ 0,12
Psicrotróficos totais (log ufc/g)	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
Bolores (log ufc/g)	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
Leveduras (log ufc/g)	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
<i>Lactobacillus</i> spp. (log ufc/g)	1,24 $\pm$ 1,93	0,51 $\pm$ 1,25
<i>Micrococcaceae</i> (log ufc/g)	3,65 $\pm$ 0,19	2,63 $\pm$ 1,32
Esporos de bactérias aeróbias (log n° esporos/g)	3,45 $\pm$ 0,24	3,42 $\pm$ 0,52
<i>Enterobacteriaceae</i> (log ufc/g)	0,80 $\pm$ 1,23	0,92 $\pm$ 1,42
Enterococos (log ufc/g)	0,17 $\pm$ 0,41	0,00 $\pm$ 0,00
Esporos de <i>Clostridia</i> sulfito-redutores [▲]	1,00 $\pm$ 0,00	1,17 $\pm$ 0,41
Estimativa do n° de células viáveis de bactérias coliformes [▲]	1,00 $\pm$ 0,00	1,00 $\pm$ 0,00
Estimativa do n° de células viáveis de <i>Escherichia coli</i> [▲]	1,00 $\pm$ 0,00	1,00 $\pm$ 0,00

Nota: na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes; [▲]Resultados para esporos de *Clostridia* sulfito-redutores, bactérias coliformes e *E. coli*: Classe 1: < 1 esporo/ bactéria g⁻¹; Classe 2: > 1 e < 10 esporos/ bactérias g⁻¹

bactericida do extracto de alho. Por outro lado, Singh *et al.* (2001), usando extracto de alho, comprovaram a acção inibitória sinérgica do alho, juntamente com a nisin, frente a *Listeria monocytogenes*. A actividade antimicrobiana do alho já havia sido demonstrada também por Adetumbi *et al.* (1986), sendo desde há muito atribuída esta actividade à alanina, um sulfonato (Singh *et al.*, 2001).

Banerjee e Sarkar (2003) analisaram amostras de pimento (*Capsicum frutescens*) e de alho (*Allium sativum*), frescos, recolhidas de grossistas de diferentes estados da Índia. Relativamente ao pimento obtiveram contagens de microrganismos mesófilos totais que variaram entre 4,0 e 5,0 log ufc/g e contagens de *Enterobacteriaceae* que variaram entre 1,0 e 2,0 log ufc/g. Para as amostras de alho os resultados obtidos variaram entre 3,0 e 4,0 log ufc/g, para as contagens de microrganismos mesófilos totais, e entre 1,5 e 2,5 log ufc/g, para as contagens de *Enterobacteriaceae*.

Tripas

Em Portugal, existe uma gama de produtos de salsicharia tradicionais em que a utili-

zação de tripa natural está indicada, devendo mesmo ser considerada obrigatória em alguns deles. Referimo-nos principalmente aos produtos de cura mais prolongada, em que a perda lenta de água, devido à barreira que é a tripa natural, constituída pelas camadas muscular e serosa, é fundamental para as características sensoriais dos produtos, especialmente as relacionadas com a sua textura. Contudo, desde há alguns anos assiste-se a uma relativa descaracterização daqueles produtos devido à substituição em grande escala de tripa natural por tripa artificial. Apontam-se como razões principais desta substituição a deficiente produção em quantidade e qualidade da tripa natural, a impossibilidade de a utilizar em máquinas de encher e porcionar automáticas e o seu preço (Fraqueza, 1992).

De acordo com Antoine (1989), o emprego do sal como tratamento de conservação da tripa em teores de 30%, baixa a a_w para valores de 0,78, provocando a inibição do desenvolvimento das bactérias não halófilas. Segundo o mesmo autor, a salga pode dar origem a um efeito selectivo sobre determinados géneros, como *Pseudomonas* e *Staphylococcus*, que encontram condições favoráveis para o seu desenvolvimento na altura da dessalga, quando esta se realiza ao

longo de várias horas e à temperatura ambiente.

No que respeita à tripa estudada neste trabalho (intestino grosso de porco, natural, salgado e com as camadas muscular e serosa), todas as variáveis físico-químicas analisadas, à excepção da humidade e da matéria gorda, apresentaram diferenças significativas entre fábricas. Comparando os valores de a_w , teor de cloretos e humidade registados nas duas fábricas (Quadro 5), verificamos haver condições para uma maior estabilidade microbiológica nas tripas utilizadas na fábrica B. Apesar do tratamento estatístico dos dados mostrar não ter havido diferenças significativas entre fábricas para a matéria gorda, do ponto de vista prático há diferenças importantes entre tripas utilizadas numa e noutra fábrica (fábrica A=31,69%; fábrica B=18,86%). Estas diferenças podem condicionar substancialmente a desidratação dos enchidos e, consequentemente, a evolução do processo de cura. Em nosso entender, do ponto de vista prático o teor de matéria gorda, juntamente com a actividade da água, são as variáveis que mais marcam as diferenças entre as tripas utilizadas nas duas fábricas em estudo.

O pH das tripas usadas na fábrica B (5,93) foi significativamente superior ($p < 0,01$) ao obtido para as tripas utilizadas na fábrica A (5,19). Contudo, a a_w registada para as tripas procedentes da fábrica B (0,745), por si só, confere-lhes estabilidade bacteriológica. No

entanto, ressalva-se que as amostras de tripa correspondem a produto demolido e pronto a utilizar no enchimento das massas de carne e não a produto mantido em conservação para futura utilização. Porém, considerando os resultados obtidos para a tripa demolhada será de supor uma deficiente qualidade das tripas conservadas na fábrica A. Aliás, os resultados das análises microbiológicas feitas às amostras de tripa (Quadro 6) dão suporte a esta suposição.

O teor de cinza total das tripas utilizadas na fábrica B (19,91%) foi significativamente superior ao valor registado para as tripas usadas na fábrica A (6,02%). Uma possível explicação para estes resultados poderá resultar do facto das matérias minerais existentes nas amostras estudadas serem provenientes, principalmente, da salga (Fraqueza, 1992), tendo sido o teor de cloretos significativamente superior nas amostras recolhidas na fábrica B.

As análises microbiológicas feitas às tripas utilizadas em ambas as fábricas mostraram haver diferenças significativas apenas para as contagens de microrganismos psicrótróficos totais e para as de leveduras, com valores mais elevados, para aquelas contagens, nas amostras recolhidas na fábrica A (Quadro 6). De um modo geral, os valores das análises microbiológicas foram mais baixos nas amostras recolhidas na fábrica B, consequência também dos mais baixos valores de a_w e mais elevados valores

QUADRO 5 – Tripa (intestino grosso de porco): médias e desvios padrão para variáveis físico-químicas, considerando 2 fábricas (A e B)

Variáveis	Fábrica A	Fábrica B
pH	5,19 $\pm$ 0,09	5,93 $\pm$ 0,48
a_w	0,939 $\pm$ 0,026	0,745 $\pm$ 0,020
Teor de cloretos (% NaCl)	4,96 $\pm$ 0,87	5,82 $\pm$ 0,002
Humidade (%)	53,35 $\pm$ 10,10	48,92 $\pm$ 8,64
Proteína total (%)	8,45 $\pm$ 1,07	10,43 $\pm$ 0,17
Matéria gorda (%)	31,69 $\pm$ 13,31	18,86 $\pm$ 8,73
Cinza total (%)	6,02 $\pm$ 1,80	19,91 $\pm$ 0,96

Nota: na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes

QUADRO 6 – Tripa (intestino grosso de porco): médias e desvios padrão para resultados de análises microbiológicas, considerando 2 fábricas (A e B)

Variáveis	Fábrica A	Fábrica B
Mesófilos totais (log ufc/g)	5,31 ± 1,16	4,51 ± 0,75
Psicrotróficos totais (log ufc/g)	4,52 a ± 1,41	2,02 b ± 1,69
Bolores (log ufc/g)	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Leveduras (log ufc/g)	5,57 a ± 0,59	1,91 b ± 0,99
<i>Lactobacillus</i> spp. (log ufc/g)	4,84 ± 2,44	3,56 ± 1,85
<i>Micrococcaceae</i> (log ufc/g)	3,92 ± 1,15	3,73 ± 0,50
Esporos de bactérias aeróbias (log n° esporos/g)	2,01 ± 1,46	2,34 ± 0,58
<i>Enterobacteriaceae</i> (log ufc/g)	2,63 ± 2,43	0,33 ± 0,82
Enterococos (log ufc/g)	1,55 ± 1,06	2,04 ± 1,86
Esporos de <i>Clostridia</i> sulfito-redutores [▲]	2,33 ± 1,37	2,67 ± 1,03
Estimativa do n° de células viáveis de bactérias coliformes [▲]	1,33 ± 0,51	1,17 ± 0,40
Estimativa do n° de células viáveis de <i>Escherichia coli</i> [▲]	1,33 ± 0,51	1,00 ± 0,00

Nota: na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes; [▲]Resultados para esporos de *Clostridia* sulfito-redutores, bactérias coliformes e *E. coli*; Classe 1: < 1 esporo/bactéria g⁻¹; Classe 2: > 1 e < 10 esporos/ bactérias g⁻¹; Classe 3: > 10 e < 100 esporos/ bactérias g⁻¹

no teor de cloretos. Todas as tripas analisadas evidenciaram níveis de higiene compatíveis com a sua utilização como invólucro para enchidos.

Trigo e Fraqueza (1998) estudaram a população microbiana de tripas frescas do intestino grosso de porco (cólon) preparadas num matadouro português e obtiveram os seguintes resultados (log ufc/g): 7,54 para microrganismos mesófilos totais; 3,85 para esporos de bactérias aeróbias; 7,45 para *Enterobacteriaceae*; 4,56 para enterococos e 1,74 para esporos de *Clostridia* sulfito-redutores. Na estimativa do número de células viáveis, tanto de bactérias coliformes como de *Escherichia coli*, aquelas autoras encontraram o mesmo valor (7,55) pelo que, naquele caso, a microbiota coliforme era maioritariamente composta por estirpes do género *E. coli*.

Sal

Quanto à avaliação microbiológica feita, nas duas fábricas estudadas, ao sal utilizado na formulação do paio de porco Alentejano, foram encontradas diferenças

significativas entre fábricas para as variáveis microrganismos mesófilos totais, *Micrococcaceae* e esporos de bactérias aeróbicas.

Ribeiro *et al.* (1968), nos seus estudos sobre o sal marinho português, demonstraram que para além duma microbiota banal composta por *Bacillaceae*, *Micrococcaceae*, bolores e *Corynebacteriaceae*, existem bactérias responsáveis pelo aparecimento de pigmentações vermelhas, como *Halobacterium* e *Halococcus*, extremamente prejudiciais do ponto de vista tecnológico para a indústria alimentar, assim como de esporos de *Clostridia* sulfito redutores, que constituem um risco para a saúde pública. Para Ribeiro (1986), o sal higienizado, obtido a partir do sal gema por lavagem com salmoura saturada a uma temperatura próxima de 100 °C, contém muito menos microrganismos que o sal que lhe deu origem sem que, contudo, seja estéril.

O sal utilizado na fábrica B apresentou sempre resultados inferiores aos limiares de detecção dos métodos utilizados (Quadro 7). Por seu lado, na fábrica A foram

QUADRO 7 – Sal: médias e desvios padrão para resultados de análises microbiológicas, considerando 2 fábricas (A e B)

Variáveis	Fábrica A	Fábrica B
Mesófilos totais (log ufc/g)	2,99 a $\pm$ 0,32	0,00 b $\pm$ 0,00
Psicrotróficos totais (log ufc/g)	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
Bolores (log ufc/g)	0,50 $\pm$ 1,22	0,00 $\pm$ 0,00
Leveduras (log ufc/g)	1,12 $\pm$ 1,26	0,00 $\pm$ 0,00
<i>Lactobacillus</i> spp. (log ufc/g)	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
<i>Micrococcaceae</i> (log ufc/g)	3,17 a $\pm$ 0,29	0,00 b $\pm$ 0,00
Esporos de bactérias aeróbias (log n° esporos/g)	2,06 a $\pm$ 0,32	0,00 b $\pm$ 0,00
<i>Enterobacteriaceae</i> (log ufc/g)	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
Enterococos (log ufc/g)	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
Esporos de <i>Clostridia</i> sulfito-redutores [▲]	1,17 $\pm$ 0,41	1,00 $\pm$ 0,00
Estimativa do n° de células viáveis de bactérias coliformes [▲]	1,00 $\pm$ 0,00	1,00 $\pm$ 0,00
Estimativa do n° de células viáveis de <i>Escherichia coli</i> [▲]	1,00 $\pm$ 0,00	1,00 $\pm$ 0,00

Nota: na mesma linha, letras diferentes representam médias significativamente diferentes.

[▲]Resultados para esporos de *Clostridia* sulfito-redutores, bactérias coliformes e *E. coli* :

Classe 1: < 1 esporo/ bactéria g⁻¹; Classe 2: > 1 e < 10 esporos/ bactérias g⁻¹

encontrados valores de microrganismos mesófilos totais de 2,99 log ufc/g, de leveduras de 1,12 log ufc/g, de *Micrococcaceae* de 3,17 log ufc/g e de esporos de bactérias aeróbias de 2,06 log n° esporos/g. Considerando estes valores e que a fábrica A é também produtora de presunto, colocamos a hipótese desta fábrica fazer a reciclagem do sal utilizado na salga do presunto para sua utilização no fabrico de enchidos.

Água

As análises microbiológicas realizadas sobre amostras de água fornecida pelas redes municipais de Barrancos (fábrica A) e Estremoz (fábrica B), utilizada tanto na higiene e sanificação das instalações fabris, alvo de estudo, como na formulação do paio de porco Alentejano, consideraram as contagens de bactérias aeróbias totais (mesófilas e psicrotróficas) e a determinação do número mais provável de *Streptococci* fecais, esporos de *Clostridia* sulfito-redutores e de bactérias coliformes. Em todas as amostras analisadas os resultados

foram inferiores ao limiar de detecção dos métodos utilizados, confirmando a qualidade microbiológica da água daquelas redes municipais

CONCLUSÕES

A água utilizada em ambas as fábricas e procedente da rede pública tem qualidade microbiológica.

As restantes matérias-primas subsidiárias são de melhor qualidade na fábrica B, sobretudo devido aos mais baixos valores de aw, teores de cloretos superiores e mais reduzida carga microbiana. As matérias-primas subsidiárias utilizadas na fábrica A poderão contribuir para uma pior qualidade dos enchidos aí produzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adetumbi, M., Javor, G.T. & Lau, B.H. 1986. *Allium sativum* (garlic) inhibits lipid synthesis in *Candida albicans*. *Ant-*

- timicrob. Agents Chemother*, **30**: 499-501.
- Antoine, L. 1989. *La qualité bactériologique des boyaux de porc salés*. Dissertação para obtenção do grau de Doutor. École National Vétérinaire de Toulouse.
- Artigas, J.M., Gil, J.C. & Felipe, A. 1985. El espacio uniforme de color CIELAB. Utilización. *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.*, **25**(3): 316-320.
- Banerjee, M. & Sarkar, P.K. 2003. Microbiological quality of some retail spices in India. *Food Research International*, **36**(5): 469-474.
- Castro, A., Montañó, A., Sánchez, A.H. & Rejano, L. 1998. Lactic acid fermentation and storage of blanched garlic. *International Journal of Food Microbiology*, **39**: 205-211.
- Farag, R.S., Daw, Z.Y. & Hewedi, F.M., El Baroty, G.S.A. 1989. Antimicrobial activity of some egyptian spice essential oils. *Journal of Food Protection*, **52**: 655-657.
- Fernández, J.M.B. 2000. *Utilización de mohos y Sus Extractos Enzimáticos Intracelulares para Potenciar la Generación de Substancias Aromáticas y Sápidas en Embutidos Curados*. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Universidade Complutense de Madrid.
- Fraqueza, M.J.R. 1992. *Utilização e Valorização das Tripas de Animais de Abate nas Indústrias de Carne Portuguesas*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Técnica de Lisboa.
- García, S.E. & Bejarano, S.M. 2001. Hierbas y especias. In Martín e Macías (eds.) *Enciclopédia de la carne y de los productos cárnicos*, Vol I, p.653-688. Plascencia, Espanha.
- Gerhardt, U. 1975. *Espicias y Condimentos*. Acribia (eds), Zaragoza, Espanha.
- Goutefongea, R. 1991. *Tecnología de la Carne y de los Productos Cárnicos*. In J. P. Girard (eds.), Acribia. Zaragoza, Espanha.
- Hall, R.L. & Merwin, E.J. 1981. The role of flavours. *Food Technology*, **35**(6): 46-52.
- Houtsma, P.C., Kant-Muermans, M.L. , Rombouts, F.M. & Zwietering, M.H. 1996. Model for the combined effects of temperature, pH, and sodium lactate on growth rates of *Listeria innocua* in broth and Bologna-type sausages. *Applied and Environmental Microbiology*, **62**: 1616-1622.
- Lücke, F.K. 1998. Fermented sausages. In B.J.B Wood (eds) *Microbiology of Food Fermentation*, Vol.2, p.441-483. Applied Science Publishers, London.
- Ockerman, H.W. & Hansen, C.L. 1996. *Industrialización de subproductos de origen animal*. Acribia, Zaragoza, Espanha.
- Ribeiro, A.M.R. 1986. Microbiologia dos diferentes produtos alimentares.. In *Microbiologia Aplicada às Indústrias Alimentares*. 2ª Edição, Vol. 38, p.38-67. Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, DTIA, Lisboa.
- Ribeiro, A.M.R., Stocker, M.Z. & Tropa, E., 1968. Flore bactérienne du sel Portugais. Son importance pour l'industrie de conserves alimentaires. *Ann. Inst. Pasteur Lille*, **XIX**: 191-204.
- Rosário, M.C.C.M.C. 1989. *Efeitos de Aditivos Químicos nas Características do Salpicão Tradicional de Vila Real ao Longo do Processo de Cura*. Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Doutor em Ciência Alimentar. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.
- Singh, B., Falahee, M.B. & Adams, M. 2001. Synergistic inhibition of *Listeria*

- monocytogenes* by nisin and garlic extract. *Food Microbiology*, **18**:133-139.
- Trigo, M.J. & Fraqueza, M.J. 1998. Effect of gamma radiation on microbial population of natural casings. *Radiat. Phys. Chem.*, **52(1-6)**: 125-128.
- Zaika, L.L. & Kissinger, J.C. 1981. Inhibitory and stimulatory effects of oregano on *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus cerevisiae*. *Journal of Food Science*, **46**: 1205-1210.

Segurança alimentar em produtos tradicionais

Food safety in traditional products

M. E. Potes¹

RESUMO

Devido à crescente preocupação por parte da sociedade em consumir alimentos que estejam em boas condições e que, pelo menos, não prejudiquem a sua saúde, diversas entidades se têm empenhado em garantir que os alimentos que chegam aos consumidores sejam salubres e inócuos. É este o principal objectivo da Segurança Alimentar, tema analisado no Livro Branco da Segurança dos Alimentos (2000). Este documento propôs a criação, na Europa, da Autoridade Alimentar Europeia e estabeleceu uma metodologia baseada em quatro princípios fundamentais: a caracterização de toda a cadeia alimentar; a rastreabilidade dos alimentos para consumo humano e animal; a responsabilização dos diferentes intervenientes na referida cadeia; e a análise dos riscos. A estes fundamentos acrescentaram-se ainda o princípio da precaução e os sistemas de alerta rápido.

A análise dos riscos, base de toda a política de segurança dos alimentos, é constituída por três componentes interligadas, mas exercidas por entidades diferentes: a avaliação dos riscos, a gestão dos riscos e a comunicação dos riscos. Assim, a Autoridade Alimentar Europeia, designada por European Food Safety Agency (EFSA), é responsável pela avaliação dos riscos e pela

comunicação dos riscos, actividades exercidas sob os requisitos da independência, excelência e transparência. A gestão dos riscos é da responsabilidade da Comissão Europeia, que deve assegurar que a legislação produzida com base nas informações obtidas pela avaliação dos riscos, seja transposta e aplicada correctamente pelos diferentes Estados Membros.

Respeitando os princípios fundamentais enunciados anteriormente foi decidido criar um conjunto coerente e transparente de regras, vulgarmente conhecido por “Pacote Higiene”, que entrou em vigor em 1 de Janeiro de 2006. Esta legislação tem por objectivo condensar, harmonizar e simplificar a aplicação de todos os requisitos de higiene espalhados por um número considerável de instrumentos legislativos e gerir a segurança alimentar. São enunciadas regras de higiene integradas ao longo de toda a cadeia alimentar, tendo em vista assegurar um elevado nível de protecção da saúde pública, reduzir as barreiras comerciais e sujeitar todos os operadores do sector alimentar às mesmas regras. Além disso, são também estabelecidos instrumentos de gestão da segurança alimentar e de possíveis crises alimentares.

Sem comprometer os fundamentos da segurança alimentar mencionados anteriormente, a nova legislação contemplará também os produtos tradicionais, permitindo

¹ Departamento de Sanidade Animal e Vegetal e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, Universidade de Évora. Apartado 94, 7000-504 Évora; e-mail: mep@uevora.pt

alguma flexibilidade na aplicação das referidas regras de higiene. Esta flexibilidade deve ser exercida de forma completamente transparente em consequência da livre circulação dos produtos.

ABSTRACT

There are an increasing concern from society in consuming food products that are in good conditions and, at least, do not damage human health and life. Several entities had been involved in assuring that the foods supplied to the consumers are proper and innocuous. This is the main goal of food safety, a subject analysed in "White Paper for Food Safety" (2000). This document proposed the creation, in Europe, of the European Food Authority and established a methodology based in four main principles: the characterization of the whole food chain; the traceability of foods and feeds; the responsibility of the several operators; and risk analysis. The precautionary principle and the rapid alert system are also important.

Risk analysis, the base of the food safety policies, is composed by three components interconnected but performed by different entities: the risk assessment, the risk management and the risk communication. According this, the European Food Authority, named European Food Safety Agency (EFSA), is responsible by the risk analysis and by the risk communication, tasks developed in conditions of independence, excellency and transparency. The risk management, realized by the European Commission, must guarantee that the several Members States will adopted correctly the legislation produced taking into account the results of risk assessment.

Respecting the main principles formerly mentioned, it was decided to build a coherent

and transparent set of rules, commonly named "Food Hygiene Package", that shall apply after 1st January 2006. The objective of this legislation is to condense, to harmonize and to simplify the application of all hygiene rules, dispersed in a considerable number of legal instruments and to manage the food safety. It is an integrated approach of the hygiene rules applied to the whole food chain, aiming to assure a high level of protection of human life and health, to reduce trade barriers and to submit all food operators to the same rules. They also established some instruments of risk management and of possible food crisis.

Respecting the fundaments of food safety this new legislation will give some attention to the traditional products, allowing some flexibility for the application of the food hygiene rules. This flexibility must be exerted in a complete transparency owing the free trade of the products.

INTRODUÇÃO

A segurança alimentar tem como objectivo proporcionar um elevado nível de protecção da saúde dos consumidores, garantindo que os alimentos postos à sua disposição são salubres e inócuos e, em consequência, permitindo a livre circulação destes produtos entre os diferentes países. A garantia de segurança da cadeia alimentar é um problema que tem vindo a mobilizar inúmeros intervenientes, desde os consumidores até aos produtores, passando por comerciantes, técnicos, políticos, governantes.

De facto, sabemos que as perturbações de saúde com origem no consumo de alimentos e/ou água de bebida atingem números importantes, embora geralmente subestimados. Além de serem perturbações desagradáveis, podem nalguns casos ser fatais. Em 2000, em todo o Mundo, morreram 2,1 milhões de

peessoas por doenças diarreicas com essa origem, sendo as crianças, os jovens, os idosos e os imunocomprometidos, os indivíduos mais afectados. Embora nos países industrializados a prevalência destas doenças seja mais reduzida, a percentagem de pessoas afectadas, por ano, chega a ser de 30% (WHO, 2002a). E estas alterações, as diarreias, não são os únicos efeitos nefastos com origem no consumo de alimentos. Além de se poderem manifestar por outro tipo de doenças como septicémias, hepatites, meningites e conduzir a complicações graves como artrite reactiva, síndrome urémica hemolítica, síndrome Guillain-Barré, cancro e diversas perturbações neurológicas, reprodutivas e imunitárias, são também responsáveis por prejuízos económicos significativos relacionados com as faltas por doença, os tratamentos médicos e as hospitalizações, o desemprego e até litígios entre os diferentes intervenientes, podendo mesmo comprometer o comércio e o turismo de algumas regiões (Codex Alimentarius; Roccour *et al.*, 2003).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2002b), a distribuição mundial e a crescente incidência das alterações de origem alimentar devem-se a vários factores que estão relacionados com

- modificações no estilo de vida dos consumidores, como o hábito crescente do consumo de produtos crus ou insuficientemente cozinhados; a maior utilização de refeições pré-cozinhadas e pronto-a-comer e de espaços de restauração colectiva como restaurantes, cantinas, etc.; a maior facilidade em viajar, contactando com agentes patogénicos não habituais nos locais de origem dos viajantes e possibilitando a disseminação de agentes em regiões onde não existiam; e o desconhecimento crescente sobre a manipulação de alimentos;

- alterações nas práticas de produção e de distribuição de alimentos, como por exemplo, a utilização de substâncias cujos resíduos nos produtos podem comprometer a saúde humana; a acumulação, no meio ambiente, de produtos poluentes utilizados na agricultura; a utilização de dejectos não tratados na irrigação; o afastamento dos locais de produção e de transformação dos de consumo, em consequência da urbanização, havendo, portanto, necessidade de transportar, preparar e acumular grandes quantidades de alimentos, nem sempre nas condições mais adequadas; o aumento do comércio internacional de alimentos; e o aumento do número de locais de processamento e distribuição de alimentos (“catering”, restaurantes, bares, cafés);
- as respostas adaptativas dos microrganismos aos factores ambientais dos alimentos, como por exemplo, alterações na capacidade de sobrevivência em ambientes adversos e o desenvolvimento de resistências a substâncias antimicrobianas;
- a maior facilidade de diagnóstico e de notificação das doenças com origem alimentar, em consequência da evolução tecnológica;
- a menor resistência às infecções por parte dos consumidores devido ao aumento das populações de idosos e de indivíduos imunocomprometidos (doentes crónicos, transplantados, imunodeficientes, sub-nutridos).

A SEGURANÇA ALIMENTAR NA EUROPA

Na Europa, a segurança alimentar foi analisada no Livro Branco sobre a Segurança dos Alimentos (2000) transposto para o

Reg. (CE) nº 178/2002, que propôs a criação de uma Autoridade Europeia de Segurança Alimentar, a European Food Safety Agency (EFSA), responsável pela elaboração de pareceres científicos no âmbito da segurança alimentar, e que estabeleceu a metodologia de uma política integrada de Segurança Alimentar.

Assim, a segurança alimentar abrange toda a cadeia alimentar, desde a produção de alimentos para animais até ao consumidor final (“do campo à mesa”), impõe a rastreabilidade dos alimentos para consumo humano e animal, permitindo seguir os produtos ao longo de todo o processo, responsabiliza todos os intervenientes da referida cadeia e baseia-se numa metodologia conhecida por Análise dos Riscos.

Dispõe, ainda, de dois importantes instrumentos: o princípio da precaução, apenas utilizado em circunstâncias específicas, e o sistema de alerta rápido responsável pela difusão de informação sobre riscos de origem alimentar que podem ameaçar os consumidores e sobre as medidas destinadas a minimizar ou mesmo eliminar esse risco.

A caracterização de toda a cadeia alimentar permite obter informações sobre a forma como as matérias-primas são obtidas, manipuladas e transformadas e como os produtos são distribuídos. Inicia-se na produção de alimentos para animais, envolvendo agricultores e produtores de matérias-primas, uma vez que nesta fase podem surgir algumas ameaças à saúde do consumidor, em consequência da presença de resíduos de pesticidas, de fertilizantes ou de drogas de uso veterinário, que ultrapassem os níveis de segurança nos alimentos, e de agentes patogénicos e/ou das suas toxinas. A saúde e bem-estar dos animais constitui um factor decisivo na obtenção de alimentos seguros, sendo consideradas importantes, a preservação da saúde animal e a prevenção das doenças transmissíveis. Os processos de transforma-

ção devem ser bem conhecidos de forma a se saber de que modo os alimentos foram manipulados, quais os aditivos alimentares utilizados e em que condições devem ser conservados e consumidos. A distribuição é responsável por garantir, que o produto que abandona os locais de transformação em boas condições, chega ao local de venda também em bom estado. As condições de armazenamento, transporte e distribuição de alimentos requerem cuidados especiais em relação à higiene, controlo de temperaturas, controlo de pragas e desinfecções de modo a não comprometer a segurança do alimento.

O respeito pelos Guias de Boas Práticas, como os Códigos de Boas Práticas Agrícolas, de Boas Práticas de Fabrico, de Higiene Alimentar etc., contribui para a redução de possíveis perigos que podem comprometer a segurança dos produtos alimentares. Estes códigos, adaptados às actividades que lhes estão relacionadas, estipulam uma série de regras desde a produção de alimentos para animais até ao consumo dos produtos de origem animal, passando pela transformação das matérias-primas e pela preparação de alimentos seguros. Incluem critérios microbiológicos para controlo dos produtos, medidas para o controlo de doenças e de higiene dos operadores da cadeia alimentar, das instalações e dos equipamentos que contactam com os alimentos, bem como formação e treino dos profissionais.

A rastreabilidade dos produtos é a capacidade de “seguir o rasto de um alimento, para animais ou humanos, qualquer animal produtor de alimentos ou substância destinada a constituir alimento ou que se espera que venha a ser incorporada no alimento ao longo de todas as etapas de produção, processamento e distribuição” (nº15, artº3, cap.I do Reg. (CE) nº 178/2002). Atesta a origem dos produtos comercializados, identifica as matérias-primas e qualquer ingrediente utilizado no seu fabrico e também todos os

processos seguidos na cadeia alimentar com todos eles. A rastreabilidade não melhora a qualidade dos produtos, mas facilita a informação, permite estabelecer a transparência necessária à realização de medidas de controlo eficientes, detectar falhas e proceder à sua correcção bem como retirar da cadeia, rapidamente, os produtos avariados.

Estes procedimentos são também um valioso auxiliar para o cumprimento do objectivo seguinte que visa a responsabilização de todos os operadores. Todos os intervenientes são responsáveis pela segurança alimentar e, por isso, todos e cada um devem investir na melhoria dos seus procedimentos.

Os produtores de alimentos para animais, os agricultores e criadores de animais, os transformadores de alimentos para consumo humano são responsáveis, em matéria de segurança alimentar, por produzir bens alimentares seguros para o consumo, por fornecer informações claras e fáceis sobre os seus produtos através da rotulagem conveniente, por acondicionar devidamente os alimentos, permitindo protegê-los de contaminações durante a preparação, armazenamento e manuseamento, contribuindo para que seja mantida a confiança no comércio dos alimentos.

As autoridades dos diferentes países controlam e garantem a observância desta responsabilidade através da vigilância e controlo, estabelecendo medidas que tenham em consideração a vulnerabilidade das populações e/ou de diferentes grupos da população, mantendo a confiança no comércio interno e promovendo programas de educação sanitária que transmitam conhecimentos de higiene dos alimentos desde a sua produção até ao consumo.

Na Europa, a Comissão Europeia avalia a capacidade das diferentes autoridades nacionais gerirem o sistema de controlo e vigilância.

Finalmente, os consumidores são responsáveis pelo armazenamento, manipulação e preparação adequadas dos alimentos que vão consumir.

A Análise dos Riscos é um instrumento de trabalho na Segurança Alimentar que permite a tomada de decisões de regulação com base em dados científicos. Inclui três componentes: a avaliação do risco, a gestão do risco e a comunicação do risco.

1 - A Avaliação do Risco consiste na avaliação científica da probabilidade de ocorrência e da gravidade de efeitos conhecidos ou potencialmente adversos na saúde, resultantes da exposição a um perigo de natureza alimentar (Ross & McMeekin, 2002). É um processo científico que permite obter e analisar os dados relativos aos perigos bem como as consequências da sua acção na saúde da população, considerando a natureza dos alimentos e os comportamentos alimentares. Informa sobre a extensão do risco atribuído ao perigo.

Esta recolha de informação é feita por redes de controlo e vigilância da saúde pública e da sanidade animal, pelos sistemas de informação do sector agrícola, pelos sistemas de alerta rápido e por programas de Investigação e Desenvolvimento.

Desenvolve-se em quatro etapas, que são: a Identificação do perigo, ou seja, o conhecimento de um efeito negativo ou potencial para a saúde humana associado a um agente particular de natureza biológica, química ou física presente no alimento ou o próprio alimento que pode ter efeito adverso para a saúde; a Caracterização do perigo avalia de forma qualitativa e quantitativa o efeito adverso à saúde, causado pelo agente, quando presente no alimento. Caracterizar o perigo é conhecer a sua origem, ecologia, morbidade e mortalidade, os seus factores de virulência, estimar a relação dose/resposta e a dose máxima tolerada e prever a sua evolução ao longo de toda a cadeia alimentar; a

Avaliação da exposição consiste no desenvolvimento de modelos de análise de probabilidades com base na susceptibilidade dos diferentes grupos de risco, considerando as vias de contaminação, a natureza e quantidade de alimento ingerido, o padrão alimentar, partindo de dados epidemiológicos de casos de doença ou de surtos; finalmente a Caracterização do risco baseia-se em modelos matemáticos de cálculo de probabilidades, simulando as diversas condições possíveis, para estimar qualitativa e quantitativamente a probabilidade de ocorrência e a severidade de efeitos adversos à saúde, integrando os três componentes anteriores.

2 - A Gestão do Risco é um processo de selecção e implementação de medidas que visam controlar os riscos, assegurando a protecção dos consumidores e facilitando o comércio internacional. Fundamenta-se nos pareceres científicos emitidos a partir da Avaliação do Risco, mas também tem em consideração aspectos de natureza económica, política e social.

Compreende também quatro sub-componentes: a Detecção do risco identifica o problema, estabelece o perfil de risco, classifica o perigo para efeitos de prioridades de avaliação e gestão e estabelece a política de avaliação de risco; a Avaliação das opções da “gestão de risco” identifica as opções disponíveis, selecciona as opções preferidas tendo em conta um padrão de segurança aceitável e determina a opção final (FAO, 1997); a Implementação das decisões de gestão aplica no terreno os procedimentos e as técnicas de controlo activo ao longo da cadeia alimentar com o objectivo de neutralizar os perigos que podem atingir os alimentos através de mecanismos de Inspecção Sanitária, Fiscalização e Controlo da Qualidade, repressão de fraudes anti-económicas, Códigos de Boas Práticas, sistemas de auto-controlo; a Monitorização e revisão avalia a eficácia das medidas

tomadas, faz a revisão da gestão e da avaliação de risco, se necessário.

3 - A Comunicação do Risco envolve a troca de informações interactiva sobre o risco e os factores relacionados com o risco, entre avaliadores do risco, gestores do risco, operadores da cadeia alimentar e consumidores. Deve privilegiar a informação de modo a minimizar receios infundados em matéria de segurança alimentar, através de explicações fáceis, compreensíveis e abrangentes em questões de saúde. Deve também contribuir para criar e manter um clima de confiança entre todos os intervenientes, baseado na garantia da segurança dos produtos alimentares.

O princípio da precaução é uma medida preventiva aplicada quando surgem dúvidas referentes à inocuidade dos alimentos. Quando houver a “possibilidade de existência de efeitos prejudiciais para a vida ou para a saúde dos consumidores, acompanhada por dúvidas e incertezas científicas sobre essa possibilidade, podem ser accionadas diversas medidas provisórias de gestão dos riscos ou de outro tipo, de modo a assegurar a protecção dos consumidores” (artº7, sec.1, cap.II do Reg. (CE) nº178/2002). Estas medidas deverão ser proporcionadas ao risco avaliado e apenas devem impor as restrições necessárias para que seja garantido o principal objectivo da segurança alimentar: alcançar um elevado nível de protecção da saúde dos consumidores de alimentos. As medidas accionadas serão re-examinadas ao fim de um prazo variável, dependendo do tipo de risco, do tipo de informação entretanto obtida, do grau de incerteza científica prevalente, etc.

Os sistemas de alerta rápido constituem-se, na Europa, numa rede de informação que envolve Estados Membros, a Comissão Europeia e a Autoridade Alimentar Europeia. Quando “há informação sobre a existência de qualquer risco, directo ou indirecto, para

a saúde pública relacionado com os alimentos, deve notificar-se a Comissão, que transmitirá a informação aos Estados Membros, através do sistema de alerta rápido” e, eventualmente, complementar a informação distribuída com mais informação científica ou técnica sobre o assunto (artº50, sec.1 cap.IV do Reg. (CE) nº 178/2002). Esta rede é também utilizada para informar os Estados Membros sobre a restrição, a retirada ou a manutenção sob condições no mercado de produtos alimentares.

OS NOVOS REGULAMENTOS COMUNITÁRIOS E OS PRODUTOS TRADICIONAIS

Respeitando os princípios fundamentais enunciados anteriormente e de acordo com o preconizado no Livro Branco sobre a Segurança dos Alimentos, foi decidido estabelecer um conjunto coerente e transparente de regras a aplicar desde a produção primária, passando pela saúde e bem-estar dos animais e higiene dos alimentos bem como pelos controlos oficiais a que estão sujeitos, que entrou em vigor a 1 de Janeiro de 2006. O conjunto legislativo resultante, vulgarmente designado por “Pacote Higiene”, é constituído pelos Reg. (CE) nºs 852/2004, 853/2004 e 854/2004 e pelas Directivas 2002/99/CE e 2004/41/CE. Este conjunto legislativo visa condensar, harmonizar e simplificar a aplicação de todos os requisitos de higiene espalhados por um número considerável de instrumentos legislativos. São enunciadas regras de higiene integradas ao longo de toda a cadeia alimentar tendo em vista assegurar um elevado nível de protecção da saúde pública, reduzir as barreiras comerciais e sujeitar todos os operadores do sector alimentar às mesmas regras. Além disso, são também criados instrumentos de

gestão da segurança alimentar e de possíveis crises alimentares.

Assim, o Reg. (CE) nº 852/2004, vulgarmente designado por H1, refere-se às regras aplicáveis a todos os alimentos, desde a produção até ao ponto de venda do consumidor, atribuindo a principal responsabilidade em segurança alimentar aos produtores de alimentos. No Reg. (CE) nº 853/2004 (H2) estão mencionadas as regras de higiene específicas para os alimentos de origem animal, adicionalmente às regras mencionadas em H1. O Reg. (CE) nº 854/2004 (H3) enuncia, detalhadamente, as regras a seguir nos controlos oficiais dos produtos de origem animal. A Directiva 2002/99/CE apresenta as regras de polícia sanitária aplicáveis à produção, transformação, distribuição e introdução de produtos de origem animal destinados ao consumo humano. Finalmente, a Directiva 2004/41/CE revoga e corrige algumas directivas que vigoram até à entrada em vigor dos referidos Regulamentos.

Os produtos tradicionais constituem um património cultural das regiões onde são produzidos. Representam um acréscimo de rendimento para as populações que os fabricam e também podem constituir um polo de atracção dos seus apreciadores para as regiões da sua origem. São, geralmente, obtidos de forma empírica, não se conhecendo completamente os mecanismos físicos, químicos, bioquímicos e microbiológicos que estão envolvidos na sua produção. Frequentemente, demonstram uma grande variabilidade, principalmente se produzidos de modo artesanal.

Por outro lado, a metodologia e as condições de fabrico dos produtos tradicionais nem sempre obedecem às estritas normas de higiene dos alimentos estipuladas nos regulamentos referidos. Contudo, são determinantes para a obtenção das características que os tornam únicos e genuínos. É, pois, necessário demonstrar que são produtos que

não ameaçam a saúde dos seus apreciadores.

Com o objectivo de respeitar a diversidade e assegurar a qualidade dos produtos alimentares característicos de cada região, a legislação que entrará em vigor, assegura alguma flexibilidade, “permitindo o uso continuado de métodos tradicionais em qualquer fase da produção, processamento, distribuição de alimentos e nos requisitos estruturais dos estabelecimentos onde são fabricados” (art.10, cap.IV do Reg. (CE) nº 853/2004).

Contudo, esta flexibilidade não pode defraudar os principais objectivos enunciados no “Pacote Higiene” que são assegurar um elevado nível de protecção da saúde do consumidor e garantir a livre circulação dos produtos alimentares. Por isso, os diferentes Estados Membros devem adoptar medidas nacionais, adaptando os requisitos mencionados nos referidos Regulamentos, sendo para tal necessário descrever os que consideram que devem ser adaptados, bem como a natureza e razões da adaptação pretendida, e descrever os alimentos e os estabelecimentos envolvidos, fornecendo uma análise de riscos e as medidas a tomar, de modo a que não sejam postos em causa os objectivos do Regulamento.

Para permitir a aplicação destas regras adoptaram-se medidas de implementação e transitórias e foram concedidas derrogações na aplicação destes regulamentos em relação aos alimentos tradicionais. Entendendo-se que a análise de riscos pode constituir um encargo desnecessário e desproporcionado para os Estados Membros, é necessário que estes notifiquem a Comissão Europeia relativamente aos produtos e estabelecimentos em causa e sobre os requisitos que pretendem adaptar.

Para o sucesso dos produtos tradicionais tem que ser demonstrado que os métodos utilizados no seu fabrico, as instalações,

equipamentos e utensílios utilizados, apesar do não cumprimento estrito das regras preconizadas no “Pacote Higiene”, são produtos seguros.

Têm sido feitos diversos trabalhos, por equipas de investigação inseridas em vários Institutos, Centros e Laboratórios de Investigação e também por equipas do Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), no âmbito do estudo de produtos tradicionais. Os trabalhos destas equipas, obtendo e disponibilizando informação científica neste domínio, podem constituir um importante contributo para todos os interessados na produção de alimentos com características tradicionais.

Torna-se necessário comprovar a necessidade de adaptação de algumas normas de higiene, de modo a que não seja alterado o carácter genuíno do produto. Mas, é imprescindível garantir que os produtos obtidos, além de manterem as suas características originais, são alimentos seguros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Codex Alimentarius. Consultado em Janeiro de 2005 em <http://www.codexalimentarius.net>
- Directive 2002/99/EC of 16 December 2002 laying down the animal health rules governing the production, processing, distribution and introduction of products of animal origin for human consumption.
- Directive 2004/41/EC repealing certain Directives concerning food hygiene and health conditions for the production and placing on the market of certain products of animal origin intended for human consumption and amending Council Directive 89/662/EEC and 92/118/EEC and Council Decision 95/408/EC.

- FAO. 1997. *Risk Management and Food Safety*. Report on a Joint FAO/WHO Consultation. FAO Food Nutrition Paper Number 65. Food and Agriculture Organization of the United Nations in collaboration with World Health Organization. pp 32
- Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council laying down the general principles and the requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety.
- Regulation (EC) No 852/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the hygiene of foodstuffs.
- Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin.
- Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human consumption
- Regulation (EC) No 882/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on official controls performed to ensure the verification of compliance with feed and food law, animal health and animal welfare rules.
- Rocourt, J., Moy, G., Vierk, K. & Schlundt, J. 2003. *The Present State of Food Borne Disease in OECD Countries*. Food Safety Department. World Health Organization.
- Ross, T. & McMeekin, T. 2002. Risk assessment and pathogen management. In C. W. Blackburn & P. J. McClure (eds) *Foodborne Pathogens. Hazards, Risk analysis and Control*. pp. 97-126. CRC Press.
- WHO. 2002a. Food safety and foodborne illness. Fact Sheet n° 237. Consultado em Junho de 2004 em <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fcs237/>
- WHO. 2002b. Foodborne diseases, emerging. Fact Sheet n° 124. Consultado em Dezembro de 2005 em <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fcs124/>

Actividade antimicrobiana do óleo essencial do *Foeniculum vulgare* Miller

Antimicrobial activity of *Foeniculum vulgare* Miller essential oil

M. T. Tinoco¹, M. R. Martins¹ & J. Cruz-Morais¹

RESUMO

O *Foeniculum vulgare* Mill. subsp. *vulgare* é uma planta espontânea da região mediterrânea, pertencente à família Apiaceae. O seu óleo essencial, principalmente o dos frutos secos, é amplamente utilizado nas indústrias alimentar, farmacêutica, cosmética e perfumaria.

Neste trabalho, pretendeu-se avaliar a actividade antimicrobiana do óleo essencial dos frutos verdes e das folhas da variedade de funcho doce colhido no Alentejo, na região de Évora, e relacionar essa actividade com a respectiva composição química.

A extracção dos óleos essenciais foi efectuada por hidrodestilação e a sua análise foi feita por GC-FID e GC-MS. No óleo das folhas foram identificados como componentes maioritários os fenilpropanóides anetol, fenchona e estragol e o monoterpene α -felandreno, enquanto que o óleo dos frutos apresentou como constituintes predominantes anetol e fenchona.

A actividade antimicrobiana dos óleos foi avaliada face às estirpes *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Saccharomyces* spp., *Fusarium oxysporum* e *Penicillium* spp.. Os óleos essenciais apresentaram

actividade antimicrobiana contra *S. aureus*, *Saccharomyces* spp. e *Fusarium oxysporum*.

ABSTRACT

Foeniculum vulgare Mill. ssp. *vulgare* is a spontaneous plant of Mediterranean region that belongs to the Apiaceae family. Its essential oil is used as additives in food, pharmaceutical, cosmetic and perfume industries mainly that one obtained from dried seeds.

The main goal of this work were to evaluate the antimicrobial activity of essential oils obtained from fresh leaves and unripe seeds of sweet fennel, collected in Évora-Alentejo, in face of their chemical composition.

The extraction of the essentials oils was made by hydrodistillation. Chemical analyses were carried out by GC-FID and GC-MS. Phenylpropanoides anethole, fenchone, estragole and the monoterpene α -phellandrene were the most abundant compounds of leaves essential oil. Seeds essential oil showed as main components anethole and fenchone.

¹ Departamento de Química e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora; Apartado 94, 7002-554 Évora; e-mail: mft@evora.pt

Antimicrobial activities were tested against the strains *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Saccharomyces* spp., *Fusarium oxysporum* and *Penicillium* sp..

Seed and leaves essential oils showed antimicrobial activity against *S. aureus*, *Saccharomyces* spp. and *Fusarium oxysporum*.

INTRODUÇÃO

O *Foeniculum vulgare* Miller ssp. *vulgare* var *dulce* (Miller) Thellung, denominado vulgarmente por funcho doce ou erva doce, pertence à família das Apiáceas (Farmacopeia Portuguesa VII, 2002). Distingue-se do funcho amargo pelo sabor doce e anisado das folhas e frutos e pela coloração verde claro ou castanho amarelado dos frutos. É uma planta espontânea da região mediterrânea, Norte de África e Oeste da Ásia. A sua utilização remonta aos tempos da antiga Grécia e Roma, não só pelas propriedades terapêuticas que lhe são atribuídas como também pelas suas propriedades aromáticas (Font-Quer, 1993). Na indústria alimentar é utilizada toda a planta. No entanto, actualmente, o produto com maior utilização é o óleo essencial do fruto seco, o qual tem uma vasta aplicação nas indústrias farmacêutica, cosmética e de perfumaria.

Segundo a Farmacopeia Portuguesa VII (2002), o funcho doce (planta seca) deve apresentar um teor mínimo de 20mL/Kg de óleo essencial e deve conter, no mínimo, 80% de anetol, para ser utilizado como fármaco. Entre as principais propriedades farmacêuticas atribuídas ao óleo do fruto do funcho doce destacam-se a acção carminativa e eupéptica, nas cólicas abdominais, expectorante e anti-espasmódica, na bronquite e asma, e ainda a acção anti-inflamatória, diurética e anti-séptica (Bilia

et al., 2002; Proença-da-Cunha *et al.*, 2003). Os frutos são, ainda, usados na medicina tradicional no tratamento da dismenorreia, possivelmente devido às propriedades anti-espasmódicas do seu óleo essencial (Ostad *et al.*, 2001).

Existem poucas referências na literatura relativamente ao óleo essencial extraído das folhas e dos frutos verdes (Roque & Proença-da-Cunha, 1989; Ruberto *et al.*, 2000), pelo que o presente estudo foi conduzido de modo a determinar a composição química dos óleos da planta verde por GC/FID e GC/MS e avaliar as respectivas actividades antimicrobianas.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

As folhas e frutos da planta em estudo foram colhidos em Março de 2004, na Herdade da Mitra, Évora. Previamente à extracção do óleo essencial, o material vegetal foi mantido ao abrigo da luz, em ambiente seco e arejado, durante 3 dias.

Isolamento do óleo essencial

Após a fragmentação das folhas e frutos, os respectivos óleos essenciais foram extraídos por hidrodestilação num aparelho tipo Clevenger, durante 2 horas, de acordo com a Farmacopeia Portuguesa (2002). Os óleos essenciais obtidos foram conservados a 4 °C até análise cromatográfica.

Cromatografia gasosa

Os óleos essenciais foram analisados por GC/FID num cromatógrafo Hewlett Packard 5890, series II, equipado com uma coluna polar SupelcowaxTM10 (30 m x 0,25 mm di., 0,25 mm espessura de filme).

Programa de temperatura do forno: 70 °C (3 min), 70-220 °C (3 °C/min), 220 °C (10 min); temperatura do injector e do detector: 250 °C; gás de arraste: Hélio 0,6 mL/min. Razão de split: 1:50. A quantificação dos componentes foi determinada pelo método de normalização interna com base na área dos picos sem correcção de factor de resposta. As análises por GC/MS foram efectuadas num cromatógrafo TermoFinnigan, com injector automático, modelo AI 3000, utilizando-se parâmetros do GC idênticos aos acima referidos e, ainda, como temperatura da interface: 250 °C; temperatura da fonte do MS: 230 °C; detector tipo quadrupolo; energia de ionização: 70 eV.

As análises de cada uma das amostras dos óleos, óleo essencial das folhas e óleo essencial dos frutos, foram efectuadas em triplicado.

A identificação dos componentes foi feita por comparação dos índices de retenção, calculados em relação a uma série de *n*-alcanos de C₈-C₂₂, e dos respectivos espectros de massa com espectros obtidos com compostos de referência ou publicados na literatura (Adams, 1995).

Actividade antimicrobiana

A actividade antimicrobiana dos óleos foi determinada pelo método de difusão em meio sólido. A actividade antibacteriana foi estudada para os óleos das folhas e frutos face às estirpes de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Nos estudos de actividade antifúngica utilizaram-se duas estirpes de leveduras *Saccharomyces* spp., *S. cerevisiae* var. *cerevisae* e *S. cerevisiae* var. *chevalieri* e duas estirpes de fungos filamentosos: *Fusarium oxysporum* e *Penicillium* sp..

As culturas microbianas foram mantidas a 4 °C em rampas de crescimento contendo NA (Nutriente Agar - Merck), YEP (Yeast

Extract Peptone Agar - Sigma) e PDA (Potato Dextrose Agar - Merck), respectivamente, para bactérias, leveduras e fungos filamentosos.

Os estudos de actividade antimicrobiana foram efectuados em placas de Petri contendo meio de gelose-sangue (BioMérieux) para as estirpes bacterianas, YEP para as leveduras e PDA para os fungos filamentosos. Prepararam-se inóculos de cada um dos microrganismos em solução de NaCl 0,9% (p/p) de modo a obter suspensões com turbidez correspondente a 0,5 na escala de McFarland para as bactérias e leveduras e suspensões contendo 10⁶ ufc.mL⁻¹ para os fungos filamentosos (NCCLS, 1997, NCCLS, 1998; Duru *et al.*, 2004). Cada uma das placas foi inoculada à superfície, por espalhamento, com 200 µL da suspensão do microrganismo correspondente e conservada a 4 °C durante 1h. Posteriormente, foram aplicados sobre os meios, discos de papel de filtro estéreis com 6mm de diâmetro que foram impregnados com 5 µL de cada um dos óleos essenciais. As placas foram incubadas a 37 °C/24h, para cultura das bactérias, a 28 °C/24h, para cultura das leveduras e a 28 °C durante 4 dias para cultura dos fungos filamentosos. Os ensaios de actividade antimicrobiana foram efectuados em triplicado. Como controlos específicos foram usados discos impregnados, respectivamente, com gentamicina (10 µg) e cefalotina (30 µg), para as estirpes de *S. aureus* e *E. coli* e nistatina (200 U), para as estirpes fúngicas (Karaman *et al.*, 2001).

Os resultados da actividade antibacteriana foram submetidos à análise pelo Teste *t* de Student para comparação entre os óleos testados e os controlos. Valores com *P* < 0,05 foram considerados significativos. A análise estatística foi efectuada por SPSS 13.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os óleos essenciais obtidos apresentaram cor levemente amarelada e odor característico, sendo o rendimento da extração de 3,4% (v/p), para o óleo do fruto, e de 0,9% (v/p), para o óleo da folha.

A composição percentual dos óleos está indicada no Quadro 1. Ambos os óleos apresentaram como componentes maioritários o anetol (folha 47,8% e fruto 60,7%), a fenchona (folha 12,6% e fruto 22,8%) e o estragol (folha 10,0% e fruto 3,5%) (Figura 1). O óleo da folha apresentou ainda uma quantidade apreciável de α -felandreno (9,4%) ao contrário do óleo do fruto no qual este composto foi minoritário (1,0%), assim como o mirceno (1,1%) e o α -pineno (0,9%). Como componentes minoritários do óleo da folha, encontraram-se o sabinenol (2,2%), o 1,8-cineol (1,6%), o β -pineno (1,3%) e o mirceno (1,2%).

QUADRO 1 – Composição química dos óleos essenciais do *Foeniculum vulgare* Mill.

Componentes (% área)	Folha	Fruto verde
α -Pineno	0,7 $\pm$ 0,0	0,9 $\pm$ 0,1
β -Pineno	1,3 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,0
Sabineno	2,2 $\pm$ 0,1	0,2 $\pm$ 0,0
Mirceno	1,2 $\pm$ 0,0	1,1 $\pm$ 0,2
α -Felandreno	9,4 $\pm$ 0,2	1,0 $\pm$ 0,1
Limoneno	5,2 $\pm$ 0,2	5,9 $\pm$ 0,2
1,8-Cineol	1,6 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1
γ -Terpineno	1,0 $\pm$ 0,0	0,6 $\pm$ 0,1
Fenchona	12,6 $\pm$ 0,3	22,8 $\pm$ 0,4
Estragol	10,0 $\pm$ 0,2	3,5 $\pm$ 0,1
Anetol	47,8 $\pm$ 0,3	60,7 $\pm$ 0,3

Nota: Os valores representam a média de 3 replicados $\pm$ desvio padrão para cada um dos óleos.

O polimorfismo químico do funcho está relacionado com a grande variabilidade da composição química do seu óleo essencial, sendo a relação entre a quantidade de estragol e anetol utilizada por alguns autores como critério na classificação da planta.

Face aos resultados que obtivemos e tendo em conta Muckensturm *et al.* (1997), poder-se-á concluir que a planta em estudo pertence à subsp. *vulgare* var *dulce*.

Os óleos essenciais encontram-se frequentemente referidos na literatura como sendo produtos com actividade antimicrobiana, actividade esta também referida para alguns dos tipos de compostos que os constituem, nomeadamente os fenilpropanóides, grupo onde se inclui, entre outros, o anetol (Pauli, 2001).

Dado que a literatura refere poucos estudos sobre a actividade antibacteriana e antifúngica do óleo essencial do funcho obtido da planta verde (Ruberto *et al.*, 2000; Tinoco *et al.*, 2005) e como os óleos estudados neste trabalho apresentaram elevado teor de anetol (fruto 60,7% e folha 47,8%), procedeu-se ao estudo do efeito destes óleos sobre o desenvolvimento de estirpes bacterianas *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, de leveduras *Saccharomyces* spp. e de fungos filamentosos *Fusarium oxysporum* e *Penicillium* sp..

Os resultados da actividade antibacteriana estão representados no Quadro 2. Estes resultados mostram que o óleo essencial da folha apresentou actividade antibacteriana da mesma ordem de grandeza que o antibiótico controlo gentamicina, para *S. aureus* e actividade antibacteriana inferior à cefalotina no estudo efectuado com *E. coli*. O óleo do fruto apresentou um halo de inibição superior ao observado com a gentamicina face a *S. aureus* ($P < 0,05$) e inferior ao obtido com a cefalotina para *E. coli* ($P < 0,05$). Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos num estudo efectuado por Ruberto *et al.* (2000), no qual também foi observada actividade do óleo do funcho comum face às estirpes de *S. aureus* e de *E. coli*.

A actividade antifúngica manifestada pelos óleos do funcho foi semelhante à do

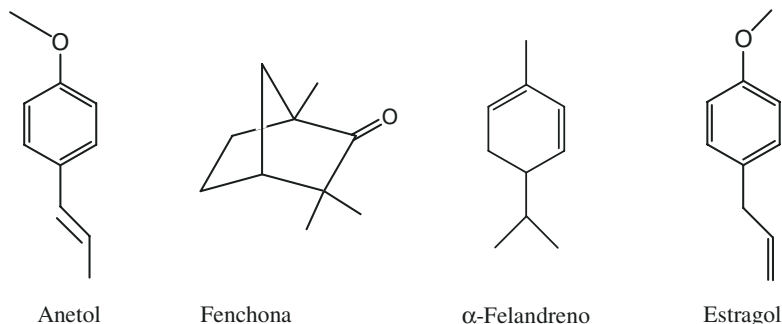


Figura 1 – Estrutura química dos principais componentes dos óleos essenciais do *Foeniculum vulgare*

QUADRO 2 - Actividade antimicrobiana dos óleos essenciais da folha e fruto verde do *Foeniculum vulgare* Mill

Microrganismos	S. aureus		E. coli	
	Diâmetro da zona de inibição em mm (24h)			
Óleo folha	8,1 ± 0,3	ns	7,7 ± 0,2	*
Óleo fruto	9,2 ± 0,2	*	8,0 ± 0,1	*
Anetol	9,0 ± 0,3	*	nd	*
Estragol	8,7 ± 0,2	*	9,1 ± 0,1	*
Fenchona	7,1 ± 0,1	*	nd	*
Cefalotina	---	----	12,1 ± 0,2	
Gentamicina	7,9 ± 0,1		---	----

nd – não detectado; --- – não testado; ns – não significativo; * $P < 0,05$

controlo nistatina, provocando inibição total das estirpes *Saccharomyces* spp.. Face a *Fusarium oxysporum* observaram-se halos de inibição de $7,0 \pm 0,2$ mm, tanto para os óleos como para a nistatina. Para *Penicillium* sp., os óleos em estudo produziram halos de inibição de $9,0 \pm 0,1$ mm, os quais foram manifestamente inferiores aos que se obtiveram com a nistatina usada como controlo ($20,9 \pm 0,8$ mm).

No Quadro 2, podemos também observar os resultados obtidos com os componentes maioritários puros dos óleos estudados: estragol, anetol e fenchona. O estragol e o anetol apresentaram actividade antibacteriana frente a *S. aureus* da mesma ordem de grandeza que a obtida com o óleo do fruto e superior à do controlo gentamicina ($P < 0,05$). No entanto,

face à estirpe de *E. coli*., nem o anetol, nem a fenchona apresentaram actividade detectável, enquanto que o estragol produziu um halo de inibição superior ao observado com os óleos, mas inferior ao do controlo cefalotina ($P < 0,05$).

CONCLUSÕES

Face aos resultados apresentados neste trabalho, poder-se-á concluir que os óleos essenciais da folha e do fruto verde de funcho doce possuem actividade contra *S. aureus* e *Saccharomyces* spp.. No óleo do fruto, essa actividade foi superior à manifestada pela gentamicina ($P < 0,05$) e idêntica à actividade observada com a nistatina, antimicrobianos típicos usados neste

trabalho como controlos positivos. As actividades observadas foram semelhantes às manifestadas pelos componentes maioritários anetol, estragol, quando usados individualmente frente a *S. aureus* e *Saccharomyces* spp.. Além disso, os óleos evidenciaram actividade semelhante à produzida pela nistatina face a *Fusarium oxysporum* e actividade inferior à dos controlos cefalotina e nistatina frente às estirpes de *E. coli* e *Penicillium* sp.. Apesar de na literatura se encontrarem estudos que indicam que alguns compostos puros isolados de óleos voláteis, incluindo o anetol, apresentam actividade antimicrobiana (Curtis *et al.*, 1996; De *et al.*, 2002), apenas o estragol apresentou actividade antimicrobiana evidente em todos os ensaios em que os óleos foram activos, pelo que muito provavelmente, entre os componentes maioritários do óleo essencial será o estragol aquele que dará um maior contributo para a actividade do óleo essencial do *Foeniculum vulgare*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao:

- Doutor Pablo Pereira do LMI-INETI pela colaboração prestada na identificação dos fungos filamentosos.

- ICAM (Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas) e CEEM (Centro de Estudos de Ecossistemas Mediterrânicos) ambos da Universidade de Évora pela utilização de equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams R. P. 1995. *Identification of essential oil components by gas-chromatography-mass spectroscopy*.

Allured Publishing Corporation, Illinois, USA.

Bilia, A. R., Flamini, G., Taglioli, V., Morrelli, I. & Vincieri, F. F. 2002. GC-MS analysis of essential oil of some commercial Fennel teas. *Food Chemistry*, **76**: 307-310.

Curtis, O. F., Shetty, K., Cassagnol, G., & Peleg, M. 1996. Comparison of synthetic and lethal effects of synthetic versions of plant metabolites (anethole, eugenol, carvacrol, thymol) on food spoilage yeast (*Debaromyces haneneni*). *Food Biotechnology*, **10**: 55-73.

De, M., De, A. K., Sen, P., & Banerjee, A. B. 2002. Antimicrobial properties of star anise (*Illicium verum* Hook f). *Phytotherapy Research*, **16**: 94-95.

Duru, M.E., Öztürk, M., Ugur, A. & Özgür, C. 2004. The constituents of essential oil and in vitro antimicrobial activity of *Micromeria cilicica* from Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*, **94**: 43-48.

Farmacopeia Portuguesa VII. 2002. Vol. 2, pp 175-176. Infarmed, Lisboa.

Font-Quer, P. 1993. *Plantas Medicinales, El Dioscórides Renovado*, Tomo II, pp. 498-500. Editorial Labor S.A., Barcelona.

Karaman, S., Digrak, M., Ravid, U. & Ilcim, A. 2001. Antibacterial and antifungal activity of the essential oils of *Thymus revolutus* Celak from Turkey. *Journal of Ethnopharmacology*, **76**: 183-186.

Muckensturm, B., Foechterlen, D., Reduron, J. P., Danton, P. & Hildenbrand, M. 1997. Phytochemical and Chemotaxonomic Studies of *Foeniculum vulgare*. *Biochemical Systematics and Ecology*, **25**: 353-358.

NCCLS 1997. Reference method for broth dilution antifungal susceptibility

- testing of yeasts. Approved standard M27-A. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, Pa.
- NCCLS 1998. Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing of conidium-forming filamentous fungi. Proposed standard M38-P. Wayne, Pa: National Committee for Clinical Laboratory Standards; 1998.
- Ostad, S. N., Soodi, M., Shariffzadeh, M., Khorshidi, N. & Marzban, H. 2201. The effect of fennel essential oil on uterine contraction as a model for dysmenorrhea, pharmacology and toxicology study. *Journal of Ethnopharmacology*, **76**: 299-304.
- Pauli, A. 2001. Antimicrobial properties of essential constituents. *International Journal of Aromatherapy*, **11**: 126-133.
- Proença-da-Cunha, A. Silva, A. P. & Roque, O. R. 2003. *Plantas e Produtos Vegetais em Fitoterapia*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Roque, O.R. & Proença-da-Cunha, A. 1989. Composição do óleo essencial de *Foeniculum vulgare* Miller, espontâneo do Algarve. *Bol. Fac. Farm. Coimbra*, **13**: 45-52.
- Ruberto, G., Baratta, M. T., Deans, S.G. & Dorman, H. J. D. 2000. Antioxidant and antimicrobial activity of *Foeniculum vulgare* and *Crithmum maritimum* essential oils. *Planta Medica*, **66**: 687-693.
- Tinoco, M. T., Martins, M. R. & Cruz-Morais, J. 2005. Actividade antimicrobiana do óleo essencial do *Foeniculum vulgare* Miller. *Livro de Resumos - Jornadas ICAM*, Évora, Portugal, p.143.

Comportamento celular e resposta antioxidante diferenciados de *Saccharomyces cerevisiae* e de *Saccharomyces chevalieri* ao metavanadato de amónio

Different cellular behaviour and antioxidant response of *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces chevalieri* growing in presence of ammonium metavanadate

R. Ferreira¹, I. Alves-Pereira^{1,2}, S. Magriço², C. Ferraz-Franco²

RESUMO

A fermentação do vinho é um processo microbiológico complexo que requiere a presença de leveduras adaptadas a condições de stresse. No ambiente celular de organismos aeróbios ocorrem naturalmente espécies reactivas de oxigénio (ROS) como subprodutos da respiração mitocondrial. A elevada reactividade destas espécies químicas pode gerar danos moleculares que, em alguns casos, levam à morte celular. Em condições fisiológicas normais ou como resposta ao stresse oxidativo, a célula pode desencadear respostas adaptativas que envolvem mecanismos antioxidantes como os enzimas glutathione redutase (GR; EC 1.6.4.2) e catalases T (CAT T; EC 1.11.1.6) e A (CAT A; EC 1.11.1.6).

O vanádio, um metal pesado presente em alguns fitofármacos, pode também comportar-se como um gerador de ROS, alterando o estado redox intracelular e exercendo efeitos nocivos em leveduras expostas a quantidade excessiva deste elemento. O principal objectivo deste trabalho foi

comparar o efeito do metavanadato de amónio (NH_4VO_3), um sal pentavalente de vanádio, na viabilidade celular e nas actividades enzimáticas GR, CAT T e CAT A das leveduras vínicas *Saccharomyces cerevisiae* UE-ME3 e *Saccharomyces chevalieri* UE-ME1.

Os resultados obtidos mostram que *S. chevalieri* UE-ME1 revelou menor tolerância ao NH_4VO_3 do que *S. cerevisiae* UE-ME3, uma vez que culturas de *S. chevalieri* não sobreviveram para valores de concentração do sal de vanádio superiores a 7,5 mM enquanto que células de *S. cerevisiae* mantiveram-se viáveis em presença de metavanadato de amónio 75 mM. As actividades enzimáticas estudadas apresentaram em *S. chevalieri* valores muito inferiores aos que foram determinados em *S. cerevisiae* embora em ambas as espécies de levedura o NH_4VO_3 pareça comportar-se como um indutor de stresse oxidativo ao provocar um decréscimo significativo da actividade GR ($P < 0,01$) e um aumento significativo da actividade CAT A ($P < 0,01$). Observou-se, ainda, nas duas espécies de

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora; e-mail: raf@uevora.pt; ² Departamento de Química, Universidade de Évora,

levedura, um aumento da actividade enzimática CAT T, tida como resposta adaptativa protectora ao stresse oxidativo. O comportamento diferenciado de adaptação à presença de metavanadato de amónio pelas duas espécies de *Saccharomyces* pode ser parcialmente justificado pela presença de sistemas antioxidantes mais eficientes em *S. cerevisiae* UE-ME3.

ABSTRACT

The fermentation of wine is a complex microbiological process which requires yeast adaptation to stress conditions. In the cellular environment of aerobic organisms naturally reactive oxygen species (ROS) occurs as by-products of mitochondrial respiration. The higher reactivity of these chemical species could cause molecular damages that in several cases induce cellular death. In common physiological conditions or as response to oxidative stress, the cell can generate adapted responses which involve antioxidants mechanisms as glutathione reductase (GR; EC 1.6.4.2) and catalase T (CAT T; EC 1.11.1.6) and A (CAT A; EC 1.11.1.6) enzymes.

Vanadium, a heavy metal present in several pesticides could generate ROS changing the intracellular redox state and cause deleterious effects in yeasts exposed to higher levels of this element. The main objective of this work was to compare the effects of ammonium metavanadate (NH_4VO_3), a pentavalent salt of vanadium on cellular viability and GR, CAT T and CAT A activities of wine yeast *Saccharomyces cerevisiae* UE-ME3 and *Saccharomyces chevalieri* UE-ME1.

The results obtained show that *S. chevalieri* UE-ME1 has lower tolerance to NH_4VO_3 than *S. cerevisiae* UE-ME3, since *S. chevalieri* cultures do not survive to con-

centration values of ammonium metavanadate higher than 7,5 mM, whereas *S. cerevisiae* cells are still viable in the presence of 75 mM. *S. chevalieri* has an enzymatic activity lower than *S. cerevisiae*, although for both yeast species NH_4VO_3 could behave as oxidative stress inductor, causing a significant decrease of GR activity ($P < 0,01$) and a significant increase of CAT A activity ($P < 0,01$). The results show also an increase of CAT T activity in both yeast species, which can be interpreted as a protective response to oxidative stress. Differences on response to ammonium metavanadate by both species of *Saccharomyces* could be partially justified by more efficient antioxidant systems in *S. cerevisiae* UE-ME3.

INTRODUÇÃO

As leveduras têm sido utilizadas pelo homem no fabrico de variados produtos alimentares, como o vinho, a cerveja, o pão e os iogurtes, devido à sua particular capacidade para a fermentação de glúcidos (Frazier, 1972). O primeiro registo que referencia a sua utilização no fabrico de alimentos data de 6000 A.C., onde é descrito o procedimento para o fabrico de cerveja na antiga Babilónia (Barnett, 1998).

Apesar de as leveduras serem indispensáveis na indústria alimentar, a sua importância actual expande-se para além dessas aplicações. As leveduras, organismos eucariotas muito simples, podem também ser utilizados como modelos celulares no estudo de diversas funções da célula, como por exemplo, vias metabólicas e seus aspectos reguladores ao nível da expressão genética ou após a tradução (Lima & Mota, 2003; Grant, 2001; Costa & Moradas-Ferreira, 2001; Cooper, 2000 e Buschini *et al.*, 2003).

As semelhanças funcionais e estruturais entre as células de levedura e de mamífe-

ros, aliadas à facilidade de manipulação genética destes microrganismos, tem levado a que as leveduras sejam amplamente utilizadas como modelos celulares em estudos toxicológicos, no estabelecimento de diagnósticos de toxicidade de variados produtos de natureza antropogénica, como os fitofármacos, os resíduos da indústria química ou compostos de origem natural (Lima & Mota, 2003).

Entre as diversas espécies de levedura utilizadas na produção do vinho, inicialmente isoladas a partir de processos naturais e espontâneos de fermentação, elegemos para este estudo *Saccharomyces chevalieri* UE-ME1, totalmente adaptada ao ambiente enológico da fase inicial do processo fermentativo (Rossignol *et al.*, 2003, Bataillon *et al.*, 1996) e *Saccharomyces cerevisiae* UE-ME3 com propriedades fisiológicas específicas e únicas que lhe facilitam a sobrevivência em ambientes extremos onde ocorrem níveis elevados de glúcidos (140-160 g/L), teor alcoólico elevado (superior a 15% (v/v)), pH ácido (3,0-3,5) e baixo teor em azoto, lípidos e vitaminas, condições estas observadas nos mostos (Carrasco *et al.*, 2001; Bauer *et al.*, 2000). Contudo, as características moleculares responsáveis pela resposta fisiológica diferenciada destas duas espécies de levedura e que lhes permite manter a fermentação contínua do mosto das uvas até ao produto final vínico, não estão totalmente esclarecidas.

Em qualquer organismo aeróbio eucariota, as espécies reactivas de oxigénio (ROS) ocorrem naturalmente no ambiente celular como subprodutos da respiração mitocondrial (Carmel-Harel *et al.*, 2001 e Grant *et al.*, 1997). Devido à elevada reactividade que estas espécies químicas exibem podem provocar elevados danos celulares como a oxidação de proteínas, a inactivação enzimática, a peroxidação lipídica e mutações

ao nível do DNA que, em situações extremas, podem levar à morte celular (Grant, 2001; Costa & Moradas-Ferreira, 2001; Cabisco *et al.*, 2000 e Jamieson, 1998). Em condições fisiológicas normais, a célula consegue evitar os danos provocados pelas ROS recorrendo à acção de vários sistemas e mecanismos de defesa antioxidantes como os enzimas GR, CAT T e CAT A (Jamieson, 1998; Davidson *et al.*, 1996; Lapinskas *et al.*, 1993). No entanto, esse tipo de resposta, característico de cada espécie, pode ser perturbado quando as células são expostas a condições de stresse como a presença de metais pesados, agentes antioxidantes e xenobióticos. A imposição deste tipo de condições extremas leva à produção excessiva de ROS que, ao serem detectadas pela célula, induzem respostas descritas na literatura como repostas secundárias ao stresse oxidativo, e que em muitos casos permitem a sobrevivência da população (Franca *et al.*, 2005; Lushchak & Gospodaryov, 2005; Scandalios, 2005; Dumond *et al.*, 2000; Costa e Moradas-Ferreira, 2001; Lee *et al.*, 1999).

O vanádio, um metal pesado com distribuição ubíqua na natureza, ocorre naturalmente em quantidades traço na crosta terrestre. No entanto, a sua concentração ambiental tem vindo a aumentar devido à sua utilização em fitofármacos e na indústria do aço. Alguns autores admitem que o vanádio, em particular no estado pentavalente como aquele que ocorre no metavanadato de amónio, pode comportar-se como gerador de ROS com alteração do estado redox intracelular (Barceloux, 1999; Huang *et al.*, 2000).

Neste trabalho houve a preocupação de comparar a resposta de duas espécies de *Saccharomyces* que participam em estágios diferentes da vinificação ao vanádio. Deste modo pretendemos avaliar a capacidade adaptativa de cada uma das espécies ao

stresse oxidativo induzido por um metal pesado, em termos de sobrevivência da população e das actividades enzimáticas anti-oxidantes GR (EC 1.6.4.2), CAT T (EC 1.11.1.6) e CAT A (EC 1.11.1.6).

MATERIAL E MÉTODOS

Microrganismos e meios de cultura

O trabalho aqui descrito utilizou como modelos celulares as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* UE-ME3 e *Saccharomyces chevalieri* UE-ME1, estirpes vinícolas da colecção de leveduras do Laboratório de Enologia da Universidade de Évora. Estas foram mantidas em meio YEPD sólido (glucose 2% (p/v); extracto de levedura 1% (p/v); peptona 2% (p/v); agar 2% (p/v)) à temperatura de 4 °C. Nos ensaios realizados as células de levedura cresceram em meio mineral líquido (solução base; solução de vitaminas 0,05% (v/v); solução A de oligoelementos 0,05% (v/v); solução B de oligoelementos 0,05% (v/v); solução de glucose 2% (v/v)) ou sólido com a adição de agar 2% (p/v), tal como descrito previamente (van Uden, 1967).

Tratamento com metavanadato de amónio

Células de levedura na fase exponencial de crescimento ($ABS_{640}=0,7$) foram recolhidas e colocadas a crescer em meio mineral líquido (van Uden, 1967) contendo 0; 0,25; 0,75; 2,5; 7,5; 15; 25; 75; 150 ou 200 mM de metavanadato de amónio, à temperatura controlada de 28 °C durante 200 min. Na determinação da viabilidade celular foram recolhidas amostras no tempo 0, 10, 20, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 e ao final de 200 min de crescimento em presença de metavanadato de amónio. A viabilidade celular foi determinada pela

contagem de unidades formadoras de colónias (ufc) após inoculação e crescimento durante 48 horas a 28 °C em placas de meio YEPD sólido. As curvas dose resposta foram construídas pela representação da % de ufc em meio YEPD sólido, correspondendo 100% ao número de ufc presentes no tempo zero. Células de levedura de *Saccharomyces cerevisiae* UE-ME3 e de *Saccharomyces chevalieri* UE-ME1 na fase exponencial de crescimento foram recolhidas e colocadas a crescer em meio mineral sólido (van Uden, 1967) contendo 0; 25; 75 mM e 0; 0,25; 0,75; 2,5; 7,5 mM de metavanadato de amónio, respectivamente, à temperatura controlada de 28 °C durante 72 h e posteriormente utilizadas na determinação das actividades enzimáticas.

Ensaio enzimáticos

Após o tratamento com metavanadato de amónio, as células de levedura foram recolhidas e lavadas três vezes com água ultrapura e por centrifugação a 800 g, durante 10 min. A lise celular foi realizada através de agitação vigorosa com esferas de vidro. Os homogeneizados celulares foram posteriormente submetidos a centrifugação diferencial a 3000 e a 12000 g. Tanto o sobrenadante como o sedimento dos 12000 g foram utilizados como fracções celulares. No sedimento determinou-se a actividade CAT A ou peroxissomal, enquanto que no sobrenadante foram determinadas as actividades CAT T ou pós-peroxissomal e GR. A concentração de proteína foi determinada de acordo com Lowry (1951) utilizando a albumina de soro bovino (BSA) como padrão na construção da curva de calibração. Todas as actividades enzimáticas foram determinadas em 1 mL de mistura reacção, por espectrometria de absorção molecular com temperatura controlada a 25 °C por banho com circulação de água. A

actividade GR foi determinada de acordo com o método de Golberg & Spooner (1987) numa mistura contendo tampão fosfato 0,12 M, pH 7,2; EDTA 15 mM; dissulfureto de glutationo 63,5 mM e extracto celular em quantidade adequada, por forma a assegurar a linearidade da reacção durante 10 min. A reacção foi iniciada com NADPH 9.6 mM cuja oxidação foi registada a 340 nm durante 120 s. As actividades CAT foram determinadas de acordo com Tran *et al.*, (1995) numa mistura contendo tampão fosfato 100 mM, pH 7.0 e H_2O_2 220 mM cuja decomposição foi registada a 240 nm durante 120 s após a reacção iniciada com as fracções celulares na diluição adequada.

Análise estatística dos resultados

Os resultados obtidos com as culturas de levedura foram submetidos à análise de variância simples (ANOVA I) e ao teste de

significância de Duncan (Sokal & Rohlf, 1997), recorrendo ao programa SPSS 13.1 licenciado para a Universidade de Évora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram que após 200 min de crescimento em presença de metavanadato de amónio na concentrações de 25 mM e de 75 mM do sal a cultura de *S. cerevisiae* UE-ME3 apresentava 19% e 12% de células vivas respectivamente, enquanto que para uma concentração de NH_4VO_3 10 vezes inferior, 7,5 mM, a cultura de *S. chevalieri* UE-ME1 apresentava apenas 5% de células vivas, não sendo detectadas células viáveis para valores de concentração superior (Figura 1).

Os estudos enzimáticos realizados permitiram detectar em *S. cerevisiae* UE-ME3 crescidas na ausência de metavanadato de amónio as actividades CAT A da fracção

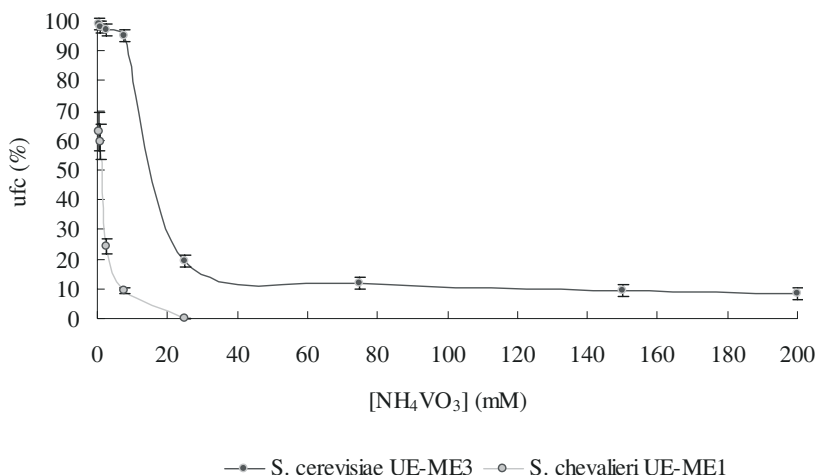


Figura 1 - Avaliação da resposta ao NH_4VO_3 pelas leveduras vínicas *Saccharomyces cerevisiae* UE-ME3 e *Saccharomyces chevalieri* UE-ME1 crescidas durante 200 min em meio líquido mineral enriquecido contendo NH_4VO_3 num intervalo de 0 a 200 mM. Cada ponto representa a média de três réplicas $\pm$ desvio-padrão

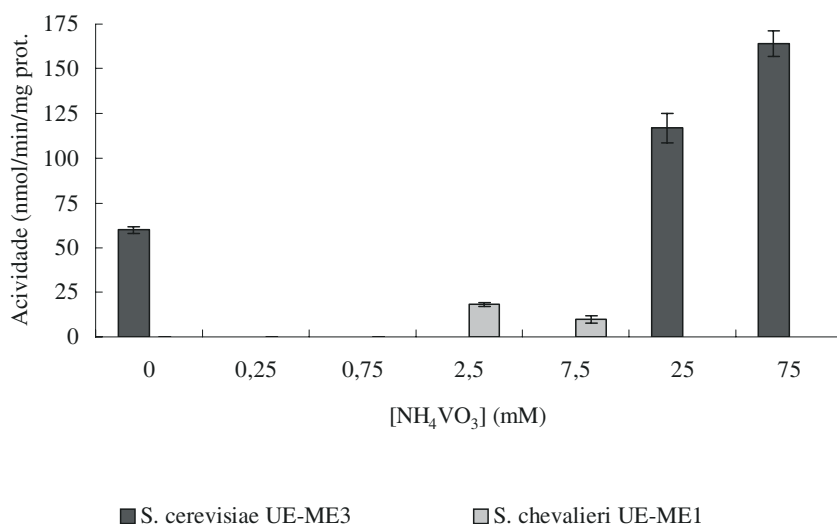


Figura 2 - Influência do NH_4VO_3 sobre a actividade CAT A (A) das fracções celulares de leveduras vínicas. Cada ponto representa a média aritmética $\pm$ desvio-padrão de 5 réplicas (letras diferentes indicam que os resultados são significativamente diferentes para $P < 0,01$)

peroxissomal (59,98 nmol/min/mg proteína) (Figura 2), CAT T da fracção pós-peroxissomal (109,98 nmol/min/mg proteína) (Figura 3) e GR da fracção pós-peroxissomal (114,84 nmol/min/mg proteína) (Figura 4). No entanto, em *S. chevalieri* UE-ME1, apenas a actividade GR (1,48 nmol/min/mg proteína) foi detectada na ausência de NH_4VO_3 e numa quantidade 100 vezes inferior à detectada para *S. cerevisiae* (Figuras 2, 3 e 4).

A partir da Figura 2 podemos observar um aumento significativo ($P < 0,01$) da actividade CAT A de *S. cerevisiae* UE-ME3 crescidas em meios de cultura com concentração elevada de metavanadato de amónio, nomeadamente 25 e 75 mM. Contudo não conseguimos detectar a referida actividade enzimática em células da levedura *S. chevalieri* UE-ME1 crescidas em meio mineral sólido quando o sal de vanádio estava presente na concentração de 0,25 e 0,75 mM, sendo no entanto detectada a indução desta

actividade nas fracções peroxissomais de células de levedura crescidas na presença de 2,5 e 7,5 mM de metavanadato de amónio, onde o valor significativamente mais elevado ($P < 0,01$), 17,9 nmol/min/mg proteína, foi determinado para a concentração de 2,5 mM.

A Figura 3 mostra-nos que em *S. cerevisiae* UE-ME3 o metavanadato de amónio apenas provocou um aumento significativo ($P < 0,01$) da actividade enzimática CAT T em células crescidas em presença de 25 mM desse sal. Em *S. chevalieri* UE-ME1 não foi possível detectar esta actividade catalítica na fracção pós-peroxissomal obtida a partir de células da levedura crescidas na presença de 0,25 mM de metavanadato de amónio, observando-se, no entanto, uma indução da actividade CAT T quando a concentração de NH_4VO_3 no meio de cultura era superior a 0,75 mM, apresentando um máximo de 21,2 nmol/min/mg proteína para a concentração de 2,5 mM.

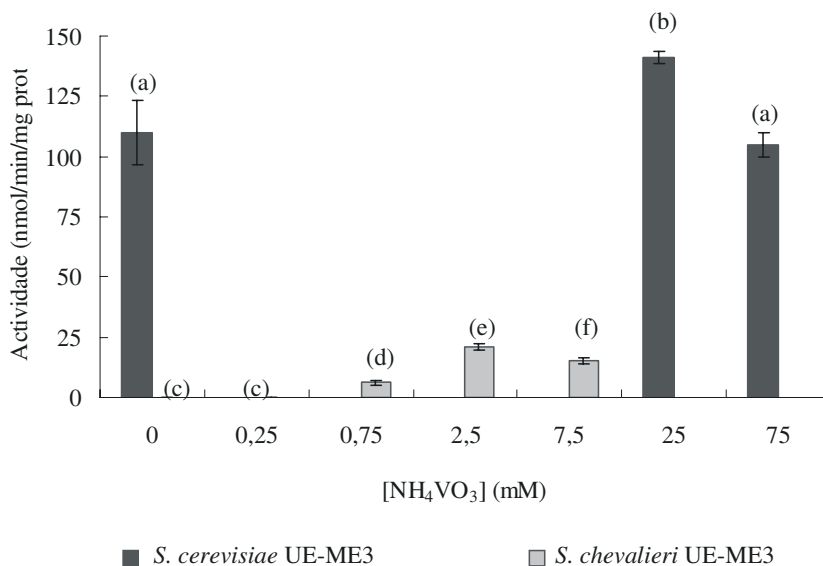


Figura 3 - Influência do NH_4VO_3 sobre a actividade CAT T (B) das fracções celulares de leveduras vínicas. Cada ponto representa a média aritmética $\pm$ desvio-padrão de 5 réplicas (letras diferentes indicam que os resultados são significativamente diferentes para $P < 0,01$)

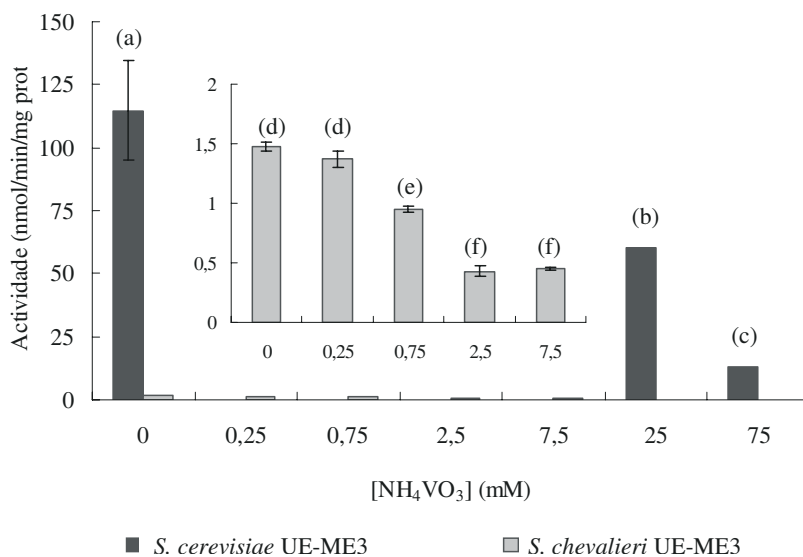


Figura 4 - Influência do NH_4VO_3 sobre a actividade GR das fracções celulares de leveduras vínicas. Cada ponto representa a média aritmética $\pm$ desvio-padrão de 5 réplicas (letras diferentes indicam que os resultados são significativamente diferentes para $P < 0,01$)

A Figura 4 mostra-nos um decréscimo significativo da actividade glutatión redutase da fracção pós-peroxissomal ($P<0,01$) em ambas as espécies de levedura para a concentração no meio de cultura igual ou superior a 25 mM em *S. cerevisiae* UE-ME3 e superior a 0,25 mM em *S. chevalieri* UE-ME1.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que a tolerância ao metavanadato de amónio no meio de cultura pelas espécies vnicas de levedura *S. cerevisiae* UE-ME3 e *S. chevalieri* UE-ME1 é distinto e dependente da concentração do sal de vanádio no meio de crescimento. Enquanto que *S. cerevisiae* UE-ME3 após 200 min de crescimento em presença do metavanadato de amónio, na concentração de 25 mM e 75 mM, apresentava 19% e 12% de células vivas, respectivamente, a levedura *S. chevalieri* UE-ME1 apresentava apenas 5% de células vivas para uma concentração de NH_4VO_3 10 vezes inferior, 7,5 mM, não sobrevivendo para valores de concentração superior. Este tipo de resposta levou-nos a seleccionar para os ensaios enzimáticos os valores de concentração de metavanadato de amónio mais elevados e entre eles os que apresentavam maior percentagem de sobrevivência, nomeadamente, 25 e 75 mM para *S. cerevisiae* UE-ME3 e 0,25; 0,75; 2,5 e 7,5 mM para *S. chevalieri* UE-ME1. Considerando que o vanádio numa concentração intracelular da ordem de grandeza acima do micromolar torna-se tóxico para a maior parte dos organismos (Grant, 2001; Costa & Moradas Ferreira, 2001; Cabiscol *et al.*, 2000), admitimos que a espécie *S. cerevisiae* UE-ME3 poderá ser um importante modelo biológico que contribua para a compreensão adequada dos efeitos tóxicos

do vanádio nos organismos vivos. Por outro lado a baixa tolerância ao vanádio pela espécie *S. chevalieri* UE-ME1 assume elevada importância como termo de comparação com *S. cerevisiae* UE-ME3 na resposta ao stresse induzido por metais pesados.

O decréscimo significativo da actividade GR ($P<0,01$) em ambas as espécies de levedura, o aumento significativo da actividade CAT A ($P<0,01$) em *S. cerevisiae* UE-ME3, assim como a indução desta actividade em *S. chevalieri* UE-ME1 pode ser enquadrada num perfil característico de indução de stresse oxidativo (Cabiscol *et al.*, 2000 e Jamieson, 1998). No que diz respeito à actividade CAT T, o perfil de resposta idêntico nas duas espécies de levedura com máximo para a concentração de vanádio de 25 mM em *S. cerevisiae* UE-ME3 e 2,5mM em *S. chevalieri* UE-ME1, pode ser considerado uma resposta adaptativa protectora ao stresse oxidativo (Franca *et al.*, 2005; Lushchak & Gospodaryov, 2005 e Scandalios, 2005).

A tolerância diferencial ao metavanadato amónio observada nas duas espécies de *Saccharomyces* poderá ser parcialmente justificada pela presença de sistemas antioxidantes mais eficientes em *S. cerevisiae* UE-ME3. Este facto parece ser ainda evidenciado pelos baixos valores de actividade glutatión redutase detectados na fracção pós-peroxissomal de *S. chevalieri* UE-ME1, assim como pela não detecção de CAT A e CAT T na ausência de metavanadato de amónio ou quando este está presente em baixa concentração.

O efeito diferencial que o metavanadato de amónio exerce na sobrevivência de espécies de *Saccharomyces* envolvidas na vinificação pode alterar drasticamente a população de leveduras, quer do ponto de vista quantitativo quer qualitativo, desse processo fermentativo, quando o vanádio se encontra presente nos mostos na ordem

dos mM devido a contaminação por fitofármacos ou pelo ambiente da adega.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Eng^o Paulo Laureano do Laboratório de Enologia da Universidade de Évora pela cedência das estirpes de levedura.

O autor S. Magriço agradece ao programa INTERREG III A SP4.E44 pela bolsa que financiou o seu trabalho no laboratório LABTRANS na Universidade de Évora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barceloux, D. G. 1999. Vanadium, *J. Toxicol. Clin. Toxicol.*, **37**:265-278.
- Barnett, J. A. 1998. A history of research on yeast 1: Work by Chemists and Biologists. *Yeast*, **14**: 1439-1451.
- Bataillon, M., Rico, A., Sablayrolles J.-M., Salmon J.-M. & Barre, P. 1996. Early thiamin assimilation by yeasts under enological conditions: Impact on alcoholic fermentation kinetics. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, **82**: 145-150.
- Bauer, F.F. & Pretorius, J. S. 2000. Yeast stress response and fermentation efficiency: how to survive the making of wine – a review. *J. Afr. J. Enol.*, **21**: 27-51.
- Buschini, A., Poli, P. & Rossi, C. 2003. *Saccharomyces cerevisiae* as an eukaryotic cell model to assess cytotoxicity and genotoxicity of three anticancer anthraquinones. *Mutagenesis*, **18**: 25-36.
- Cabiscol, E., Piulats, E., Echave P., Herrero E. & Ros J. 2000. Oxidative Stress Promotes Specific Protein Damage in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Biological Chemistry*, **275**: 27393-27398.
- Carmel-Harel O., Stearman R., Gasch A. P., Botstein D., Brown P. O. & Storz G. 2001. Role of thioredoxin reductase in the Yap1p-dependent response to oxidative stress in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mol Microbiol*, **39**: 595-605.
- Carrasco, P., Querol A. & del Olmo M. 2001. Analysis of the stress resistance of commercial wine yeast strains. *Arch Microbiol*. **175**: 450-457.
- Cooper, J. M. 2000. *The cell: A molecular approach*. Sunderland, London, GB.
- Costa, V. & Moradas-Ferreira, P. 2001. Oxidative stress and signal transduction in *Saccharomyces cerevisiae*: insights into ageing, apoptosis and diseases. *Molecular Aspects of Medicine*, **22**: 217-246.
- Davidson, J. F., Whyt, B., Bissinger, P. H. & Schiestl, R. H. 1996. Oxidative stress is involved in heat-induced cell death in *Saccharomyces cerevisiae*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA Microbiology*, **93**: 5116-5121.
- Dumond, H., Danielou N., Pinto M. & Bolotin-Fukuhara M. 2000. A large-scale study of Yap1p-dependent genes in normal aerobic and H₂O₂-stress conditions: the role of Yap1p in cell proliferation control in yeast. *Mol. Microbiol*, **36**: 830-845.
- Franca, M. B., Panek, A. D. & Eleutherio, E. C. 2005. The role of cytoplasmic catalase in dehydration tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*. *Cell Stress Chaperones*, **10**: 167-70.
- Frazier, W. C. 1972. *Microbiologia de los alimentos*. W. C. Brown Publishers, London.
- Golberg, D. M. & Spooner, R. J. 1987. Glutathione reductase. In Bergmeyer (eds) *Methods of Enzymatic Analyses*, pp.259-271. VCH, New York.

- Grant, C. M. 2001. Role of glutathione/glutaredoxin and thioredoxin systems in yeast growth and response to stress conditions. *Molecular Microbiology*, **39**: 533-541.
- Grant, C. M., MacIver, F. H. & Dawes I. W. 1997. Mitochondrial function is required for resistance to oxidative stress in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *FEBS Letters*, **410**: 219-222.
- Huang, C., Zhang, Z. & Shi, X. 2000. Vanadate induces p53 transactivation through hydrogen peroxide and causes apoptosis. *Journal of Biological Chemistry*, **259**: 13273-13281.
- Jamieson, D. J. 1998. Oxidative stress responses of yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast* **14**: 1511-1527
- Lapinskas, P., Ruis, H. & Culotta, V. 1993. Regulation of *Saccharomyces cerevisiae* catalase gene expression by copper. *Current Genetics*, **24**: 388-393
- Lee, J., Godon, C., Lagniel, G., Spector, D., Garini, J., Labarre, J. & Toledano, M. B. 1999. Yap1 and Skn7 Control Two Specialized Oxidative Stress Response Regulons in Yeast. *The Journal of Biological Chemistry*, **274**: 16040-16046.
- Lima, N. & Mota, M. 2003. *Biotecnologia: Fundamentos e aplicações*. LIDEL-Edições Técnicas Lda, Lisboa
- Lowry, O. H., Rosenbrough, N. J., Farr, L. & Randall, R. J. 1951. Protein Measure with the Folin Phenol Reagent. *J. Biol. Chem.* **193**: 265-275.
- Lushchak, V. I. & Gospodaryov, D. V. 2005. Catalases protect cellular proteins from oxidative modification in *Saccharomyces cerevisiae*. *Cell Biol Int.*, **29**: 187-92.
- Rossignol, T., Dulau L., Julien A. & Blondin B. 2003. Genome-wide monitoring of wine yeast gene expression during alcoholic fermentation. *Yeast*, **20**: 1369-85.
- Scandalios, J. G. 2005. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Braz J Med Biol Res.*, **38**: 995-1014.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1997. *Biometry*. W. H. Freeman, New York.
- Tran, L.-T., Miki, T., Kamakura, M., Izawa, S., Tsujimoto, Y., Maybe, S., Inoue, Y. & Kimura, A. 1995. Oxidative Stress Response in Yeast, Induction of Glucose-6-Phosphate Dehydrogenase by Lipid Hydroperoxide in *Hansenula mrakii*. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, **80**: 606-609.
- Van Uden, N. 1967. Transport-limited fermentation and growth of *Saccharomyces cerevisiae* and competitive inhibition. *Arch. Microbiol.*, **58**: 155-168.

**HORTICULTURA
MEDITERRÂNICA:
COMPLEMENTARIDADE
INVESTIGAÇÃO/INOVAÇÃO**

A influência da poda mecânica na produção e na eficiência da colheita da azeitona por vibração

The influence of mechanical pruning on olive production and shaker efficiency

A. B. Dias¹, J. O. Peça¹, L. Santos² & A. Pinheiro¹

RESUMO

Em Portugal tem-se verificado um incremento no custo de execução da poda da oliveira, pelo que os autores iniciaram em 1997 a avaliação da aplicação da poda mecânica como alternativa à poda manual efectuada com moto - serra.

Estabeleceram-se ensaios de campo com os seguintes tratamentos: T1 – poda manual com moto-serra; T2 – poda mecânica, efectuada por uma máquina de podar de discos, montada no carregador frontal de um tractor agrícola; T3 – poda mecânica efectuada pela máquina de podar de discos, seguida de complemento manual com moto - serra.

Em cada ensaio, efectuou-se a colheita da azeitona com vibradores de tronco multidireccionais, tendo-se avaliado a produção total por árvore e o desempenho do vibrador na colheita da azeitona, em termos de eficiência de colheita e tempo de vibração por árvore.

Neste trabalho apresentam-se os resultados obtidos em dois ensaios, não se tendo verificado diferenças significativas ($P>0,1$) entre os tratamentos na produção de azeito-

na, nos quatro anos após a execução da poda.

Relativamente ao desempenho do vibrador, os resultados obtidos mostram que há necessidade de adequar a forma de abordar a árvore e a duração da vibração, de modo a manter o mesmo grau de eficiência entre os tratamentos.

ABSTRACT

In Portugal, olive farmers, particularly those with orchards of around 100 trees per hectare, are facing increasing pruning costs every year. As a result they tend to lengthen pruning intervals.

With the purpose of studying a mechanised alternative to the labour intensive manual pruning practice, the authors established in 1997 field trials with the following three treatments: T1 - manual pruning cutting with a chain saw; T2 - mechanical pruning, performed by a tractor mounted cutting bar provided with 6 circular disc-saws; T3 - mechanical pruning, as in T2, followed by a manual pruning complement.

¹ Departamento de Engenharia Rural e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Núcleo da Mitra, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: adias@uevora.pt;

² Departamento de Olivicultura, Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, Elvas

In each test site, olives were harvested using a trunk shaker. Total production per tree, as well as the shaker efficiency was also evaluated.

This paper, updating the research work previously presented at the 5th International Symposium on Olive Growing (Dias *et al.*, 2004), shows the following major results:

In both olive orchards tested, the cumulative results in yield in the subsequent four harvesting campaigns from the date of pruning, reveal no significant differences ($P>0,1$) between pruning treatments.

In one of the olive orchards, shaker performance was not influenced by the way trees had been pruned. However, in other orchard, shaker efficiency was observed to be significantly lower on trees that had been pruned mechanically.

INTRODUÇÃO

A poda da oliveira é uma prática cultural tradicionalmente efectuada manualmente por podadores. A crescente dificuldade em recrutar mão-de-obra para efectuar esta operação, associado ao seu elevado custo, leva os olivicultores a aumentar o número de anos entre cada intervenção. As intervenções de poda são efectuadas com grande severidade, o que compromete a produção, nomeadamente no ano de execução da poda.

Perante este cenário, iniciou-se em 1997, o estudo da aplicação da poda mecânica na olivicultura portuguesa com o objectivo de encontrar soluções mecanizadas alternativas ao sistema de poda tradicionalmente praticado pela maioria dos olivicultores.

Neste trabalho, apresentam-se os resultados obtidos nos primeiros quatro anos de ensaio, quer em termos de influência da poda mecânica na produção, quer em termos da sua influência no desempenho do vibrador na colheita da azeitona.

MATERIAL E MÉTODOS

Olivais

Olival da Herdade de Torre de Figueiras (Concelho de Monforte) - olival de sequeiro, implantado a 9,9 x 9,9m em triângulo, com cerca de 40 anos, da variedade Galega, enxertada há cerca de 20 anos na variedade Blanqueta.

De acordo com a metodologia, procedeu-se à instalação do ensaio em blocos casualizados, com três repetições, com 40 árvores por talhão, num total de 360 árvores.

Olival da Herdade da Calada (Concelho de Elvas) - olival equipado com sistema de rega gota-a-gota, implantado a 9 x 9m, com cerca de 70 anos, da variedade Galega.

De acordo com a metodologia, procedeu-se à instalação do ensaio em blocos casualizados, com três repetições, com 44 árvores por talhão, num total de 396 árvores.

Equipamentos

As intervenções de poda mecânica foram realizadas com uma máquina de podar de discos R&O, montada no carregador frontal de um tractor com 50 kW (DIN) de potência máxima. A constituição da máquina de podar foi anteriormente descrita por Santos *et al.* (1999), Dias *et al.* (2001) e Peça *et al.* (2002).

No ensaio da Herdade de Torre de Figueiras, a colheita de azeitona foi efectuada, durante os quatro anos, com um vibrador multidireccional automotriz de 88 kW de potência máxima.

No ensaio da Herdade da Calada utilizou-se um vibrador multidireccional montado num tractor agrícola de 88 kW de potência máxima.

Metodologia

Em 1997 iniciou-se a avaliação da aplicação da poda mecânica com a seguinte metodologia:

- tratamento 1 (T1) – poda manual, executada com um podador por árvore munido de moto-serra (Figura 1), o qual procedeu à eliminação de ramos ladrões da parte interior da copa, melhorando simultaneamente a exposição à luz solar;
- tratamento 2 (T2) – poda mecânica, efectuada por uma máquina de podar de discos, montada no carregador frontal de um tractor agrícola (Figura 2);
- tratamento 3 (T3) – poda mecânica seguida de complemento manual. Efectuou-se o mesmo tipo de corte do tratamento 2, seguido de uma intervenção manual do podador para eliminar a madeira existente na parte interior da copa.



Figura 1 – Poda manual com moto – serra

Desde 1997 até 2001, durante os meses de Novembro e Dezembro procedeu-se à colheita da azeitona com um vibrador de tronco, numa amostra das árvores podadas, representando pelo menos 20% das árvores em cada talhão.

Avaliou-se a produção de azeitona, árvore a árvore, bem como o tempo de vibração necessário. A produção por árvore obteve-se adicionando à massa de azeitona colhida por árvore, a massa de azeitona que permaneceu após a colheita.



Figura 2 – Poda mecânica

Para determinação da massa de azeitona que permaneceu na árvore após a colheita, procedeu-se ao esgotamento da azeitona por varejamento manual e/ou recorrendo a uma segunda passagem de vibrador auxiliado por varejamento manual.

Determinou-se a eficiência de colheita da seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência colheita} = \frac{\text{Massa azeitona colhida/ árvore}}{\text{Produção/árvore}}$$

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), utilizando o programa MSAT-C.

Sempre que a ANOVA revelou diferenças significativas, procedeu-se ao Teste de Separação Múltipla de Médias de Duncan para um nível de significância de 5%.

Para cada ensaio aplicou-se uma ANOVA independente, avaliando o efeito do

ano, do tratamento e da sua interacção nos seguintes parâmetros:

- produção por árvore;
- eficiência de colheita por árvore;
- tempo de vibração por árvore.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de azeitona

O Quadro 1 mostra a influência do ano na produção de azeitona. Durante os quatro anos de execução dos ensaios verificaram-se diferenças significativas ($P < 0,01$) na produção de azeitona entre os anos, em qualquer dos ensaios.

Na Herdade de Torre de Figueiras a produção variou significativamente ($P \leq 0,05$) de ano para ano, com a obtenção do pico de produção no segundo ano após a poda, enquanto que na Herdade da Calada apenas se nota um aumento significativo ($P \leq 0,05$) de produção do primeiro para o segundo ano após a poda.

QUADRO 1 – Influência do ano na produção de azeitona (kg/árvore)

Anos	Olival			
	H. T. Figueiras		H. Calada	
Ano 0*	27,1	b	6,3	b
Ano 1	16,3	c	10,1	b
Ano 2	46,7	a	20,5	a
Ano 3	19,6	bc	15,8	a

Valores acompanhados de letras diferentes diferem significativamente entre si ($P \leq 0,05$); * Ano da poda

Em termos de efeito médio do tratamento na produção de azeitona não se verificaram diferenças significativas ($P > 0,1$), em qualquer dos ensaios, indicando-se no Quadro 2 as produções médias obtidas.

Em termos de produção de azeitona, no ensaio da Herdade de Torre de Figueiras, a interacção ano x tratamento não foi sig-

nificativa ($P > 0,1$), apresentando-se na Figura 3 as produções obtidas por cada tratamento em cada um dos anos.

QUADRO 2 – Produção média de azeitona por árvore em cada tratamento, nos quatro anos após a poda (kg/árvore)

Tratamentos	Olival	
	H. T. Figueiras	H. Calada
T1	25,5	12,0
T2	29,3	14,0
T3	27,5	13,5

Em termos de produção de azeitona, no ensaio da Herdade da Calada também não se verificaram diferenças significativas ($P > 0,1$) na interacção ano x tratamento, apresentando-se na Figura 4 as produções obtidas por tratamento em cada um dos anos.

Desempenho do vibrador

O Quadro 3 mostra a influência do ano no desempenho do vibrador na colheita de azeitona na Herdade de Torre de Figueiras.

Tal como seria de esperar, verificaram-se diferenças significativas ($P < 0,01$) entre anos, quer na eficiência de colheita, quer no tempo de vibração por árvore, devido à grande diversidade de aspectos que influenciam a colheita de azeitona.

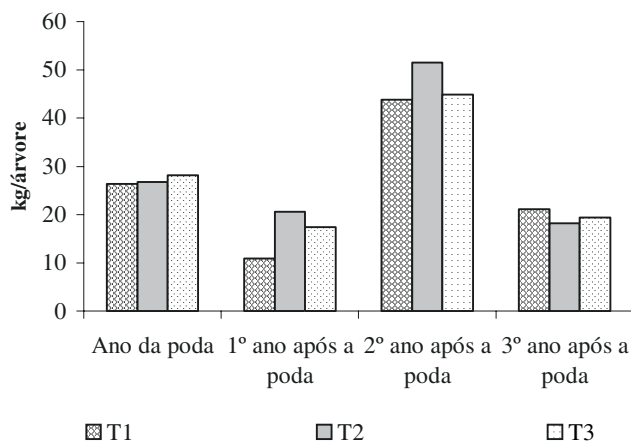
QUADRO 3 – Influência do ano no desempenho do vibrador na colheita da azeitona, na Herdade de Torre de Figueiras

Anos	Eficiência de colheita*	Tempo de vibração**
Ano 0*	88,6 b	5,0 c
Ano 1	96,4 a	7,2 b
Ano 2	80,9 c	11,2 a
Ano 3	79,8 c	7,6 b

*% de azeitona colhida; ** segundos por árvore; Valores acompanhados de letras diferentes diferem significativamente entre si ($P \leq 0,05$); * Ano da poda

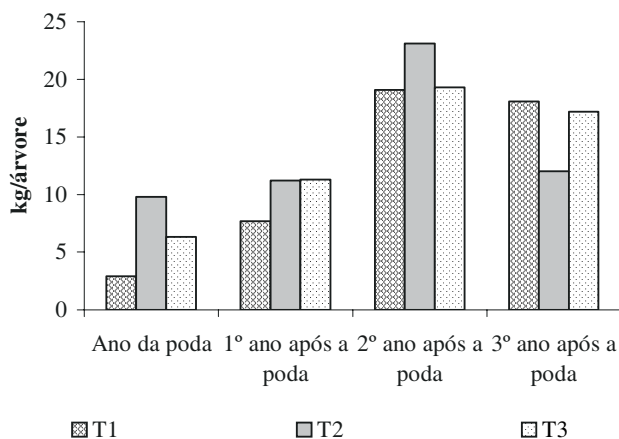
Em termos de efeito médio do tratamento na eficiência de colheita (Quadro 4), não se verificaram diferenças significativas ($P>0,1$). No entanto, a poda exclusivamente mecâni-

ca necessitou, em média, de um tempo de vibração por árvore significativamente ($P\leq 0,05$) superior ao dos outros tratamentos (Quadro 4).



A interação ano x tratamento não foi significativa ($P>0,1$)

Figura 3 - Produção média de azeitona por árvore, para cada tratamento, em cada um dos anos no ensaio da Herdade de Torre de Figueiras



A interação ano x tratamento não foi significativa ($P>0,1$)

Figura 4 - Produção média de azeitona por árvore, para cada tratamento, em cada um dos anos no ensaio da Herdade da Calada

QUADRO 4 – Efeito médio do tratamento no desempenho do vibrador na colheita de azeitona no ensaio da Herdade de Torre de Figueiras

Tratamentos	Eficiência de colheita	Tempo de vibração
T1	86,9 a	7,2 b
T2	85,0 a	8,4 a
T3	87,4 a	7,7 b

*% de azeitona colhida; ** segundos por árvore; Valores acompanhados de letras diferentes diferem significativamente entre si ($P \leq 0,05$);

A interacção ano x tratamento, em termos de eficiência de colheita no ensaio da Herdade de Torre de Figueiras, não foi significativa ($P > 0,1$), apresentando-se na Figura 5 as eficiências de colheita obtidas por cada tratamento em cada um dos anos.

Relativamente ao tempo de vibração por árvore, a interacção ano x tratamento não foi

significativa ($P > 0,1$), apresentando-se na Figura 6 o tempo de vibração por árvore obtido por cada tratamento em cada um dos anos.

Sabendo que a capacidade de trabalho do vibrador é fundamentalmente influenciada pelo tempo de deslocação do vibrador entre árvores (Almeida *et al.*, 2001), uma diferença de cerca de um segundo no tempo de vibração por árvore não originará uma considerável diminuição do número de árvores colhidas por dia de trabalho, ao optar-se pela poda exclusivamente mecânica.

O Quadro 5 mostra a influência do ano no desempenho do vibrador na colheita de azeitona, no ensaio da Herdade da Calada. Contrariamente ao que ocorreu na Herdade de Torre de Figueiras, neste ensaio não se verificaram diferenças significativas ($P > 0,1$) na eficiência de colheita entre anos.

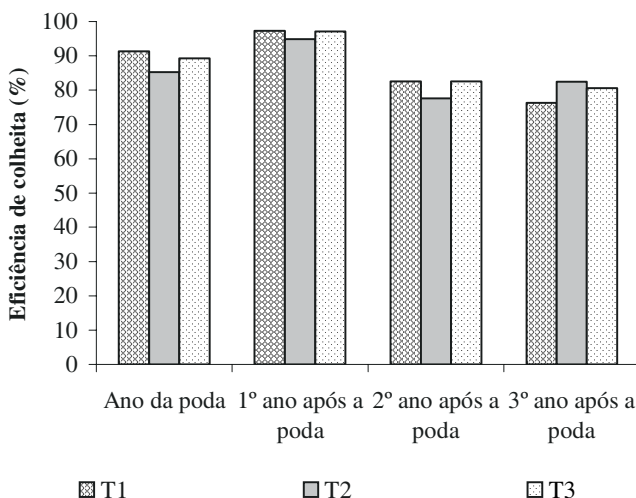
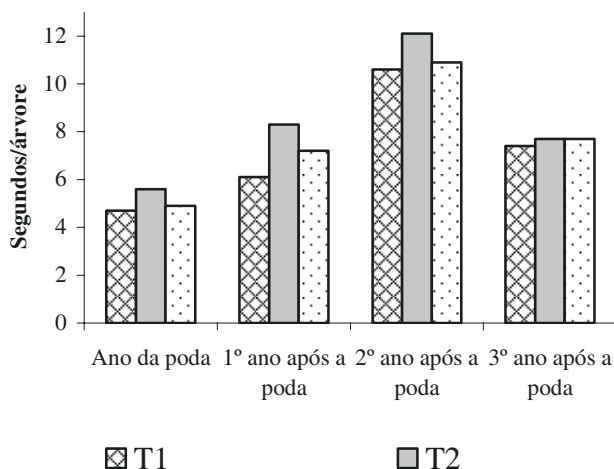


Figura 5 - Eficiência de colheita por árvore para cada tratamento, em cada um dos anos, no ensaio da Herdade de Torre de Figueiras



A interação ano x tratamento não foi significativa ($P > 0,1$)

Figura 6 - Tempo de vibração por árvore, para cada tratamento, em cada um dos anos, no ensaio da Herdade de Torre de Figueiras

QUADRO 5 – Influência do ano no desempenho do vibrador na colheita da azeitona, na Herdade da Calada

Anos	Eficiência de colheita*	Tempo de vibração**
Ano 0*	74,8 a	10,0 d
Ano 1	66,7 a	18,4 c
Ano 2	72,6 a	33,2 a
Ano 3	72,8 a	27,0 b

*% de azeitona colhida; ** segundos por árvore; Valores acompanhados de letras diferentes diferem significativamente entre si ($P \leq 0,05$), * Ano da poda

No entanto verificaram-se diferenças significativas ($P < 0,01$) no tempo de vibração por árvore de ano para ano. Conforme se pode verificar no Quadro 5, no 2º e no 3º ano após a poda, o tempo de vibração por árvore foi significativamente superior ($P \leq 0,05$) ao necessário nos dois primeiros anos. Para tal contribuiu, a decisão de vibrar árvores às pernas sempre que necessário, tomada no segundo ano após a poda, de modo a melhorar a eficiência de colheita.

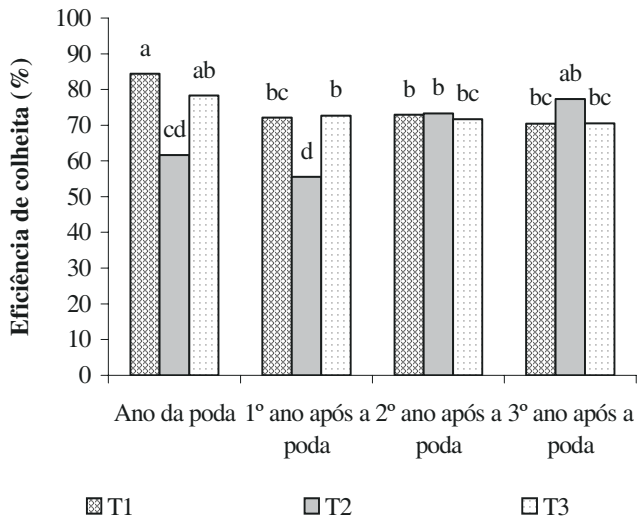
QUADRO 6 – Efeito médio do tratamento no desempenho do vibrador na colheita de azeitona no ensaio da Herdade da Calada

Tratamentos	Eficiência de colheita*	Tempo de vibração**
T1	75,0 a	19,9 b
T2	67,0 b	25,0 a
T3	73,3 a	21,6 ab

*% de azeitona colhida; ** segundos por árvore; Valores acompanhados de letras diferentes diferem significativamente entre si ($P \leq 0,05$)

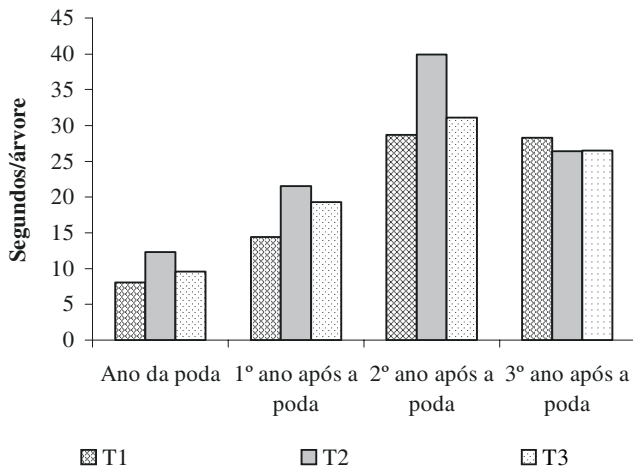
Em termos de efeito médio do tratamento na eficiência de colheita (Quadro 6), verificou-se que a poda exclusivamente mecânica obteve uma eficiência de colheita significativamente inferior ($P \leq 0,05$) aos outros tratamentos, apesar de, em média, ter sido despendido um tempo de vibração por árvore significativamente superior ($P \leq 0,05$).

Em termos de interação ano x tratamento, verificaram-se diferenças significativas ($P < 0,01$) na eficiência de colheita, revelando que a partir do momento em que se



Colunas acompanhadas de letras diferentes diferem significativamente entre si ($P \leq 0,05$)

Figura 7 - Eficiência de colheita por árvore para cada tratamento, em cada um dos anos, no ensaio da Herdade da Calada



A interação ano x tratamento não foi significativa ($P > 0,1$)

Figura 8 - Tempo de vibração por árvore, para cada tratamento, em cada um dos anos, no ensaio da Herdade da Calada

decidiu proceder à vibração de árvores às pernadas, deixaram de se verificar diferenças significativas ($P \leq 0,05$) entre os tratamentos na eficiência de colheita (Figura 7).

Tal decisão não originou um comportamento distinto no tempo de vibração por árvore em cada um dos tratamentos, visto que a interacção ano x tratamento não foi significativa ($P > 0,1$), mantendo-se a necessidade de vibrar durante mais tempo as árvores submetidas a poda exclusivamente mecânica, tal como já tinha ocorrido nos dois primeiros anos de ensaio. Na Figura 8 mostram-se os tempos de vibração obtidos por cada tratamento em cada um dos anos.

CONCLUSÕES

Em termos de produção de azeitona, a poda mecânica permitiu a obtenção de valores similares aos outros dois tratamentos, em ambas as cultivares.

Relativamente à eficiência de colheita verificou-se que na cultivar Galega, a eficiência de colheita foi penalizada pela poda exclusivamente mecânica, enquanto a vibração das árvores foi exclusivamente efectuada com fixação do vibrador no tronco.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos olivicultores pela a colaboração prestada e ao Ministério da Agricultura pelo financiamento concedido através dos programas PAMAF, PIDDAC e AGRO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A., Peça, J., Pinheiro, A., Dias, A., Santos, L., Reynolds, D. & Lopes, J. 2001. Custos da colheita mecânica de azeitona utilizando vibrador e aparafritos. *Proceedings do 1^{er} Congresso Nacional de Ingenieria para la Agricultura y el Medio Rural*, Editores Val, L., Juste, F., Gracia, C. Moltó, E., Valencia, Espanha.
- Dias, A., Santos, L., Peça, J., Pinheiro, A., Souza, D. R., Morais, N. & Pereira, A.G. 2001. A poda mecânica na olivicultura alentejana – dois anos de ensaios. *Revista das Ciências Agrárias – Edição Especial II Simpósio Nacional de Olivicultura*, **XXIV**(1/2):74-80.
- Dias, A., Peça, J., Santos, L., Pinheiro, A., Morais, N. & Pereira, A.G. 2004. The influence of mechanical pruning on olive production and shaker efficiency. *Proceedings of the 5th International Symposium on Olive Growing* (in press), Izmir, Turkiye.
- Peça, J., Dias, A., Pinheiro, A., Santos, L., Morais, N., Pereira, A.G. & Reynolds, D. 2002. Mechanical pruning of olive trees as an alternative to manual pruning. *Proceedings of the 4th International Symposium on Olive Growing – Acta Horticulturae* **586** (1):295-299. Editors Vitagliano, C. & Martelli, G.P., ISHS, Bari, Italy.
- Santos, L., Dias, A., Peça, J., Pinheiro, A., Souza, D. R., Morais, N. & Pereira, A.G. 1999. A utilização da poda mecânica na olivicultura alentejana. *Proceedings do VIII Congresso Nacional de Ciencias Hortícolas*, Murcia, Espanha.

Estudo histológico sobre a formação de raízes adventícias em estacas caulinares de oliveira (*Olea europaea* L.)

Adventitious rooting in olive (*Olea europaea* L.) cuttings: A histological evaluation

A. Peixe¹, M. Serras, C. Campos, M^a. A. Zavattieri & M^a. A. S. Dias

RESUMO

Mesmo quando estimulada pela aplicação exógena de reguladores de crescimento, a capacidade de enraizamento da oliveira, por estacaria semi-lenhosa, encontra-se muito dependente do genótipo utilizado. É assim possível encontrar cultivares como a ‘Cobrançosa’, onde se atingem sem dificuldade taxas de formação de raízes adventícias próximas dos 70%, e cultivares como a ‘Galega vulgar’, onde só muito esporadicamente se conseguem ultrapassar os 10% de estacas enraizadas.

Este trabalho apresenta os resultados preliminares de um estudo de histologia comparativa entre as cultivares de *Olea europaea* referidas. Procuraram-se diferenças tanto na anatomia do caule como na ontogénese das raízes adventícias, que pudessem ajudar a compreender a diferença de comportamento de duas cultivares relativamente ao enraizamento por estacaria semi-lenhosa.

Das observações que até agora foi possível efectuar, constatou-se que a anatomia do caule na zona de formação das novas raízes adventícias não difere significativamente, apresentando no entanto qualquer uma das cultivares em estudo um anel de esclerên-

quima, mais ou menos contínuo, que poderá actuar como uma barreira mecânica ao normal desenvolvimento das raízes.

Relativamente às regiões ontogenicamente activas, as observações efectuadas permitiram constatar que na ‘Cobrançosa’ as novas raízes têm origem nos tecidos situados na proximidade do câmbio vascular, enquanto que na ‘Galega vulgar’, são as células parenquimatosas do recém formado calo de cicatrização que estão na origem dos campos morfogénicos da raiz.

Esta aparente diferença entre os tecidos envolvidos no processo de desdiferenciação e reaquisição do estado meristemático primário, condição essencial para a formação dos novos meristemas radicais, é mais um contributo que, esperamos, possa ajudar a compreender as grandes diferenças observadas na capacidade de enraizamento destas cultivares, por este método de propagação vegetativa.

ABSTRACT

Even when stimulated by application of exogenous growth regulators, the ability for

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: apeixe@uevora.pt

adventitious root formation in olive remains highly genotype dependent.

When semi-hardwood cuttings are used as propagation material, it's possible to find cultivars like 'Cobrançosa', where it is easy to achieve 70% of adventitious root formation, and cultivars like 'Galega vulgar', where 10% of rooting it is very difficult to exceed.

Preliminary results of a comparative histological study between the above-mentioned *Olea europaea* cultivars, looking for differences, both in the stem anatomy and in tissues involved in adventitious root ontogenesis, are now presented.

Concerning stem anatomy, the results achieved so far, allow to conclude that no significant differences were observed between the cultivars, both presenting a sclerenchymal ring, that may act as a mechanical barrier to the adventitious root development.

The observations made of the ontogenically active regions, showed that in 'Cobrançosa' the new roots emerge in the vascular cambium or in the adjacent tissues, whereas in 'Galega vulgar' the parenchyma cells of the *callus* are the ones involved in the appearing of roots morphogenic fields.

This significant difference observed between the kind of tissues that are involved in the process of cell des-differentiation and reacquisition of a primary meristematic condition, which is crucial to allow the formation of new root meristems, it's probably correlated with the great differences observed in the rooting ability of semi-hardwood cutting of this olive cultivars.

INTRODUÇÃO

A estacaria semi-lenhosa é actualmente a mais utilizada para a propagação da oliveira (*Olea europaea* L.). A propagação tradicional por estacaria lenhosa, com o enraiza-

mento das estacas a fazer-se directamente no local definitivo, apresenta, além de outros inconvenientes, a necessidade de muito material vegetal. A utilização de estacas semi-lenhosas superou esse inconveniente, mas, a promoção do enraizamento exige cuidados especiais como sejam, o tratamento das estacas com reguladores de crescimento e a utilização de estufas de enraizamento com condições capazes de permitir a manutenção de uma película continua de água nas folhas e o aquecimento da base das estacas, por forma criar as melhores condições à formação do sistema radicular adventício.

Em oliveira, a concentração endógena de auxinas é um factor limitante ao enraizamento (del Rio *et al.*, 1986 citado por Oliveira *et al.*, 2003), sendo normalmente necessária a sua aplicação exógena. O ácido indol-3-butírico é a auxina sintética mais utilizada para induzir a formação de raízes adventícias nesta espécie. Para além de ser condicionado pelos níveis endógenos de auxinas, o enraizamento em oliveira também varia bastante com a cultivar utilizada. Em referências à variedade 'Galega vulgar' Leitão (1986) destaca a sua fraca capacidade de propagação por estaca semi-lenhosa. Pelo contrário encontram-se cultivares como a 'Cobrançosa', onde sem dificuldade são atingidas taxas de formação de raízes adventícias próximas dos 70%. Em cultivares como a "Galega vulgar", só muito esporadicamente se consegue ultrapassar os 10% de estacas enraizadas.

Estas diferenças na capacidade de enraizamento levaram a que, desde a década de cinquenta, alguns autores tenham sugerido que características anatómicas tais como a espessura e continuidade do anel de esclerênquima, sejam parcialmente responsáveis pelo potencial de enraizamento das diferentes cultivares de oliveira (Ciampi e Gellini, 1958; Beakbane, 1961; Sachs *et al.*, 1964;

Qrunfleh *et al.*, 1994). Também diferenças nos níveis endógenos de reguladores de crescimento, em diferentes épocas do ano (Bhella e Roberts, 1975; Blakesley *et al.*, 1991), assim como as suas variações durante o processo de enraizamento (Ságee *et al.*, 1992), têm sido apontadas como capazes de influir directamente na capacidade de enraizamento de diferentes espécies. Estudos histológicos sobre os tecidos directamente envolvidos no processo de diferenciação das raízes adventícias, têm sido desenvolvidos por vários autores (Rodríguez *et al.*, 1988; Skolidis *et al.*, 1990; Biricolti *et al.*, 1994), sem que no entanto seja possível apresentar uma conclusão generalizável a um número alargado de espécies. Deste modo, tal como referem (Troncoso *et al.*, 1999), o processo de enraizamento de variedades recalcitrantes, está longe de estar resolvido, e, um conhecimento das alterações ocorridas a nível histológico e bioquímico durante, poderá fornecer informações importantes para a sua compreensão.

O presente estudo, que advém da observação das diferenças nas taxas de enraizamento entre as cultivares ‘Cobrançosa’ e ‘Galega vulgar’, procura diferenças tanto na anatomia do caule como na ontogénese das raízes adventícias das duas cultivares acima referidas, com o objectivo de ajudar a compreender a diferença de comportamento destas relativamente ao enraizamento por estacaria semi-lenhosa.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se estacas semi-lenhosas das cultivares “Galega vulgar” e “Cobrançosa”, provenientes da zona média de ramos do ano, foram obtidas de lançamentos recolhidos no campo de pés-mãe dos Viveiros Plansel S.A., e apresentando cada uma das estacas cerca de 16 cm de comprimento.

A cada estaca foram retiradas as folhas da zona basal, deixando-se apenas os dois pares de folhas da extremidade superior. As bases das estacas foram então imersas numa solução de Ácido Indol-3-Butírico (AIB) a 3500 ppm durante 20 segundos. As estacas foram colocadas numa bancada de enraizamento com um substrato de perlite, e uma temperatura basal de 28°C. Foi proporcionada rega por nebulização nas bancadas, com uma frequência de 10 minutos e uma duração de 5 segundos. A temperatura ambiente da estufa, foi, na medida do possível, controlada por um sistema de arrefecimento do tipo ‘aqua-cooling’.

Após a colocação em bancada, amostras da base das estacas foram retiradas semanalmente, desde o dia zero até aos sessenta dias, para os ensaios de histologia. Estas amostras eram constituídas por fragmentos de 1-2mm, que foram fixados numa solução de formol-ácido acético-etanol 70% (1:1:8) de acordo com o protocolo proposto por Johansen (1940), sendo depois lavados com etanol 70% e desidratadas numa série de soluções com uma concentração crescente de butanol. Seguiu-se a impregnação das amostras em parafina liquefeita de baixo ponto de fusão (*Jung-Histowax*) e a confecção dos blocos para seccionamento em micrótomos rotativos (Micro Tec *Cut 4055*). A espessura das secções variou entre 5-10µm e as ‘ténias’ obtidas, após coloração com Safranina O e Azul de Anilina, foram observadas num microscópio óptico de campo claro Olympus CX40.

Paralelamente a este ensaio, estavam a decorrer estudos de micropropagação *in vitro* com a cultivar “Galega vulgar”, tendo-se também retirado destas amostras para os estudos histológicos.

No caso dos estudos de micropropagação *in vitro* as amostras foram recolhidas duas vezes por semana, durante 30 dias, sendo depois preparadas para observação em

microscopia de campo claro, seguindo o procedimento anteriormente descrito.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como se pode ver pela Figura 1, os cortes histológicos efectuados ao nível da base das estacas nas duas cultivares de *Olea europaea*, revelaram a inexistência de diferenças significativas quanto à anatomia do caule. É de notar em ambas as cultivares a presença de um anel de esclerênquima com uma continuidade próxima dos 70% na cultivar “Cobrançosa” e dos 60% na cultivar “Galega vulgar”, composto por 2-3 camadas de células bastante lenhificadas, o que é revelado pela a forte reacção com a Safranina O.

Contrariamente ao que ocorre quanto à uniformidade estrutural do caule, as observações realizadas com o objectivo de determinar quais os tecidos que estão na origem das raízes adventícias, parecem indicar a existência de diferenças entre as duas cultivares em estudo.

Na cultivar “Cobrançosa”, as observações efectuadas, mostram que as raízes adventícias têm a sua origem no câmbio vascular ou nos tecidos adjacentes (Figura 2-B), característica que é comum às espécies de fácil enraizamento. Já na cultivar ‘Galega vulgar’, os campos morfogénicos radicais surgem no tecido parenquimatoso do *callus* de cicatrização (Figura 3-B), situação que, como refere Hamann (1998) e confirmam Ono *et al.* (1996), em ensaios desenvolvidos em *Coffea sp.*, e Pérez-Francés *et al.*, (2001), em trabalhos realizados com *Leucadendron discolor*, é comum a muitas espécies de difícil enraizamento

Não obstante a grande frequência com que ocorre a formação de tecido caloso em espécies de difícil enraizamento, é ainda normalmente aceite que o seu desenvolvimento não está directamente relacionado

com a formação das raízes adventícias. Em ‘Galega vulgar’, níveis de correlação superiores a 90%, foram por nós observados para a relação entre as variáveis formação de *calli* de cicatrização/taxa de enraizamento (dados não apresentados). Estas altas correlações entre as duas variáveis verificaram-se tanto no enraizamento de estacaria semi-lenhosa como na micropropagação, parecendo indicar que a formação de calose basal estar intimamente ligada ao enraizamento.

A comprovar o que acabamos de referir estão os cortes histológicos realizados em material vegetal submetido a processos de cultura *in vitro*. Tal como aconteceu com a estacaria semi-lenhosa, também aqui se verifica que os campos morfogénicos surgem na zona do *callus* (Figura 4-B, C). Ainda pela observação da figura 4, podemos ver que neste caso não é identificável o anel de esclerênquima que caracterizava a anatomia do caule nas estacas semi-lenhosas. A esta situação não será alheio o facto de se estar a trabalhar com rebentos herbáceos e não semi-lenhosos. Saliente-se que, em ramos do ano, apenas nos foi possível constatar a formação do anel de esclerênquima ao nível do 3º entre-nó contado a partir do ápice.

Do trabalho realizado, e ressaltando o facto de a cultivar ‘Cobrançosa’ carecer de um maior numero de observações, parece ser possível concluir que a maior ou menor dificuldade na formação de raízes adventícias nestas duas cultivares de oliveira não está directamente afectada pela existência de uma barreira mecânica devida à existência de um anel de esclerênquima, mas antes pela diferente localização das zonas ontogenicamente activas e pela maior ou menor dificuldade com que as novas raízes se ligam aos feixes vasculares.

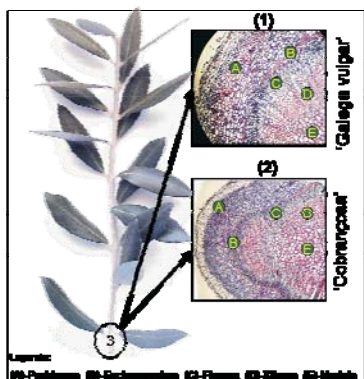


Figura 1 - Aspecto da anatomia do caule em corte transversal, obtido na zona basal (3) de estacas das duas cultivares em estudo. Note-se a presença do anel de esclerênquima (B) em ambas as cultivares, sendo de realçar em ambos os casos, que pela sua descontinuidade, dificilmente se poderá considerar como uma barreira mecânica à formação das raízes adventícias. Não se observam outras diferenças anatômicas significativas

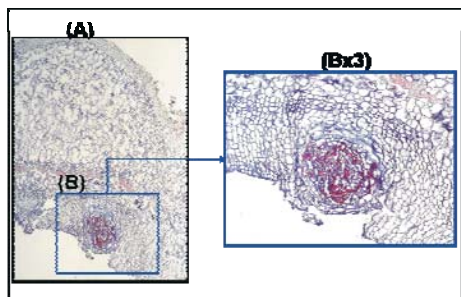


Figura 2 - Corte transversal da base de uma estaca semi-lenhosa da cultivar “Cobrançosa”, 20 dias após a sua colocação na bancada de enraizamento. Com origem na região cambial, destaca-se a presença de um campo morfogênico da raiz (B), em fase inicial do seu desenvolvimento

Quanto ao primeiro aspecto, o facto de na ‘Galega vulgar’ os campos morfogênicos da raiz se localizarem no tecido parenquimatoso do *callus*, pode estar na origem da dificuldade desta cultivar em enraizar, pois é de

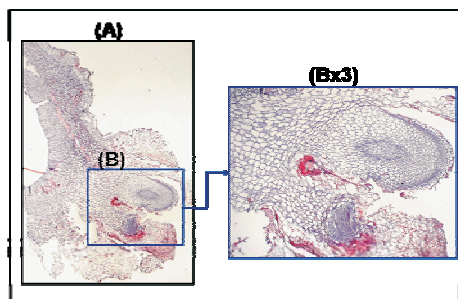


Figura 3 - Aos 45 dias após a sua colocação em bancada de enraizamento, os campos morfogênicos da raiz começam a ser observáveis em estacas semi-lenhosas da cultivar ‘Galega vulgar’. Note-se neste caso, a origem destas estruturas no tecido parenquimatoso do *callus* de cicatrização (B)

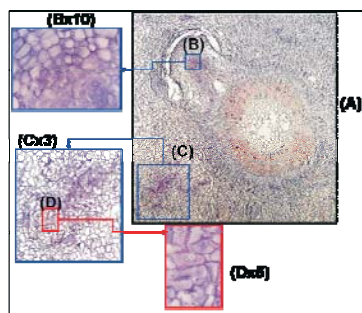


Figura 4 - Corte transversal num explante da cultivar ‘Galega vulgar’ 20 dias após a sua passagem para meio de enraizamento *in vitro*. Note-se em (A) a ausência do anel de esclerênquima. Observam-se vários campos morfogênicos radicais (B–C). São visíveis na ampliação de (B), células com citoplasma denso e núcleos em posição central, característicos das regiões meristemáticas. Na ampliação de (D), observam-se traqueídeos de xilema, característicos do enraizamento a partir do tecido caloso

esperar que estas células tenham mais dificuldade em se desdiferenciar e posteriormente readquirir as características de células meristemáticas primárias, do que as células

meristemáticas cambiais em ‘Cobrançosa’. Quanto à vascularização, embora não existam ainda elementos suficientes para comparar as duas cultivares em estudo, deve salientar-se na ‘Galega vulgar’ a presença de traqueídeos xilémicos (Figura 4-D), estruturas que segundo Lovell & White (1986 citado por Pérez-Francés *et al.*, 2001), são características do processo de vascularização em espécies de difícil enraizamento.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados, ainda que preliminares, parecem indicar que a presença de um anel de esclerenquima, nas duas cultivares de oliveira analisadas, devido à sua descontinuidade, não será um factor determinante na explicação da dificuldade de enraizamento da ‘Galega vulgar’.

Já as diferenças ao nível da localização dos campos morfogénicos da raiz existentes entre a “Galega vulgar” e a “Cobrançosa”, bastante evidentes nas observações efectuadas, poderão ser uma explicação para a diferente capacidade de enraizamento das duas cultivares. A apoiar esta hipótese encontram-se diversos estudos realizados em outras espécies vegetais, indicando que as plantas que iniciam o processo de enraizamento no tecido parenquimatoso do *callus* não apresentam um grande sucesso na formação de raízes adventícias (Ono *et al.*, 2006 citado por Pereira 2003). Saliente-se no entanto que este estudo de histologia comparativa está integrado num estudo multidisciplinar onde paralelamente estão a ser realizados ensaios tendo em vista quantificar a variação endógena de reguladores de crescimento, nestas duas cultivares, tanto ao longo do ano em plantas instaladas no campo, como em estacas semi-lenhosas, durante o processo de

enraizamento. Uma análise global dos resultados, conduzirá certamente a resultados mais conclusivos.

AGRADECIMENTOS

Trabalho desenvolvido no âmbito do projecto AGRO 683.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beakbane, A.B. 1961. Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting. *Nature*, **192**(4806):954-955. London.
- Bhella H.S. & Roberts, A.N.. 1975. Bud and cambial activity in Douglas-fir as related to stem cutting rootability. *Forest Science*, **21**: 269-275.
- Biricolti, S. & Fabbri., A. 1994. Adventitious rooting in chestnut: An anatomical investigation. *Scientia Horticulturae* Amsterdam, **59**(3-4): 197-205.
- Blakesley D., Weson, G.D. & Hall. J.F. 1991. The role of endogenous auxin in root initiation. *Plant Growth Regulation*, Dordresh, **10**: 341-353.
- Ciampi, C. & Gellini, R. 1958. *Nuovo G. Bot. Ital.*, **65**, 417
- Hamann, A. 1998. Adventitious root formation in cuttings of loblolly pine (*Pinus taeda* L.): developmental sequence and effects of maturation. *Trees*, **12**: 175-180.
- Johansen, D.A. 1940. *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill, New York.
- Leitão, F. 1982. *A propagação da Oliveira*. ‘Série Olivicultura’, nº4, Lisboa. Direcção Geral de Planeamento e Agricultura – Ministério da Agricultura, Comércio e Pescas, 1982.
- Lovell, P.H. & White. J. 1986. Anatomical changes during adventitious root formation. In Jackson M.B. (ed) *New root*

- formation in plants and cuttings, pp. 111-140. Martinus Nijhoff Publ. Dordrecht.
- Ono, E.O., Rodrigues, J.D. & de Pinho, S.Z. 1996. Action of auxins and/or boron, in the process of root formation in cuttings of coffee (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo). *Boron In Agriculture*, Wigginton. **16**, n.2, p. 14-14.
- Oliveira, A.F., Pasqual, M. Chalfun, N.N.J. Regina, M.A. & Rincón, C. del R. 2003. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira sob efeito de diferentes épocas, substratos e concentrações de ácido indolbutírico. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras. **27**, n1, pp.117-125.
- Pereira, M. 2003. *Propagação via estacas apicais, caracterização morfológica e molecular de Jabuticabeiras (Myrciaria spp)*. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Brasil.
- Pérez-Francés, J.F., Melián-Capote, M.N. Martín-Pérez, R. & Rodríguez-Pérez, J.A. 2001. An anatomical study of adventitious root development in wounded cuttings of *Leucadendron discolor* and *Leucadendron* "Safari Sunset" (Proteaceae). *Acta Horticulturae*, **545**: 191-194.
- Qrunfleh, M.M., Y. Rushdi, T. Musmar & L. Rushdi, 1994. Root formation of the 'Nabali' olives with Uniconazole and Indolebutyric Acid. *Diresat*, **21B**: 71-79.
- Rodríguez, A. & M. Albuerne. 1988. Rooting ability of *Corylus avellana* L.: Macromorphological and histological study. *Scientia Horticulturae* **35**(1-2): 131-142.
- Sachs, R.M., Loreti, F. & De Bie, J. 1964. Plant rooting studies indicate sclerenchyma tissue is not restricting factor. *California Agriculture*, Oakland, **18**, n.9, pp.4-5.
- Sagee, O., M. Raviv, S. Medina, D. Becker, & A. Cosse. 1992. Involvement of rooting factors and free IAA in the rootability of citrus species stem cuttings. *Sci. Hort.* **51**: 187-195.
- Skolidis, K., W. Hartmann & R. Stosser. 1990. Influence of etiolation on callus and root development of hardwood cuttings of *Prunus cerasifera*. *Erwerbsobstbau*, **32**(6): 163-165.
- Troncoso, A., J. Linan, M. Cantos, M.M. Acebedo, & H.F. Rapoport. 1999. Feasibility and anatomical development of an *in vitro* olive cleft-graft. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **74**: 584-587.

La embriogénesis somática como vía de regeneración clonal de especies forestales mediterráneas

Somatic embryogenesis as a regeneration method for clonal propagation of Mediterranean forest species

C. Celestino¹, I. Hernández¹, E. Carneros¹, D. López-Vela¹, J. Jiménez¹, J. Alegre¹, A. Vieira-Peixe², A. Zavattieri² & M. Toribio¹

RESUMO

La mejora y conservación de recursos genéticos en especies forestales lleva siglos de retraso con respecto a las especies agrícolas. Los recursos forestales se han considerado tradicionalmente como recursos “mineros”, en los que primaba la mera extracción dejando exclusivamente a la regeneración natural la labor de sostenibilidad en los montes y dehesas o montados. Hoy en día, el necesario desarrollo del medio rural obliga a la explotación racional de los recursos como medio de garantizar su sostenibilidad. Por ello se está empezando a extender el criterio de que las especies forestales se pueden y deben “cultivar” en determinados espacios.

Las características biológicas de las especies forestales las hacen, a menudo, recalitrantes a las técnicas de mejora y conservación de recursos genéticos tradicionalmente aplicadas a especies agrícolas. En particular, la propagación vegetativa se ha utilizado ampliamente en muchos cultivos leñosos como una herramienta muy poderosa para capturar todo el potencial genético de combinaciones genéticas valiosas. En especies forestales, en

particular en las mediterráneas, esta posibilidad raramente se ha podido aplicar debido a la baja capacidad morfogénica de estas especies y la fuerte influencia de la maduración o cambio de fase.

En los últimos años la biotecnología forestal ha tenido un desarrollo espectacular. En particular las técnicas de regeneración clonal de plantas basadas en técnicas de cultivo *in vitro*, fundamentalmente vía embriogénesis somática, se están ya aplicando por muchas empresas privadas e instituciones públicas a nivel semi-operativo con diversas especies, para la conservación de material selecto y el establecimiento de ensayos clonales.

Nuestros grupos de trabajo están desarrollando protocolos de regeneración por embriogénesis somática en distintas especies forestales. En esta comunicación se presenta el estado actual de los conocimientos en dos especies típicamente mediterráneas, el alcornoque (*Quercus suber* L.) y el pino piñonero (*Pinus pinea* L.), destacando los principales cuellos de botella para su aplicación a gran escala.

¹ Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), Finca El Encín, Apdo. Postal 127, 28800 Alcalá de Henares, Madrid, España; e-mail: mariano.toribio@madrid.org;

²Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora; e-mail: zavattieri@uevora.pt

ABSTRACT

Breeding programs and activities of conservation of genetic resources of forest species are years behind the equivalents in agriculture. Forest resources have been traditionally considered as "mining supplies", in which extraction was the main object, leaving exclusively to natural regeneration the "labour" of maintenance of the stands. Nowadays, the necessary development of rural lands forces to a rational exploitation of resources to guarantee its sustainability. Because of that, the opinion that forest species can and must be "harvested" in specific areas is beginning to be spread.

Biological characteristics of forest species make them, sometimes, recalcitrant to the breeding and conservation techniques usually applied to agricultural species. Particularly, vegetative propagation has been highly used in woody harvests as an effective tool for achieving higher genetic gains, making use of the best genetic combinations. In forest species, especially the Mediterranean ones, this method of improvement has been hardly applied, due to the low morphogenetic ability and the great influence of maturation or phase change on this trait. Over the last few years, forest biotechnology has had a great development. Particularly, plant regeneration techniques based on *in vitro* tissue culture, mainly via somatic embryogenesis, are being used by different private firms and public institutions for the conservation of selected trees and for the establishment of clonal trials with different species.

Our research teams are developing protocols for the regeneration of different forest species via somatic embryogenesis. This work presents the actual state of knowledge in two typical Mediterranean species: cork oak (*Quercus suber* L.) and stone pine (*Pinus pinea* L.) highlighting the main bottle-necks for their application on a large scale.

INTRODUCCIÓN

En términos globales, debido al incremento previsto de la población mundial, así como al necesario aumento de la calidad de vida en áreas actualmente deprimidas, se espera un aumento considerable de la demanda de productos de la agricultura y de la silvicultura. Las proyecciones para el año 2010 indican que la industria forestal necesitará un 30% más de materias primas que en 1995, considerando incluso la creciente utilización de fibra reciclada. Hace 10 años más del 70% de la producción forestal venía de los bosques naturales y menos del 30% de plantaciones (Pâques, 1999). Sin embargo, ya en 1992 se empezaba a utilizar en Canadá, país en que la actividad forestal es una de las bases de su economía, un lema muy gráfico, "from mining to farming": pasar de considerar la producción forestal como una actividad minera, de simple extracción, a comenzar el cultivo de especies forestales, siguiendo las pautas aprendidas de la agricultura. Como consecuencia de la Conferencia de Río, se espera que la contribución de productos forestales procedente de los bosques naturales baje a menos del 30%, mientras que la contribución de las plantaciones y de las industrias de reciclado suba a más del 40 y 30% respectivamente (Pâques, 1999). Ello permitirá la conservación de la biodiversidad y de la variabilidad genética de especies forestales en los bosques naturales (que se deben aprovechar pero con otros criterios, fomentando también actividades de caza, ocio, culturales, etc.), y que la producción se lleve a cabo de forma intensiva en plantaciones expresamente diseñadas para ello. En estas plantaciones la mejora, genética (incluyendo la opción clonal) y silvícola ha de jugar un papel fundamental. El incremento de la producción que se puede lograr en dichas plantaciones será un freno a la presión antrópica sobre los bosques naturales.

En Europa, los excedentes de producción agraria llevaron hace ya unos años a la reforma de la Política Agraria Comunitaria (PAC) que instituía, entre otras medidas, un régimen de ayudas a la reforestación de tierras agrarias (Reglamento CEE 2080/92). Con base en estas medidas se inició tanto en España como en Portugal, entre 1994 y 1996, un ambicioso programa de reforestación, cuya primera fase se dio por concluida en 1999. El conjunto de los planes a desarrollar supuso la forestación de 400.930 ha con una inversión de 755 millones de euros en España (Ayuso & Méndez, 1999), y 139.047 ha invirtiendo 136 millones de euros en Portugal (Lopes & Pinto-Ribeiro, 1999). Una parte muy importante de dicha reforestación se llevó a cabo con especies mediterráneas de los géneros *Quercus* y *Pinus*. La experiencia acumulada en la ejecución de estos planes abrió grandes perspectivas para los años siguientes que se concretaron, en el caso de España, sobre la base de lo acordado en la Agenda 2000 y en un nuevo Programa Nacional de Forestación. Dicha experiencia debería haber contribuido a mejorar aspectos poco considerados en el periodo anterior, sobre todo el relacionado con una mayor atención a la calidad del material genético empleado (Mejías, 1999), pero sin embargo en este último aspecto se carece aún de mucho conocimiento. Así, se dispone de información sobre técnicas silvícolas para la implantación y cuidados de las especies utilizadas, pero se tiene una información muy escasa sobre los aspectos genéticos relacionados con las mismas. El desarrollo rural, particularmente en las regiones mediterráneas, obliga a cuidar y explotar adecuadamente sus recursos forestales, por lo que ha llegado el momento de empezar a considerar muchas de sus especies como un cultivo y tratarlas como tal en plantaciones, en las que la calidad y uniformidad sean de-

terminantes. Para su consecución la biotecnología puede jugar un papel fundamental.

APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA FORESTAL

“En la segunda mitad del siglo XX ha habido un desarrollo considerable de la Electrónica y de la Informática. El siglo XXI será testigo de la explosión de la Biotecnología”. Esta consideración, frecuentemente mencionada en círculos económicos, toma sus bases en los espectaculares desarrollos de los últimos años del siglo pasado, que culminaron con la publicación de la secuencia del genoma humano. La biotecnología es un campo de actuación con los seres vivos y sus productos que tiene muchas facetas y de la que se han dado múltiples definiciones, desde algunas muy amplias hasta otras demasiado utilitaristas. El-Kassaby (2004) propone la siguiente: “*el uso de organismos enteros o de porciones específicas de los mismos para proporcionar información cuantitativa y/o productos valiosos, que puede incluir el aislamiento y/o la manipulación de componentes genéticos específicos de dichos organismos*”. Con esta definición el autor pretende hacer ver que la biotecnología no es sólo la manipulación de los genomas de los seres vivos, aspecto que causa preocupación en la opinión pública, sino que también tiene otras posibilidades de gran interés. Sus herramientas permiten por una parte generar información para una mejor gestión de los recursos naturales (conservación y uso sostenible), y por otra parte producir plantas para utilizar con fines operativos en plantaciones con gestión genética y silvícola intensiva, las cuales serán la mejor defensa de los bosques naturales al satisfacer la presión de la demanda (Sutton, 2002). Una estrategia ibérica sobre los recursos genéticos forestales debería contem-

plar el papel de la Biotecnología para no perder el tren de otros países. Debido a la importancia de este ámbito, organismos internacionales como la FAO, que tienen grupos interdepartamentales sobre biotecnología y bioseguridad, en su programa regular sobre recursos genéticos forestales están tratando estos temas. Para ello se basan en las recomendaciones de un panel internacional de expertos que se lleva reuniendo cada 2-4 años desde 1968. En su última reunión celebrada a final de 2003, sobre la base de un documento de trabajo previo (El-Kassaby, 2004) este panel resaltó el papel a desempeñar por la FAO en la concienciación del potencial y limitaciones de la Biotecnología en el sector forestal, recomendando que continúe proporcionando información amplia y actualizada a los países y otras organizaciones internacionales sobre aspectos relacionados con el uso de estas tecnologías (FAO, 2004).

Biotecnologías y Aplicaciones

La Biotecnología Forestal sigue los pasos de la Biotecnología vegetal aplicada a la Agricultura. De los muchos congresos habidos en los últimos años sobre esta materia, así como de diversas revisiones (Campbell *et al.*, 2003) se pueden establecer diferentes divisiones en categorías tecnológicas de la Biotecnología Forestal, que varían según los autores (El-Kassaby, 2004). Como se ha mencionado anteriormente, se pueden apreciar dos grandes líneas en función de su aplicación: las categorías destinadas a obtener información sobre la variabilidad de los seres vivos y sobre sus procesos de crecimiento y desarrollo, basadas fundamentalmente en las técnicas de biología molecular, y las destinadas a producir plantas, nativas o modificadas, basadas en las técnicas del cultivo *in vitro*. En la primera línea se situarían

cuatro grandes categorías, en cada una de las cuales se podrían encontrar diferentes campos de aplicación: Marcadores, Genómica, Proteómica y Metabolómica. En la segunda línea tendríamos dos categorías básicas: Regeneración de Plantas y Modificación Genética. Entre todas estas categorías se establecen solapamientos, precisando en muchas ocasiones unas de otras. Asimismo, la aplicación de técnicas de cultivo de tejidos ha propiciado el desarrollo de la Crioconservación, como categoría adicional, de amplio uso en el sector agrícola. La embriogénesis somática, por su gran capacidad multiplicativa y por sus posibilidades de automatización, se está configurando como la vía principal para la regeneración clonal de plantas de especies forestales. En muchos países, tanto instituciones públicas como empresas privadas la están utilizando para el establecimiento de plantaciones operativas (como es el caso de la palma de aceite), o a nivel semioperativo para la conservación de genotipos selectos y la instalación de ensayos clonales (Celestino *et al.*, 2005a).

Situación en España

El número de grupos de trabajo implicados en España en este campo tan amplio y diverso es muy escaso y con poca masa crítica (Toribio & Celestino, 2000), aunque se encuentran en claro aumento. En los últimos años se han constituido redes temáticas para coordinar la actividad de estos grupos de investigación, fomentando las interrelaciones entre los mismos. Los grupos de investigación españoles que trabajan en el desarrollo de herramientas biotecnológicas, o usan de las herramientas de la biotecnología para diversas aplicaciones en el ámbito del uso y la conservación de recursos genéticos forestales, se encuentran mayoritariamente reflejados en las páginas web de dos redes. La primera, de ámbito más general, es GENFO-

RED (INIA, 2005). La segunda, que recoge un mayor número de grupos dedicados a la Biotecnología Forestal y en la que se disponen encuadrados en las diferentes categorías antes mencionadas, es la red “Genómica Funcional en especies de interés Forestal” (MEC, 2005). Recientemente se han empezado a promover nuevas formas de intercomunicación, ligadas al VI programa marco de la UE. Así por ejemplo, se está en proceso de creación de una “Plataforma Española de Genómica Vegetal” con el fin de conectar la comunidad científica con el sector empresarial y la Administración en el campo de la Genómica y la Biotecnología Vegetal en general. Asimismo, organizaciones empresariales del sector forestal como CONFEMADERA y ASPAPL han promovido la constitución del nodo español de la “Plataforma Forestal Europea” para potenciar el futuro de innovación y desarrollo tecnológico.

EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA EN ALCORNOQUE Y PINO PIÑONERO

El equipo de investigación del IMIDRA lleva años trabajando sobre embriogénesis somática en alcornoque (*Quercus suber* L.) y recientemente ha comenzado una colaboración con el equipo de la Universidad de Évora sobre el pino piñonero (*Pinus pinea* L.), dos especies forestales típicamente mediterráneas.

Las primeras respuestas de embriogénesis en alcornoque se observaron en cotiledones de embriones cigóticos (Toribio & Celestino, 1989). Años después se demostró la posibilidad de obtener embriones somáticos a partir de hojas de plantas jóvenes (Fernández-Guijarro *et al.*, 1991), determinándose las condiciones para su conversión en plantas (Fernández-Guijarro *et al.*, 1994). La multiplicación de embriones somáticos tiene

lugar mediante embriogénesis secundaria en medio sin reguladores de crecimiento, lo que genera un proceso recurrente prácticamente ilimitado en el tiempo (Fernández-Guijarro *et al.*, 1995). Estos embriones secundarios se generan fundamentalmente por medio de un proceso de gemación multicelular a partir de células superficiales de la caliptra, pero también se pueden observar embriones que se inician a partir de células únicas o de pequeños grupos celulares que se aíslan del tejido en proliferación (Puigderrajols *et al.*, 1996). Las técnicas de cultivo *in vitro* pueden generar variación somaclonal; sin embargo no se ha observado variación en el patrón de marcadores de ADN tipo RAPDs dentro de diferentes líneas embriogénicas de alcornoque (Gallego *et al.*, 1997). El resultado más importante ha sido la demostración de que es posible obtener embriones somáticos a partir de tejidos procedentes de árboles adultos, tanto en alcornoque como en encina (*Quercus ilex* L.) (Toribio *et al.*, 2000). Desde entonces se está logrando la regeneración a partir de hojas de alcornoques de distintas procedencias (Hernández *et al.*, 2001), e incluso de árboles selectos (Hernández *et al.*, 2003). Las líneas embriogénicas de alcornoque soportan bien la crioconservación, pudiéndose reactivar y regenerar plantas sin especiales dificultades (Valladares *et al.*, 2004). Asimismo los cultivos embriogénicos son un material ideal para aplicar técnicas de transformación genética (Álvarez *et al.*, 2004). Se ha establecido un ensayo en campo para comparar el comportamiento de las plantas procedentes de embrión somático frente a las de bellota, así como de las que proceden de inducciones en árboles adultos frente a las de inducciones en hojas de plantas jóvenes, a fin de verificar el supuesto rejuvenecimiento (Celestino *et al.*, 2005b).

Por tanto, la posibilidad de clonar genotipos selectos de alcornoque, bien para su

conservación o bien para establecer ensayos clonales a fin de obtener información sobre parámetros genéticos e influencia del ambiente sobre los caracteres de interés, es hoy en día una posibilidad real. Sin embargo quedan cuellos de botella si se trata de llevar esta técnica al terreno operativo. El más importante, de cara a poder establecer sistemas automatizados de producción, es lograr cultivos sincrónicos de embriones, en los que se pueda controlar de forma más efectiva el proceso de maduración. El fomento de la iniciación de embriogénesis secundaria por la vía unicelular, así como el cultivo en biorreactores de inmersión transitoria (TIS), son posibilidades muy atractivas (Jiménez *et al.*, 2005).

El pino piñonero es una especie muy recalcitrante a la propagación vegetativa. Presenta dificultades en el estaquillado y puede mostrar una influencia muy acusada del fenómeno de topófisis. Nunca se ha publicado un artículo sobre embriogénesis somática en esta especie. En nuestros equipos, colaborando con los Drs. Bonga, Klimaszewska y Park (Canadá), se ha logrado la inducción de masas pre-embriogénicas a partir de embriones cigóticos de familias selectas, procedentes de un huerto semillero clonal (Carneros *et al.*, 2005). En los cultivos de masas de embriones-suspensores, se han observado embriones con diferentes grados de diferenciación. Por el momento existen dificultades para el mantenimiento en crecimiento activo de estas líneas embriogénicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, R., Alonso, P., Cortizo, M., Celestino, C., Hernández, I., Toribio, M. & Ordás, R.J. 2004. Genetic transformation of selected mature cork oak (*Quercus suber* L.) trees. *Plant Cell Rep.* **23**: 218-223.
- Ayuso, J. & Méndez, P. 1999. Balance cualitativo y cuantitativo del programa de forestación de tierras agrarias en España. Reglamento (CEE) 2080/92 sobre medidas forestales en la agricultura. *Congreso sobre Forestación en las Dehesas*. Junta de Extremadura, Mérida, España.
- Campbell, M.M., Brunner, A.M., Jones, H.M. & Strauss, S.H. 2003. Forestry's fertile crescent: the application of Biotechnology to forest trees. *Plant Biotechnology Journal*, **1**: 141-154.
- Carneros, E., Zavattieri, A., Hernández, I., Toribio, M. & Celestino, C. 2005. Inducción de masas preembriogénicas en embriones cigóticos de pino piñonero. *Congreso Forestal Nacional, Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF)*, pp. 202. Zaragoza, España.
- Celestino, C., Hernández, I., Carneros, E., López-Vela, D. & Toribio, M. 2005a. La embriogénesis somática como elemento central de la biotecnología forestal. In I. Aranda, M.T. Cervera, M. Pardos (eds) *Ecophysiology: from genes to ecosystems. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. Fuera de serie*, pp. 345-357. INIA, Madrid, España.
- Celestino, C., Hernández, I., López-Vela, D., Carneros, E., Alegre, J., Fernández-Guijarro, B., Cardo, L. & Toribio, M. 2005b. First data from a field trial of *Quercus suber* plants regenerated from mature selected trees and from their half-sib progenies by somatic embryogenesis. *Acta Horticulturae* (en prensa).
- El-Kassaby, Y. 2004. Feasibility and proposed outline of a global review of forest biotechnology. Forest Genetic Resources Working Paper FGR/77E: Forest Resources Development Service, Forest Resources Division. Fao, Rome.
- FAO. 2004. Report of the 13th Session of the FAO Panel of Experts on Forest Genetic

- Resources. Rome, Italy. 10-12 November 2003. FO:FGR/13/Rep.
- Fernández-Guijarro, B., Celestino, C. & Toribio, M. 1991. Somatic embryogenesis in *Quercus suber* L. I.U.F.R.O. Working Party on Genetics of *Quercus* species. Arboretum National des Barres, France.
- Fernández-Guijarro, B., Celestino, C. & Toribio, M. 1994. Somatic embryogenesis in *Quercus suber* L. In J.A. Pardos, M.R. Ahuja, R. Elena-Rossello (eds) *Biotechnology of Trees. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. Fuera de Serie* n° 4, pp. 105-110. INIA, Madrid, España.
- Fernández-Guijarro, B., Celestino, C. & Toribio, M. 1995. Influence of external factors on secondary embryogenesis and germination in somatic embryos from leaves of *Quercus suber*. *Plant Cell, Tissue Org Cult*, **41**: 99-106.
- Gallego, F.J., Martínez, I., Celestino, C. & Toribio, M. 1997. Testing somaclonal variation using RAPDs in *Quercus suber* L. somatic embryos. *Int J. Plant Sci.*, **158**: 563-567.
- Hernández, I., Celestino, C., Alegre, J. & Toribio, M. 2003. Vegetative propagation of *Quercus suber* L. by somatic embryogenesis: II. Plant regeneration from selected cork oak trees. *Plant Cell Rep.*, **21**: 765-770.
- Hernández, I., Celestino, C., Martínez, I., Manjón, J.L., Díez, J., Fernández-Guijarro, B. & Toribio, M. 2001. Cloning mature cork oak (*Quercus suber* L.) trees by somatic embryogenesis. *Melhoramento*, **37**: 50-57.
- INIA. 2005. <http://www.inia.es/gcont/redes tem/centrosydep.jsp? idcentro=69&tema=relint>
- Jiménez J., Hernández, I., López-Vela, D., Toribio, M. & Alegre, J. 2005. Desarrollo de embriones somáticos de alcornoque en biorreactores de inmersión temporal. VI Reunión de la Sociedad Española de Cultivo In Vitro de Tejidos vegetales, pp. 38 Córdoba, España.
- Lopes, F.J. & Pinto-Ribeiro, J.R.D. 1999. Arborização de terras agrícolas em Portugal. Análise quantitativa e qualitativa (considerações breves). *Congreso sobre Forestación en las Dehesas*. Junta de Extremadura, Mérida, España.
- MEC. 2005 http://foto.difo.uah.es/forestgenomics_es/index_esp.html. Ministerio de Educación y Ciencia, España.
- Mejías, F. 1999. Balance del programa de forestación de tierras agrarias en Extremadura. *Congreso sobre Forestación en las Dehesas*. Junta de Extremadura, Mérida, España.
- Pâques, M. 1999. Industrial applications of forest biotechnology. In S. Espinel & E. Ritter (eds) *Proceedings of Application of Biotechnology to Forest Genetics Biofor'99*, pp. 525-526. Vitoria-Gasteiz, España.
- Puigderrajols, P., Fernández-Guijarro, B., Toribio, M. & Molinas, M. 1996. Origin and early development of secondary embryos in *Quercus suber* L. *Int J Plant Sci*, **157**: 674-684.
- Sutton, B. 2002. Commercial delivery of genetic improvement to conifer plantations using somatic embryogenesis. *Annals of Forest Science*, **59**: 657-661.
- Toribio, M. & Celestino, C. 1989. Cultivo in vitro del alcornoque. *Scientia Gerundensis*, **15**: 11-21.
- Toribio, M. & Celestino, C. 2000. El uso de la biotecnología en la conservación de recursos genéticos forestales. In L.A. Gil & R. Alía (eds) *Conservación de Recursos Genéticos Forestales. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. Fuera de Serie*, n° 2, pp. 249-260. INIA, Madrid, España.
- Toribio, M., Celestino, C., Gallego, J. & Martínez, I. 2000. Induction of somatic embryogenesis in tissues from mature

oak trees. In F.Ó. Ríordáin (eds) *Development of Integrated Systems for Large-scale Propagation of Elite Plants Using in Vitro Techniques*. EUR 19237, ISBN 92-828-8599-2, pp. 236-237. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Valladares, S., Toribio, M., Celestino, C. & Vieitez, A.M. 2004. Cryopreservation of embryogenic cultures from mature *Quercus suber* trees using vitrification. *CryoLetters*, **25**: 177-186.

Quantificação dos níveis endógenos de auxinas e da actividade enzimática das polifenoloxidasas em oliveira (*Olea europaea* L.)

Quantification of endogenous auxin levels and polyphenoloxidase enzymatic activity in olive (*Olea europaea* L.)

C. Serra¹, R. Antunes¹, H. Hegewald², C. Costa³, A. P. Pinto^{1,4} & A. Peixe⁴

RESUMO

A actividade enzimática de polifenoloxidasas foi avaliada em folhas e na zona apical, média e basal de ramos de duas cultivares de oliveira (*Olea europaea* L.), comuns no Alentejo ('Galega vulgar' e 'Cobrançosa'), mostrando que a actividade enzimática nas folhas foi muito superior à encontrada em tecidos de ramos do ano. Maior actividade enzimática foi também detectada na variedade 'Cobrançosa' versus 'Galega vulgar'. As condições óptimas para a determinação da actividade enzimática foram: pH= 5.5 e T= 40 °C, com 20 mM de 4-metilcatecol em tampão acetato. Nestas condições o K_M determinado foi: 2,60 e 3,48 mM com o método de Michaelis-Menten e Lineweaver-Burk, respectivamente.

A melhor recuperação das auxinas AIA (ácido indol-3-acético) e AIB (ácido indolbutírico) em material vegetal foi conseguida através da extracção das amostras com acetona. A separação, identificação e quantificação do AIA e AIB em padrões, material vegetal dopado (tecidos de oliveira dopados

com uma concentração conhecida de padrão) e não dopado, foi efectuada por técnicas cromatográficas (HPLC-DAD e LC-MS), mostrando os resultados taxas de recuperação superiores a 40% para o AIA e 60% para o AIB.

ABSTRACT

The polyphenoloxidase enzymatic activity was evaluated in two olive cultivars (*Olea europaea* L.) widespread in Alentejo ('Galega vulgar' and 'Cobrançosa'). Leaves and apical, medium and basal regions of the year stems were used as sample material.

When compared with the different regions of the year stem, the results have shown that enzymatic activity was significantly higher in the leaves of both cultivars. Between cultivars, it was observed that 'Cobrançosa' presented higher enzymatic activity than 'Galega vulgar'. The pH at 5.5 and 40 °C temperature, using 20 mM of 4-methylcatecol in acetate buffer were the optimized conditions for the enzymatic analy-

¹ Departamento de Química, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho nº 59, 7000 Évora; e-mail: app@uevora.pt; ²Lacrome Bairro do Bacelo, Rua César Batista, 6 D. 7000-715 Évora;

³Centro de Química de Évora, Universidade de Évora; ⁴Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM), Universidade de Évora

sis. Under these conditions, the measured K_M was 2,60 and 3,48 mM, using the Michaelis-Menten and the Lineweaver-Burk methods respectively.

The auxins IBA and IAA were removed from the plant material by an extraction with acetone. The separation, identification and quantification of IBA and IAA using vegetal plant material treated and non treated with exogenous auxins, was done by chromatographic techniques (HPLC-DAD and LC-MS). The sample preparation recoveries were higher than 40% for IAA, and higher than 60% for IBA.

INTRODUÇÃO

As propriedades das auxinas no enraizamento e a sua importância na propagação de plantas é reconhecida de há muito (Thiman & Went, 1934). Assim, a necessidade de aplicação de auxina exógena para induzir a formação de raízes em estacas tem sido descrita para muitas espécies e.g. sequóia (Berthon *et al.*, 1990), pinheiro (Greenwood & Weir, 1994), cipreste (Edson *et al.*, 1996), amendoeira (Caboni *et al.*, 1997) e eucalipto (Fett-Neto *et al.*, 2001).

Apesar das auxinas serem largamente utilizadas na indução do enraizamento, pouco se sabe sobre a sua acção específica ou a sua interacção com outros compostos endógenos. Alterações na actividade de enzimas, as quais regulam diferentes processos bioquímicos, bem como alterações nos níveis celulares de diferentes metabolitos (e.g. compostos fenólicos) durante o processo de enraizamento em estacas têm sido investigadas (Mato *et al.*, 1988; Das *et al.*, 1997; Druege *et al.*, 2000). Vários autores mostraram o envolvimento da peroxidase, AIA-oxidase e compostos fenólicos no processo de formação de raízes em estacas (Mayer,

1987; Gonzalez *et al.*, 1991; Caboni *et al.*, 1997; Gaspar *et al.*, 1997).

Actualmente o ácido indol-butírico (AIB) é a auxina mais utilizada para estimular o processo de enraizamento em estacas porque: i) tem elevada capacidade para promover a formação inicial de raízes (Weisman *et al.*, 1988) e ii) possui fraca toxicidade e grande estabilidade em comparação com o ácido α -naftalenoacético (ANA) e ácido indol-3-acético (AIA) (Hartmann *et al.*, 1990; Qaddoury & Amssa, 2004). Estes reguladores de crescimento ocorrem nos tecidos vegetais em concentrações muito baixas (ng g^{-1}), juntamente com outras substâncias com propriedades cromatográficas semelhantes, o que dificulta a sua determinação requerendo esta, uma extensiva purificação antes da sua quantificação final.

Com o objectivo de dosear os níveis de auxinas (AIA e AIB) em tecidos vegetais de duas cultivares de oliveira comuns no Alentejo ('Galega vulgar' e 'Cobrançosa'), foram realizadas extracções sólido-líquido e extracções líquido-líquido seguidas de separação, identificação e quantificação por HPLC-DAD e LC-MS sobre padrões, amostras vegetais dopadas e não dopadas. A selecção destas cultivares teve a ver com o seu comportamento antagónico relativamente à formação de raízes adventícias por estaca semi-lenhosa. Enquanto a cultivar 'Galega vulgar' se apresenta recalcitrante ao enraizamento por este processo, com taxas de formação de raízes adventícias que não ultrapassam em média os 10%, a cultivar 'Cobrançosa', tem mostrado facilidade de enraizamento, apresentando taxas superiores a 70%.

Para que em posteriores ensaios fosse possível estudar uma eventual correlação entre os níveis internos de auxinas e a actividade enzimática das polifenoloxidases, a evolução dos níveis de actividade destas enzimas oxidativas foi avaliada espectrofo-

tometricamente em folhas e na zona apical, média e basal de ramos do ano. Estas enzimas são capazes de promover a evolução da auxina livre para a sua forma conjugada, tornando-a assim activa ao nível dos processos fisiológicos que se desenvolvem na planta e entre os quais se conta a formação de raízes adventícias.

MATERIAL E MÉTODOS

Actividade enzimática de polifenoloxidasas

O material vegetal foi homogeneizado em azoto líquido e depois extraído com tampão acetato a pH 5,5 e 4 °C durante 1 hora. Após centrifugação a 15000g, durante 30 min a 4 °C, obteve-se o extracto bruto de enzima. A quantificação da proteína total no extracto foi efectuada de acordo com Bradford (1976). A actividade enzimática foi determinada segundo Dincer *et al.* (2002), usando como substrato o 4-metilcatecol e tendo-se efectuado leituras da absorvância a 490 nm durante 3 minutos. Para a determinação da constante de Michaelis-Menten analisou-se a velocidade de transformação do substrato para várias concentrações: 0,3; 0,6; 1,2; 2,5; 4,9; 9,8 e 19,6 mM. Em seguida construíram-se as curvas com o método clássico de Michaelis e Menten e com o método de Lineweaver-Burk, determinando-se os valores de K_M graficamente.

Separação, identificação e quantificação do AIA e AIB

A 0,5 g de material vegetal liofilizado foram adicionados 10 ml de solução de extracção - 80% (v/v) de acetona (ou metanol) numa solução aquosa de BHT (butylated hydroxytoluene) 100 mg L⁻¹ (Zin-Huang *et al.*, 1996; Souza *et al.*, 2003; Mori *et al.*, 2005). O uso de BHT serve para

impedir a degradação das auxinas durante o processo de extracção das amostras. Em seguida a mistura foi extraída a frio, no escuro e com agitação durante 1, 3 ou 5 horas e centrifugada durante 15 minutos. O sobrenadante recolhido foi evaporado no rotavapor à temperatura ambiente. Após secagem o resíduo foi recolhido em 5 ml de BHT 100 mg L⁻¹ e o pH da mistura acertado a 3 com HCl 1M. A mistura obtida foi posteriormente extraída com éter etílico (duas vezes), obtendo-se uma fase orgânica e uma fase aquosa. A fase orgânica foi então recolhida, evaporada e reconstituída em 400 µL de metanol e injectada no aparelho HPLC-DAD.

As condições de análise usadas foram: coluna ZORBAX Eclipse XDB-C₁₈; Fase Móvel - Água + 2,5% MeOH + 0,5% ácido fórmico (A) e MeOH (B); gradiente utilizado - 0 min., 80% A, 5 min., 70% A, 8 min., 60% A, 11 min., 50% A, 17 min., 25% A, 22 min., 10% A; fluxo - 1 mL min⁻¹; volume de injeção - 20 µL; detecção UV a 254 nm. Tempo final de análise = 24 min. Cada amostra foi injectada 2 vezes.

Para a extracção de padrões o material vegetal foi substituído por 500µL de solução padrão de AIA e AIB (320 ng µL⁻¹). Foram realizados 3 ensaios de extracção, quer sobre padrões quer sobre amostras vegetais dopadas com uma concentração de 400 ng µL⁻¹.

Para construir a recta de calibração foram utilizadas seis concentrações diferentes (quatro réplicas para cada) de AIA e AIB: 10; 20; 30; 40; 50 e 60 ng µL⁻¹. Cada solução foi injectada três vezes.

As condições cromatográficas do LC-ESI-MS foram idênticas às descritas para o HPLC-DAD. O aparelho usado foi um LCQ Advantage ThermoFinnigan equipado com uma fonte ESI e um detector de massa "ion trap". As condições do ESI-MS foram as

seguintes: ESI operado no modo positivo, temperatura do capilar, 350°C; voltagem da fonte, 4.5 kV; corrente da fonte, 40µA; voltagem do capilar, 5V, varrimento, m/z de 200-800.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Actividade enzimática de polifenoloxidas

O pH óptimo para a determinação da actividade enzimática das polifenoloxidas em tecidos de oliveira foi de 5,5. O estudo do efeito da temperatura mostrou que a actividade enzimática máxima da polifenoloxidase na presença de 4-metilcatecol foi de 40 °C (Figura 1). A utilização de temperaturas abaixo deste valor conduziu à diminuição da actividade da enzima enquanto temperaturas superiores diminuíram a sua actividade, provavelmente devido à desnaturação da enzima.

Os valores de K_M obtidos na presença de 4-metilcatecol foram: 2,60 e 3,48 mM com o método de Michaelis-Menten e Lineweaver-Burk, respectivamente. O valor de K_M é um parâmetro característico das enzimas e é importante para a determinação da concentração do substrato no ensaio enzimático.

A actividade específica ($U \times \text{min}^{-1} \mu\text{g}$ proteína⁻¹) nas folhas e ramos do ano da variedade 'Cobrançosa' *versus* 'Galega vulgar' é apresentada nas figuras 2 e 3.

Separação, identificação e quantificação das auxinas AIA e AIB

Na Figura 4 apresenta-se o cromatograma obtido na extracção de uma solução de padrões a 400 ng μL^{-1} . Na Figura 5 é apresentado o cromatograma do extracto de uma amostra vegetal dopada com 400 ng μL^{-1} de AIA e AIB. A identificação do AIA e AIB foi realizada com base em

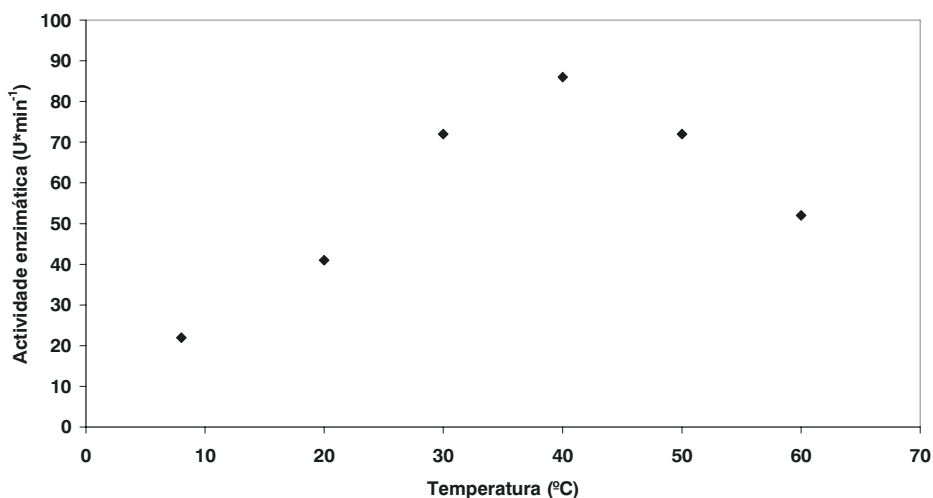


Figura 1 – Actividade enzimática ($U \times \text{min}^{-1}$) versus temperatura (°C).

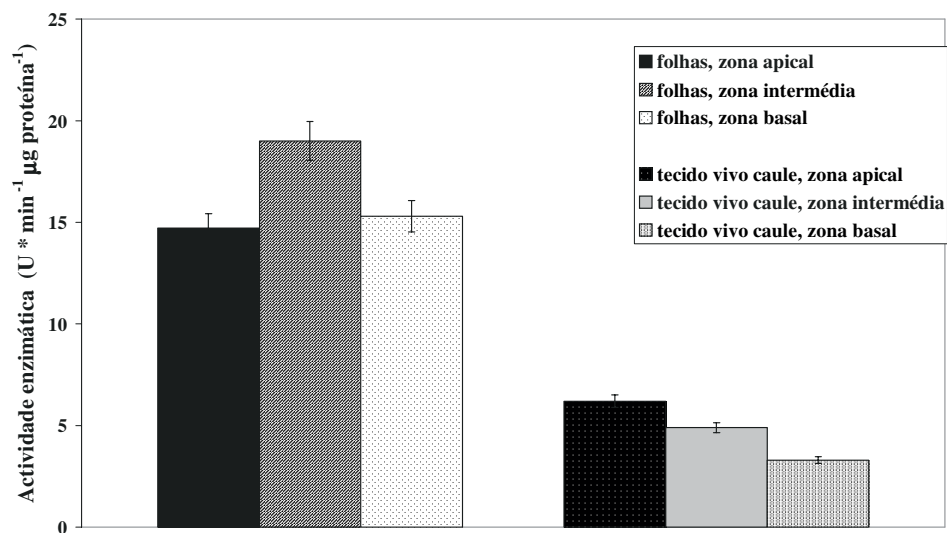


Figura 2 - Actividade específica (U × min⁻¹ μg proteína⁻¹) nas folhas e ramos do ano da variedade 'Cobrançosa'.

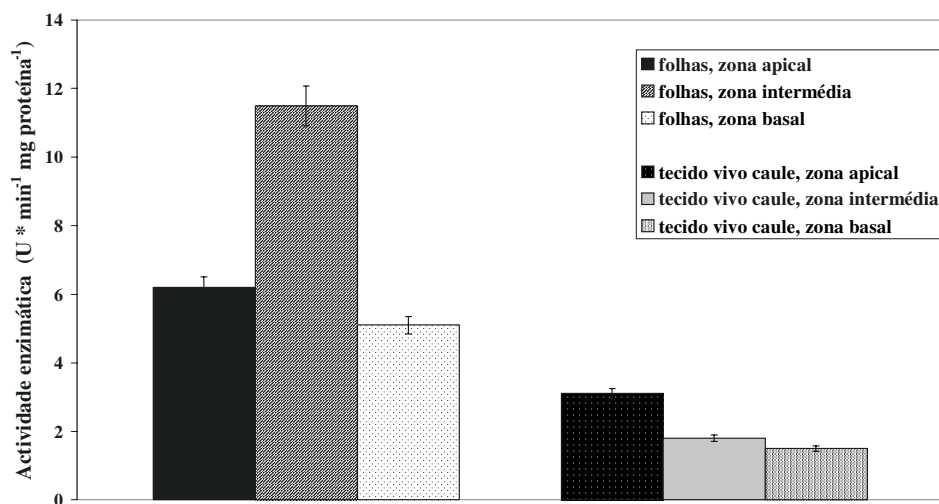


Figura 3 - Actividade específica (U × min⁻¹ μg proteína⁻¹) nas folhas e ramos do ano da variedade 'Galega vulgar'.

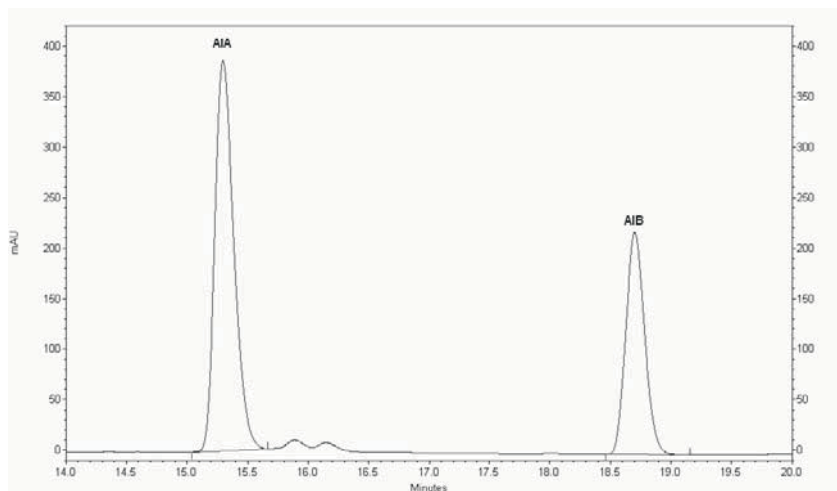


Figura 4 – Cromatograma obtido na extração de uma solução de padrões a $400 \text{ ng } \mu\text{l}^{-1}$ de AIA e AIB.

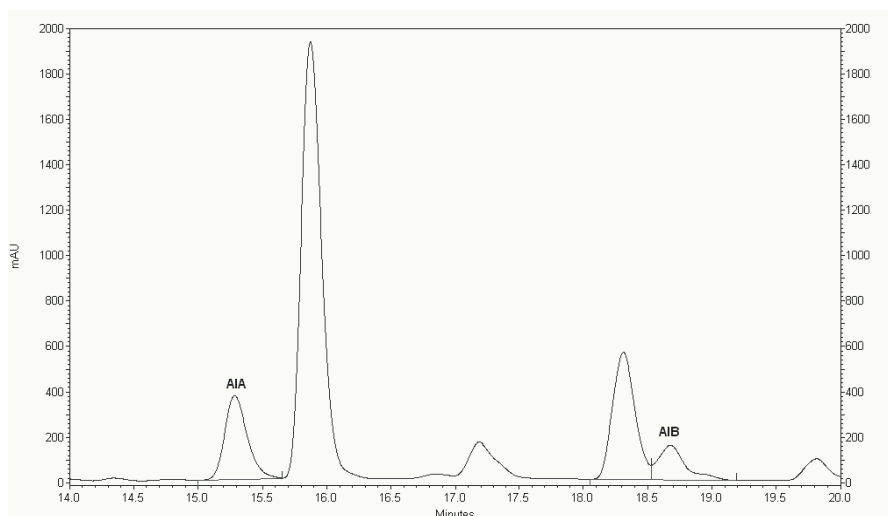


Figura 5 – Cromatograma obtido em amostras vegetais dopadas com $400 \text{ ng } \mu\text{l}^{-1}$ de AIA e AIB ao fim de 3 horas de extração.

estudos de co-eluição e no espectro de massa obtido por LC-ESI-MS. O AIB apresenta o pico $m/Z=204$, correspondente ao íon de massa molecular $[M+H]^+$ e o pico $m/Z=186$ que corresponde a $[M-H_2O+H]^+$. O AIA apresenta um pico

$m/Z=176$ correspondente ao íon de massa molecular $[M+H]^+$.

As taxas de recuperação obtidas para a extração de padrões são apresentadas no Quadro 1.

Da observação do Quadro 1, podemos concluir que o método de extracção desenvolvido apresentou boas taxas de recuperação para os analitos (AIA e AIB), podendo desta forma ser utilizado para o doseamento destes compostos em tecidos vegetais de oliveira.

QUADRO 1 - Taxas de recuperação (%) obtidas para a extracção de padrões a 400 ng μL^{-1}

	Amostra I	Amostra II	Amostra III
AIA	60.2	59.6	61.8
AIB	59.5	61.6	55.2

Foram efectuados estudos para optimizar o tempo de extracção das amostras vegetais, sendo os resultados apresentados no Quadro 2. Os valores apresentados são a média de três réplicas de amostras vegetais dopadas a 400 ng μL^{-1} .

Nos ensaios de extracção observaram-se diferenças significativas ($P < 0.05$, ANOVA factor único) para o AIA, nos vários tempos de extracção estudados (Quadro 2). Não foram no entanto encontradas diferenças significativas no estudo referente à extracção do AIB. O tempo de extracção considerado óptimo foi de 3 horas.

Em seguida foram efectuados ensaios para determinar taxas de recuperação dos analitos, ao fim de 3 horas de extracção, em amostras de oliveira dopadas com 400 ng μL^{-1} (Quadro 3).

Os valores apresentados para a concentração endógena são a média de três réplicas de amostras vegetais não dopadas. O cálculo da concentração endógena nos tecidos de oli-

veira foi efectuado recorrendo à recta de calibração para o AIA: $Y = 66977X$, ($R^2 = 0.9999$).

Os resultados obtidos neste estudo permitiram mostrar que a actividade enzimática das polifenoloxidasas nas folhas de oliveira foi aproximadamente três vezes mais alta do que a encontrada em tecidos de ramos do ano. Verificou-se ainda que, nestes ramos, a actividade das polifenoloxidasas diminuiu da zona apical para a zona basal dos mesmos. Níveis de actividade enzimática mais elevados nas zonas de produção de auxinas, como são os gomos e folhas jovens, já tinham sido observados por Szecskó *et al.* (2004), trabalhando com estacas lenhosas de ameixeira. Uma relação entre a actividade das polifenoloxidasas e o enraizamento adventício é referida por Gur *et al.* (1988). Estes autores observaram em porta-enxertos de macieira, que as diferenças na capacidade de enraizamento de estacas lenhosas, estavam directamente relacionadas com os níveis endógenos de florigizina, os quais, por sua vez, tinham uma relação directa com o nível de actividade das polifenoloxidasas. A apoiar esta interacção entre os níveis de actividade das polifenoloxidasas e o potencial de enraizamento, estão os valores por nós obtidos para as duas cultivares em estudo, com os níveis mais elevados da actividade das polifenoloxidasas a serem detectados na cultivar 'Cobrançosa', onde a formação de raízes adventícias ocorre naturalmente com maior facilidade. Estes resultados necessitam no entanto de posterior confirmação.

QUADRO 2 - Área dos picos (média $\pm$ desvio padrão) de AIA e AIB em função dos diferentes tempos de extracção

	1h	3h	5h
AIA	1897028 $\pm$ 711220 ^{a*}	25180198 $\pm$ 951475 ^{b*}	21148917.7 $\pm$ 3287485.1 ^a
AIB	2001140 $\pm$ 169611.6 ^a	2174709 $\pm$ 279338.9 ^a	1988664 $\pm$ 344126.2 ^a

Os valores seguidos pela mesma letra não são significativamente diferentes. ANOVA factor único. * ($P \leq 0.05$).

QUADRO 3 – Concentração endógena de auxinas e taxas de recuperação obtidas em tecidos vegetais de oliveira dopada com 400 ng μl^{-1}

	Concentração endógena ($\mu\text{g g}^{-1}$)*	Amostra dopada I	Amostra dopada II	Amostra dopada III
AIA	108.7 $\pm$ 14.7	42.0	41.6	47.0
AIB	nd	63.1	62.9	71.1

nd- não detectado; * g^{-1} de material vegetal liofilizado

Relativamente ao doseamento das auxinas em tecidos vegetais, o método de extracção (solvente e tempo de extracção), desenvolvido e otimizado com recurso a padrões, permitiu a separação e quantificação da auxina AIA endógena e a quantificação de AIA e AIB em amostras de oliveira dopada com taxas de recuperação superiores a 40% para o AIA e 60% para o AIB.

AGRADECIMENTOS

Trabalho desenvolvido no âmbito do projecto AGRO 683.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berthon, J. Y., Boyer, N. & Gaspar, T. 1990. Phenols as regulators and markers of root formation by shoots of *Sequoia-dendron giganteum* raised in vitro. *Arch. Intern. Physiol. Biochem.*, **98**: 28-36.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, **72**: 248-254.
- Caboni, E., Tonelli, M. G., Lauri, P., Iacovacci, P., Kervers, C., Damiano, C. & Gaspar, T. 1997. Biochemical aspects of almond microcuttings related to in vitro rooting ability. *Biologia Plant.*, **39**: 91-97.
- Dincer, B., Colak, A., Aydin, N., Kadioglu, A. & Güner, S. 2002. Characterization of polyphenoloxidase from medlar fruits (*Mespilus germanica* L., Rosaceae). *Food Chemistry*, **77**: 1-7.
- Das, P., Basak, U. C. & Das, A. B. 1997. Metabolic changes during rooting in pre-grilled stem cuttings and air layers of *Heritiera*. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **38**: 1-4.
- Druege, U., Zerche, K. R. & Ernst, M. 2000. Relationship between nitrogen status, carbohydrate distribution and subsequent rooting of *Chrysanthemum* cuttings as affected by nitrogen supply and cold-storage. *Ann. Bot.*, **85**: 687-701.
- Edson, J. L., David, L., Wenny, R., Kasten, D. R. & Leege-Brusven, A. 1996. propagation of Juniper from shoot tip cuttings. *Tree Plant. Notes*, **47**: 94-99.
- Fett-Neto, A. G., Fett, P. S., Goulart, L. W. V., Pasquali, G., Termignoni, R. R. & Ferreira, A. G. 2001. Distinct effect of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globules*. *Tree Physiol.*, **21**: 457-464.
- Gaspar, T., Kevers, C. & Hausman, J. F. 1997. Indissociable chief factors in the inductive phase of adventitious rooting. In A. Altman & Y. Waisel (eds) *Biology of Root Formation and Development*, pp. 55-63. Plenum Press, New York.
- Greenwood, M. S. & Weir, R. J. 1994. Genetic variation in rooting ability of loblolly pine cuttings: effects of auxin and family on rooting by hypocotyls cuttings. *Tree Physiol.*, **15**: 41-45.
- Gur, A., Gad, A.E. & Haas, E. 1988. Rooting of apple rootstock clones as related

- to phenols and their oxidation. *Acta Hort.*, **227**:160-166.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E. & Davies, J. R. 1990. *Plant Propagation Principle and Practices*. Prentice-Hall International, Eaglewood Cliffs Editions, NJ.
- Mato, M. C., Rua, M. L. & Ferro, E. 1988. Changes in levels of peroxidase and phenolics during root formation in *Vitis* cultured in vitro. *Physiol. Plant.*, **72**: 84-88.
- Mayer, A. M. 1987. Polyphenoloxidases in plant: recent progress. *Phytochemistry*, **26**: 11-20.
- Mori, Y., Takeshi, T. & Koshiba, T. 2005. Vigorous synthesis of indole-3-acetic acid in the apical very tip lead to a constant basipetal flow of the hormone in maize coleoptiles, *Plant Science*, **168**: 467-473.
- Qaddoury, A. & Amssa, M. 2004. Effect of exogenous indole butyric acid on root formation and peroxidase and indole-3-acetic acid oxidase activities and phenolic contents in date Palm offshoots. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **45**: 127-131.
- Souza, B. M., Kraus, J. E., Endres, L. & Mercier, H. 2003. Relationships between endogenous hormonal levels and axillary bud development of *Ananas comosus* nodal segments. *Plant Physiol. And Biochem.*, **41**: 733-739.
- Szecsó, V., Hrotkó, K. & Stefanovits-Bányai, É. 2004. Phenolic Compounds, Bud Dormancy, and Rooting Ability of Plum Hardwood Cuttings. *Acta Hort.*, **658**:679-687.
- Thiman, K. V. & Went, F. W. 1934. On the chemical nature of the root-forming hormone. *Proc. K. Ned. Acad. Wet. Ser. C Biol. Med. Sci.*, **37**: 456-459.
- Weisman, Z., Riov, J. & Epstein, E. 1988. Comparison of movement and metabolism of indole-3-acetic acid in mung bean cuttings. *Physiol. Plant.*, **74**: 556-560.
- Zin-Huang, L., I-Chau, H. & Ya-Wen P. 1996. Effect of naphthaleneacetic acid on endogenous indole-3-acetic acid, peroxidase and auxin oxidase in hypocotyls cuttings of soybean during root formation. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **37**: 247-253.

Caracterização do enraizamento da beterraba sacarina (*Beta vulgaris* L.) num solo de aluvião

Rooting pattern of sugar beet (*Beta vulgaris* L. var. *saccharifera*) in a soil from alluvium

C. M. Toureiro¹, F. C. Brasil², M. R. Oliveira¹ & R. P. Serralheiro¹

RESUMO

O conhecimento do padrão de enraizamento das culturas e sua evolução ao longo do ciclo cultural é importante para a gestão do uso da água e nutrientes do solo. A promoção de práticas de rega eficientes – como a condução da água de rega em tempo real numa determinada área – requer o conhecimento, para além de parâmetros meteorológicos e pedológicos, de parâmetros culturais, como duração dos estádios de desenvolvimento da cultura, coeficientes culturais, capacidade de aprofundamento radical, sensibilidade da cultura à deficiência hídrica, défice de gestão permissível e dos parâmetros que caracterizam as regas efectuadas durante a campanha (data e dotação de rega efectivamente aplicada e avaliação dos sistemas de rega utilizados).

O presente estudo teve como objectivo avaliar o desenvolvimento da cultura da beterraba, num solo de aluvião (A – Solos Incipientes, Aluviosolo Moderno não Calcário de Textura Mediana), do Perímetro de Rega do Divor, cujo cenário de gestão da água de rega utilizado foi a optimização do rendimento óptimo da cultura. No ensaio realizado com a cultura da beterraba, duran-

te a campanha de rega de 2004 (Primavera-Verão), utilizou-se o método do minirizotróo, com o qual é possível acompanhar as variações temporais e espaciais do desenvolvimento radical da cultura, permitindo uma caracterização do sistema radical como órgão dinâmico. Para além deste método procedeu-se à abertura de perfis, perpendicularmente à linha de cultura, até à profundidade de 50 cm. Em várias datas de observação durante o ciclo cultural, avaliou-se a capacidade de aprofundamento e peso do túberculo. Em complemento, avaliaram-se outros índices culturais tais como a duração dos estados fenológicos, o índice de área foliar (IAF), matéria verde da parte aérea e a produção total. Consideraram-se as seguintes épocas de observação: desenvolvimento vegetativo (0-69 dias após a sementeira (DAS); desenvolvimento vegetativo e formação do túberculo (69-166 DAS) e maturação (166-196 DAS).

Os resultados obtidos mostram o seguinte:

1) Relativamente aos parâmetros da parte aérea da cultura: os valores máximos relativos à massa verde e índice de área foliar ocorreram no período de 96-111 DAS, após o qual se registou um decréscimo acentuado dos valores, coincidindo com o início da se-

¹ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora; e-mail: cmct@uevora.pt; ²Bolseiro de doutoramento da CAPES, Brasil

nescência da parte aérea da cultura e o desenvolvimento rápido do tubérculo; e 2) Relativamente aos parâmetros radicais e tubérculo: a evolução da massa e da profundidade da localização do tubérculo foi crescente ao longo do ciclo, mais significativa a partir dos 96-111 DAS, atingindo os valores máximos de 2000 g e 40 cm, respectivamente, 196 DAS. Da análise sequencial das imagens obtidas com o minirizotróon, foi possível observar raízes finas ($\varnothing < 1$ mm) até 90 cm de profundidade, registrando-se os valores mais elevados de densidade radical a partir dos 96-111 DAS, na camada 70-80 cm de profundidade.

ABSTRACT

Knowledge of plant rooting patterns and their evolution during the crop season is important for the appropriate soil water and nutrients management. The implementation of efficient irrigation practices – such as the irrigation management in real time for a certain area – needs information on meteorological, soil and crop parameters: such as crop growth stage, crop coefficients, paths of rooting depth, crop sensitivity to water stress, allowable soil water deficit, etc. Also, the characteristics of irrigation events should also be known, normally irrigation amount, opportunity, and evaluation.

The objective of the present study is to evaluate a sugar beet crop growth including root growth pattern, on an Alluvial soil, under irrigation to give the crop the optimum water amount for maximum growth. The minirizotron method was used for monitoring root growth during crop season. Later on, trenches were opened for directly observing and measuring root development and pattern, up to 50 cm depth. Beet root depth and weight were evaluated at several points – growing stage from 0 to 69 days af-

ter seeding (DAS), yield formation from 69 to 166 DAS, and ripening from 166 to 196 DAS - and crop growth indices were also determined: leaf area index (LAI), and the duration of crop growing stages. Finally, biomass and grain production were evaluated.

Data obtained showed that: 1) Maximum values for biomass and LAI were observed at 96 to 111 days, the values decreasing afterwards, while leaf senescence and rapid root growth occurred; and 2) Mass and depth of the beet root was observed to increase throughout the crop cycle, but faster between 96 and 111 DAS, reaching 2000 g and 40 cm respectively at 196 DAS. Images obtained with the minirizotron showed that fine beet roots had grown down to 90 cm depth.

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

Para uma agricultura de regadio sustentável é essencial adoptar técnicas que permitam um melhor balanço entre a utilização dos recursos, a maximização da produção e a protecção ambiental. Com este sentido é essencial o desenvolvimento e implementação de um conjunto integrado de medidas de planeamento do uso da água, conservação e melhoramento do solo e de técnicas culturais adequadas, assentes na observação do comportamento das culturas.

Em termos ambientais, o conhecimento das características radicais das culturas representa um contributo importante para a modelação da eficácia da aplicação de nutrientes e de água às culturas e dos riscos para o ambiente, resultantes da lexiviação desses nutrientes, questões fundamentais para assegurar uma agricultura de regadio sustentável.

O presente estudo insere-se em duas linhas de trabalho: uma, que tem como

objectivo a elaboração de uma base de dados, com as características radicais consideradas mais importantes para a gestão do uso da água e nutrientes do solo, para as principais culturas regadas, sob diferentes condicionalismos edafo-climáticos e a outra, que tem como objectivo central o desenvolvimento e a experimentação de tecnologias de gestão da água em regadio, que permitam determinar em tempo real as necessidades hídricas das culturas, tendo como suporte os sistemas de informação geográfica e a detecção remota, consolidando conhecimentos e metodologias que possam servir de base a um sistema de gestão global da rega ao nível regional, como o Perímetro de Rega do Divor.

A promoção de práticas de rega eficientes requer o conhecimento de parâmetros de base: meteorológicos, pedológicos, e culturais. Entre estes últimos, os dados relativos aos aspectos eco-morfológicos dos sistemas radicais das culturas são relativamente escassos, quando comparados com o volume de trabalhos existentes sobre a parte aérea das plantas. No entanto, o seu conhecimento é de extrema importância, sendo os parâmetros radicais importantes indicadores do desenvolvimento das culturas, da aplicação de técnicas culturais e da gestão de recursos a implementar. Neste contexto, o presente estudo tem como objectivo principal a caracterização do crescimento e desenvolvimento da cultura da beterraba

num solo de Aluvião, regado por um sistema de aspersão fixo, dando especial atenção ao enraizamento da cultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da Parcela Experimental

O ensaio decorreu durante a campanha de rega de 2004 (Fev-Ago), numa parcela regada de um agricultor no Perímetro de Rega do Divor (38° 44' N, 7° 56' W, 309 m). A unidade pedológica que caracteriza a parcela experimental é um Aluviossolo Moderno, não Calcário de Textura Mediana (Cardoso, 1965), correspondente aos Fluvisols (FAO).

No Quadro 1 apresentam-se os dados relativos à caracterização pedológica da parcela experimental, nomeadamente análise granulométrica, densidade aparente e curvas de tensão-humidade. Estes dados foram obtidos por amostragem monolítica, com uma sonda pneumática, até à profundidade de 70 cm.

Da análise dos dados conclui-se que o perfil do solo apresenta uma textura predominantemente franco-argilo-arenosa, à excepção da camada 30 – 50 cm que apresenta uma textura franco-arenosa, com cerca de 70 % de areia grossa e apenas 8% de argila, o que se traduz numa capacidade utilizável reduzida nesta camada

QUADRO 1 – Caracterização pedológica da parcela experimental (0- 70 cm)

Camada	Análise Granulométrica (%)				pF		dap	CC	CE	CU
	A.Grossa	A.Fina	Limo	Argila	pF 2.0	pF 4.2	-----(% vol.)-----			
0-10	56,87	18,35	2,79	22,00	10,44	2,80	1,55	16,18	4,34	11,84
10-30	57,03	14,71	2,63	25,64	20,29	2,63	1,64	33,24	4,31	28,93
30-50	69,22	8,72	3,13	18,93	7,65	5,68	1,56	11,89	8,84	3,06
50-70	35,87	29,43	5,26	29,44	16,59	3,07	1,74	28,85	5,34	23,51

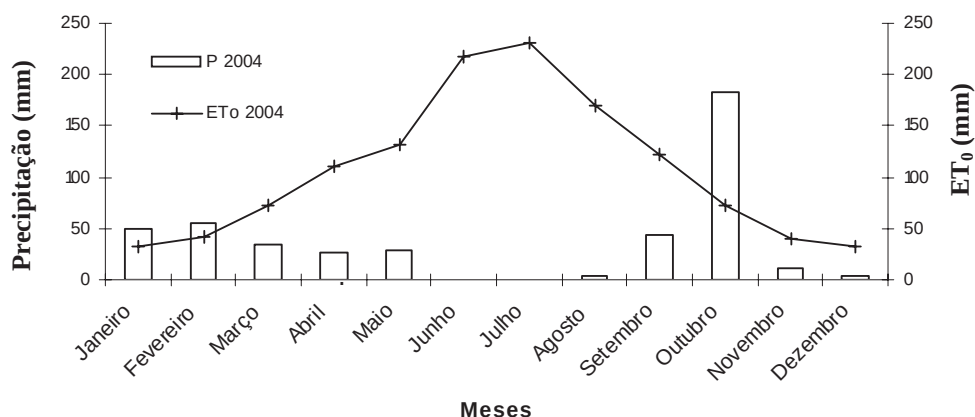


Figura 1 - Evolução dos valores da evapotranspiração de referência e da precipitação total em 2004 no Divor

do perfil do solo. A capacidade utilizável do perfil do solo da parcela experimental, até à profundidade de 70 cm, é cerca de 67 mm.

Relativamente às condições meteorológicos do local de ensaio, a Figura 1 mostra a evolução da evapotranspiração de referência mensal e da precipitação total mensal, registados na estação meteorológica do Perímetro de Rega do Divor.

Importa salientar que da precipitação total anual (442 mm), apenas 33% (148 mm) ocorreram durante o período do ensaio. Esta informação serviu base para o cálculo das necessidades hídricas da cultura, para aconselhamento ao regante.

Condução do ensaio

Os trabalhos experimentais decorreram numa parcela com cerca de 6 ha, regada por aspersão fixa. A cultura de beterraba sacarina (cv. Sherife), foi semeada no dia 17 de Fevereiro de 2004, com um espaçamento de 13 cm na linha e 50 cm na entrelinha, com uma densidade de sementeira de 110 000 plantas/ha.

Todas as operações culturais realizadas durante o ensaio seguiram o sistema tradicional da região. A preparação do solo para a sementeira constou de duas gradagens cruzadas, após as quais se procedeu à desinfestação do solo com um insecticida à base de carbofurão, aplicando-se 10 kg/ha na linha de sementeira. Em adubação de fundo foram aplicados 400 kg/ha de cloreto de potássio e 250 kg/ha de superfosfato de cálcio. Durante o ciclo cultural efectuaram-se duas adubações azotadas de cobertura, com adubo líquido (32 N), correspondente à aplicação de 80 kg/ha de azoto cada, a primeira no estado 4-6 folhas e a segunda no final da fase de crescimento vegetativo e início da formação do túberculo. Aplicaram-se ainda 5 kg/ha de borax. Durante o ciclo cultural foi ainda necessário realizar os seguintes tratamentos fitossanitários: uma monda química de pré-emergência com 1 kg/ha de Goltix e 0,5 kg/ha de Trammat 50, contra as infestantes monocotiledóneas e dicotiledóneas; em pós-emergência fizeram-se dois tratamentos com 1 litro/ha de Betanál e uma aplicação de 1,5 litros/ha de Fusilade. O controlo das infestantes contribui

indirectamente para a prevenção da doença cercosporiose, por serem hospedeiras do fungo *Cercospora beticola*.

O cenário de gestão da água utilizado teve como objectivo geral optimização do rendimento óptimo (maximização do lucro do agricultor). No cálculo das necessidades hídricas da cultura, para aconselhamento ao regante, seguiu-se a metodologia da FAO (Allen *et al*, 1998) tendo como base de cálculo os dados apresentados na Figura 1.

Na parcela regada foi seleccionada uma faixa com características homogéneas, com uma área de aproximadamente 5 000 m², onde foi instalado o ensaio, e sobre a qual, ao longo do ciclo cultural, incidiram as observações relativas aos seguintes parâmetros:

- Parâmetros hidrológicos: regas efectuadas e perfil hídrico do solo;
- Parâmetros da parte aérea da cultura: duração dos estados fenológicos (em DAS), índice de área foliar (IAF) e matéria verde da parte aérea;
- Parâmetros radicais e do tubérculo: capacidade de aprofundamento e peso do tubérculo, capacidade de aprofundamento e densidade de raízes finas no perfil do solo e produção final da cultura.

Relativamente às metodologias utilizadas:

- Para monitorizar o estado hídrico do solo durante a campanha de rega, recorreu-se a um sistema de sondas capacitivas - Sistema EnviroSCAN, tendo-se instalado duas sondas (dois pontos de controlo) ligadas a um *data logger* com registo permanente de informação. Cada sonda é composta por 4 sensores, instalados às seguintes profundidades: 10, 30, 50 e 70 cm.
- Para observação e registo dos parâmetros da parte aérea da cultura, recorreu-se à observação de campo, registo fotográfico e à amostragem de plantas

(recolha de 4 plantas em cada observação) com uma periodicidade de 10 a 12 dias, para posterior determinação em laboratório dos seguintes parâmetros: matéria verde da parte aérea e IAF. Para determinar o IAF da cultura efectuaram-se registos de comprimento x largura das folhas da planta e em simultâneo determinações com o medidor de área foliar - LICOR (*Model Li-3000*), a fim de se poder estimar uma curva de regressão linear para posterior determinação directa do IAF, a partir de registos de campo. A equação obtida para a cultura da Beterraba foi a seguinte:

$$y = 0,7319x + 0,0589,$$

com um coeficiente de determinação superior a 90% ($r^2=0,93$).

- Para observação e quantificação dos parâmetros associados ao tubérculo, recorreu-se à abertura de perfis perpendicularmente à linha de cultura (Figura 2), até à profundidade de 50 cm, em várias datas de observação durante o ciclo cultural, avaliando-se a capacidade de aprofundamento e peso do tubérculo (Figura 3). Para observar e quantificar a capacidade de aprofundamento e densidade de raízes finas no perfil do solo utilizou-se o método do minirrizotróo, com o qual é possível acompanhar as variações temporais e espaciais do desenvolvimento radical da cultura, permitindo uma caracterização do sistema radical como órgão dinâmico.

A Figura 2 ilustra a metodologia utilizada para avaliar os parâmetros associados ao tubérculo (abertura e lavagem do perfis perpendiculares à linha de cultura).

A Figura 3 ilustra os tubérculos recolhidos aos 69 DAS (desenvolvimento vegetativo) e 176 DAS (maturação fisiológica).



Figura 2 – Abertura e lavagem do perfil do solo até 50 cm de profundidade, aos 83 DAS para avaliar o desenvolvimento do túberculo

- A determinação da produção total da cultura (ton/ha e % de açúcar) esteve sob responsabilidade da DAI (Sociedade de Desenvolvimento Agro-Industrial S.A.), empresa responsável pela actividade de apoio técnico ao agricultor e pelo fabrico e comercialização de açúcar, bem como dos sub-produtos derivados da beterraba sacarina.

A quantificação das raízes finas, foi feita a intervalos de tempo de 10 dias, em simultâneo com a avaliação dos restantes parâmetros agronómicos.

Na avaliação dos parâmetros radicais utilizou-se o método do minirizotróon, tendo sido instalados três tubos de acesso em acrí-

lico transparente, com 1,5 m de comprimento e 5,2 cm de diâmetro interno. Os tubos foram instalados paralelamente à linha de cultura, a cerca de 8 cm desta, com uma inclinação de 45° relativamente à vertical, a fim de reduzir a probabilidade das raízes crescerem na interface do solo-tubo, metodologia semelhante à utilizada por Vamerali *et al* (2003), na cultura da beterraba.

A recolha das imagens foi feita com o auxílio de uma câmara de vídeo *BTC Minirhizotron Camera Systems* (Bartz Technology Corporation, 1999) a qual permite registar sequencialmente no tempo e em profundidade, o desenvolvimento radical da cultura. Com este equipamento, as avaliações



Figura 3 – Tubérculos recolhidos aos 69 DAS (desenvolvimento vegetativo) e 176 DAS (maturação)

cronológicas do sistema radical da cultura são asseguradas pelo auxílio de um indexador (*BTC/Smucker Indexing Handle System*) acoplado à câmara e fixado no tubo segundo um determinado ângulo de observação, garantindo o rigoroso controlo de posicionamento e da profundidade de inserção da câmara de vídeo (Ferguson & Smucker, 1989). No presente estudo, as imagens foram obtidas, nos três tubos de acesso, segundo um ângulo de observação da câmara vídeo de cerca de 50° com a vertical, direccionado para a linha de cultura e em sequência até à profundidade de 90 cm. O campo de visão da câmara corresponde a uma área de 243 mm² (18 x 13,5 mm). As imagens, quando visualizadas num monitor de 12'', são ampliadas 15x a partir da escala original, permitindo assim realçar determinados detalhes (Bartz Technology Corporation, 2000).

Cada observação foi registada numa base de dados de imagens, em formato .jpg, para posterior determinação da intensidade radica (cm/cm²), recorrendo-se a um software específico para análise de imagem – *Root Tracker 2.0* © Duke University – *Software for root image analysis* (Tremmel, 2003), compatível com o sistema de captação de imagens utilizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relativamente, à monitorização do estado hídrico do solo e condução do regime de regas efectuado na parcela experimental, durante a campanha de rega, verificou-se que:

- O teor de água do solo, durante o ensaio, permaneceu na zona da reserva facilmente utilizável, acima do défice de gestão permissível (limite do rendimento óptimo).

No que se refere à parte aérea da planta,

especialmente aos estádios de desenvolvimento da cultura observou-se que a emergência e estabelecimento da cultura ocorreu entre 0-35 DAS; o desenvolvimento vegetativo até 6/8 Folhas entre 35-59 DAS; o desenvolvimento vegetativo até 16 folhas entre os 59-78 DAS; o desenvolvimento vegetativo e formação do tubérculo aos 78-166 e a maturação aos 166-196 DAS.

Os parâmetros agronómicos, evolução de biomassa verde da parte aérea e IAF, ilustram-se na Figura 4.

Em termos de matéria verde da parte aérea e IAF, os valores máximos registaram-se aos 111 DAS (fase final do desenvolvimento vegetativo da cultura), decrescendo substancialmente após este período, momento a partir do qual se desencadeou a senescência da parte aérea e o rápido desenvolvimento do tubérculo.

A Figura 5, apresenta os valores da capacidade de aprofundamento e peso do tubérculo registados durante o ciclo da cultura. Verificou-se um aumento significativo do peso do tubérculo a partir da fase final do crescimento vegetativo da cultura (111 DAS) e o valor máximo, 2000 gr, foi observado no período 176-196 DAS, fase de plena maturação da cultura, seguindo-se uma estabilização no aumento do peso, mas um aumento significativo da concentração da taxa de açúcar no tubérculo.

Quanto à raiz principal do tubérculo, verificou-se uma evolução aproximadamente constante da taxa de crescimento em profundidade, durante todo o ciclo, com picos de crescimento na fase de desenvolvimento vegetativo rápido, até aos 69 DAS e, posteriormente, aos 96 DAS, na fase de início da formação do tubérculo. Relativamente à capacidade de aprofundamento da raiz principal do tubérculo vs estádios de desenvolvimento da cultura, verificou-se a seguinte sequência: 20 cm de profundidade na fase do desenvolvimento vegetativo rápido da

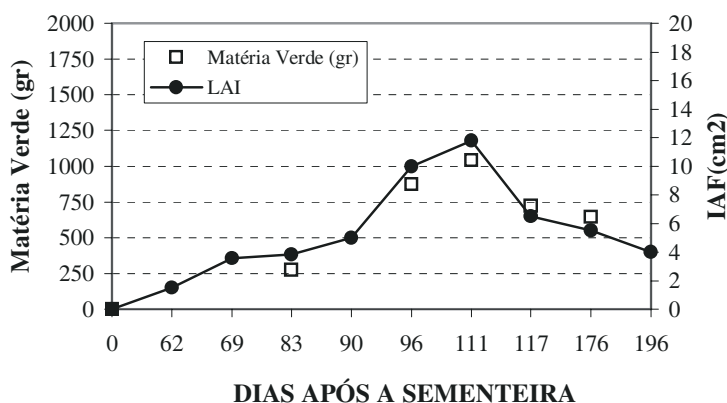


Figura 4 – Evolução matéria verde da parte aérea e índice de área foliar durante o ciclo cultural

cultura, 16 folhas (59-78 DAS); 32 cm de profundidade na fase final do crescimento vegetativo e formação do tubérculo (78-166 DAS), e 40 cm de profundidade na fase de maturação (176 DAS).

No que diz respeito às raízes finas (raízes $\varnothing < 1$ mm), os gráficos da Figura 6 mostram a evolução da intensidade radical da cultura, observada nos principais estádios de desenvolvimento.

A análise sequencial das imagens obtidas através do minirrizotróo, revela que:

- As raízes finas não foram além dos 50 cm de profundidade até ao final do crescimento vegetativo da cultura (96 DAS). A partir desta data verificou-se um aumento do crescimento em profundidade, até aos 90 cm. Nas imagens analisadas não foram observadas, raízes de diâmetro superior a 1 mm.
- O aprofundamento radical coincidiu com um acréscimo da densidade radical nas camadas profundas do perfil, a qual foi mais elevada (73 cm/cm^2) na fase de

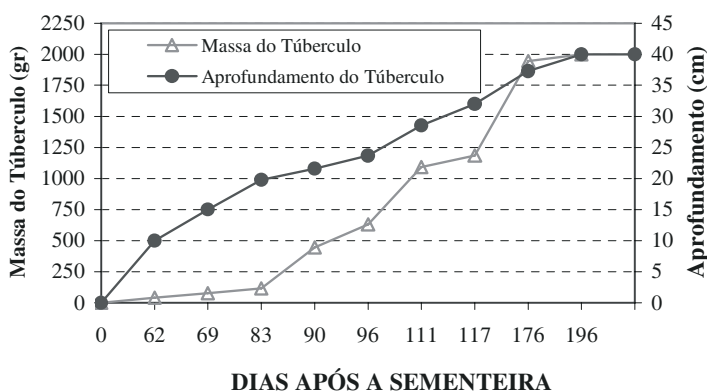


Figura 5 – Evolução massa do tubérculo e da capacidade de aprofundamento radical

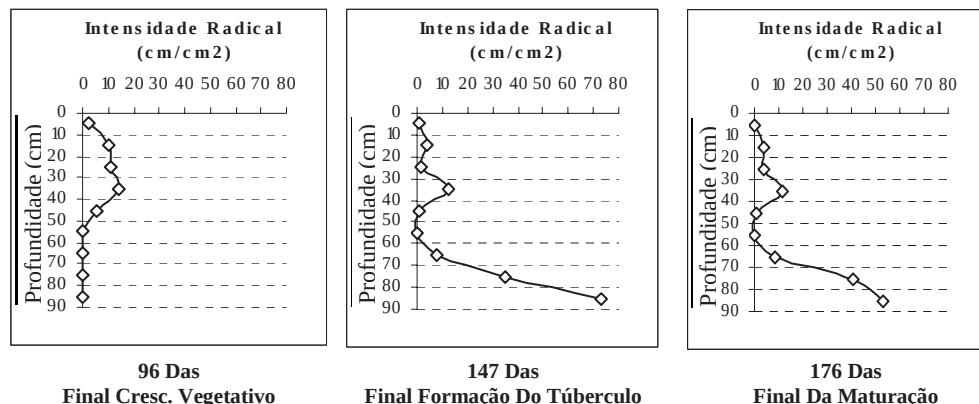


Figura 6 – Evolução da densidade radical nos principais estádios de desenvolvimento da cultura da beterraba

formação do tubérculo, seguida de um decréscimo até ao final da maturação, onde se registaram valores máximos da ordem de 53 cm/cm².

- Nos primeiros 30 cm do perfil a densidade radical foi mais elevada (13 cm/cm²) até aos 96 DAS. A partir desta data verifica-se um decréscimo da densidade radical nos primeiros, associado à eventual perda de actividade de algumas raízes finas nas camadas superiores do perfil do solo, à medida que a cultura evolui para a fase final da formação e maturação do tubérculo.

Na camada 40-60 cm de profundidade do perfil do solo observaram-se valores muito baixos de densidade radical. A justificação para este facto poderá estar associada às características pedológicas do perfil do solo nesta camada: cerca de 90% de areia e 6 a 7% de argila, traduzindo-se numa camada com capacidade de retenção de água baixa a muito baixa, onde a actividade radical da cultura é reduzida, estimulando o seu crescimento para camadas inferiores onde a capacidade utilizável apresenta valores superiores.

Relativamente ao rendimento da cultura, a produção total obtida foi de 58 ton/ha, com

15,5 % de polarização (% açúcar) (informação gentilmente fornecida pela DAI), valores que, de acordo com a FAO, representam um bom rendimento comercial da cultura.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo, comportamento da cultura e níveis de produção obtidos, permitem concluir que o sistema de gestão da água da rega seguido na cultura da beterraba sacarina tendo por base parâmetros agronómicos, nomeadamente os radicais, avaliados ao longo do ciclo da cultura, se mostrou eficiente. Assim, os parâmetros avaliados poderão, em condições edafoclimáticas semelhantes, servir de base à avaliação de tecnologias que permitam otimizar a gestão da água em regadio.

AGRADECIMENTOS

O estudo realizado foi possível com o apoio financeiro dos projectos de investigação POCTI AGR/2190/95/2001, AGRO 217 e PEDIZA 2002.64.002453.1.

Agradece-se ao empresário agrícola Sr. António Duarte Silva por ter colaborado na realização desta experimentação; e aos funcionários do Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Universidade de Évora, a ajuda na realização dos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. 1998. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO. Roma.
- Bartz Technology Corporation. 2000. *Operation Manual BTC Minirhizotron Camera Systems*. Santa Barbara, CA, EUA.
- Bartz Technology Corporation. 1999. *Vídeo System Design and Manufacture: Products and Services*. Santa Barbara CA, EUA. <http://www.bartztechnology.com/products.htm>.
- Cardoso, C. J. 1965. *Os Solos de Portugal, Sua Classificação, Caracterização e Génese*. S.E. Agricultura, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa.
- Ferguson, J. C. & Smucker, A. J. M. 1989. *Modifications of the minirhizotron video camea system form measuring spatial and temporal root dynamics*. *Soil Sci. Soc. Am. J. V.*, **53**:1601-1605.
- Tremmel, D. C. 2003. *Roottracker 2.0© - Software for Root Image Analysis*. Duke University.
- Vamerali, T., Ganis, A. Bona, S. & Mosca, G. 2003. *Fibrous root turnover and growth in sugar beet (*Beta vulgaris* var. *saccharifera*) as affected by nitrogen shortage*. *Plant and Soil*, **255**: 169-177.

Metabolitos secundários como fontes de bioherbicidas: situação actual e perspectivas

Secondary metabolites as sources of bioherbicides: present situation and perspectives

L.S. Dias¹ & A.S. Dias¹

RESUMO

Metabolitos secundários produzidos e libertados por plantas, bactérias e fungos estão envolvidos numa variedade de processos ecológicos, nomeadamente como semioquímicos e alelopatinos. Adicionalmente, e para além das suas possíveis funções ecológicas, muitos dos metabolitos secundários são fitotóxicos, constituindo uma fonte relativamente inexplorada de novos herbicidas.

Solanum nigrum (erva-moira) é uma infestante importante e muito bem sucedida num grande número de culturas, nomeadamente hortícolas e será usada como exemplo principal das utilizações actuais de aleloquímicos vegetais bem como das perspectivas de utilização deste tipo de compostos como bioherbicidas.

Nesse âmbito revêem-se as principais estratégias de pesquisa de bioherbicidas e apresenta-se o estado da arte dos modos de acção de aleloquímicos já comercializados como herbicidas (Bialaphos e PPT), patentados (AAL-toxina) e em investigação, quer produzidos por plantas superiores (sorgoleona e derivados do cineol) quer de origem bacteriana (hidantocidina) e fúngica (fumonisinas, coletotriquina).

ABSTRACT

Secondary metabolites produced and released by plants, bacteria, and fungi are involved in a number of ecological processes, namely as semiochemicals and allelopathins. In addition, and beside their possible ecological roles, a greater number of secondary metabolites are phytotoxic and represent a relatively unexplored source of new herbicides.

Solanum nigrum (black nightshade) is an important and successful weed in many crops, namely in horticulture, and will be used as a major example of actual and prospective uses of phytoallelochemicals as bioherbicides.

Therefore, the main strategies for bioherbicides search are reviewed and the state of art of the modes of action of allelochemicals is presented, including those already in use as herbicides (Bialaphos and PPT), patented (AAL-toxin), and under investigation, whether produced by plants (sorgoleone and cineol derivatives), bacteria (hydantocidin) or fungi (fumonisins and colletotrichin).

¹ Chemical Ecology Unit, Centro de Ecologia e Ambiente, Universidade de Évora, Ap. 94, 7002-554 Évora; e-mail: lsdias@uevora.pt

INTRODUÇÃO

Além dos metabolitos envolvidos em processos biológicos fundamentais, primários, as plantas, bactérias e fungos produzem um grande número de compostos, ditos secundários por não se lhes reconhecer qualquer função no metabolismo primário (Bell, 1981). Embora possam desempenhar funções importantes na regulação dos organismos que os produzem (Harborne, 1980; Mothes, 1980; Swain, 1977), é-lhes atribuído um papel importante sobretudo como semioquímicos (Barata *et al.*, 2002) e alelopatinos (Bais *et al.*, 2003).

A relevância ecológica dos metabolitos secundários não está em muitos casos demonstrada mas a sua fitotoxicidade está bem estabelecida, pelo que podem constituir uma fonte importante de novos herbicidas, quer para uso directo quer como modelos moleculares para a síntese de novos agroquímicos (Zimdahl, 1993).

Neste âmbito, apresentam-se as principais estratégias de pesquisa de bioherbicidas e perspectivas de aplicação usando como exemplo *Solanum nigrum* L. (erva-moira), uma infestante importante em muitos países, extremamente competitiva em muitas culturas na Península Ibérica (Holm *et al.*, 1977; Williams, 1982). Entre outras características que explicam o seu sucesso como infestante destaca-se a perda de sensibilidade a vários herbicidas após as 4-6 folhas (Bassett & Munro, 1985; Weller & Phipps, 1978/1979), com as triazinas, inibidoras do fotossistema II, a constituírem provavelmente os herbicidas mais efectivos para o controlo de *S. nigrum* (Weller & Phipps, 1978/1979). No entanto, resistência a triazinas foi registada em França em 1979 e desde então num número crescente de países e em 1999, na Malásia, também ao paraquat, activo no fotossistema I (Heap, 2005).

PESQUISA DE BIOHERBICIDAS

Um dos principais atractivos dos metabolitos secundários reside na possibilidade de conseguir novas moléculas para novos alvos moleculares, alternativos aos dos actuais herbicidas, resultando tanto mais atraentes quanto mais frequentes são as resistências a herbicidas (Duke *et al.*, 2000a,b).

Como exemplo, refira-se o caso da cinmetilina, um herbicida análogo aos monoterpénos naturais 1,4- e 1,8-cineol (eucaliptol) em que a cadeia lateral benzil-éter na posição 2 do 1,4-cineol aparentemente reduz a volatilidade da molécula tornando-a mais apropriada como herbicida (Romagni *et al.*, 2000). O modo de acção da cinmetilina ainda é dado como desconhecido (Heap, 2005) mas há evidências experimentais da cinmetilina ser um pro-herbicida que, por quebra da cadeia lateral, origina 2-hidroxi-1,4-cineol que actua ao nível da asparagina sintetase, que constitui assim um novo alvo metabólico (Romagni *et al.*, 2000).

A pesquisa de compostos do metabolismo secundário com actividade herbicida tem sido geralmente feita através da prospecção de grupos de espécies, cultivares ou acessões, seguida ou não pelo isolamento e identificação dos compostos activos.

Exemplos clássicos de prospecções incluem o estudo de mais de 500 acessões de pepino, com apenas três a inibirem de forma importante o crescimento de *Brassica hirta* e *Panicum miliaceum*, embora com efeitos inconsistentes em condições de campo que desapareciam por completo em períodos de elevada pluviosidade (Lockerman & Putnam, 1979; Putnam & Duke, 1974); a pesquisa de capacidade de produção de escopoletina em mais de 3 000 acessões de germoplasma de *Avena* sp., só com uma das quatro acessões com elevada produção de escopoletina a ter efeito no crescimento de *Brassica kaber* (Fay & Duke,

1977); a pesquisa da fitoactividade em *Helminthia echinoides* e *Alopecurus myosuroides* de 141 linhas de *Glycine max*, em que apenas duas linhas reduziam o crescimento da primeira espécie infestante e nenhuma o da segunda (Massantini *et al.*, 1977).

Mais recentemente, investigaram-se 19 arbustos e árvores com apenas duas espécies (*Lavandula stoechas* e *Cistus ladanifer*) fortemente inibitórias *in vitro* da germinação da infestante *Phalaris minor* sem afectar a de *Triticum aestivum*. No entanto, no solo não se observaram quaisquer efeitos na germinação, com as duas espécies a reduzirem o crescimento inicial de *P. minor* e *T. aestivum* (Dias *et al.*, 1995, 2004).

Finalmente, de referir a avaliação dos efeitos de extractos etanólicos de sementes e folhas de 49 espécies na germinação da infestante *Amaranthus spinosus*, seguida pelo fraccionamento do extracto mais potente, identificação e bioensaio da sua fracção mais inibitória. O princípio activo da fracção mais inibitória, 1,3,7-trimetilxantina, inibiu completamente a germinação de *A. spinosus* a 1 200 mg l⁻¹ sem afectar a germinação de *Phaseolus mungo*. Nesta concentração não houve efeitos apreciáveis na actividade da amilase e nitrato redutase, crescimento e produção de *P. mungo*, mas doses sub-letais para a germinação de *A. spinosus* reduziam a actividade da amilase em cerca de 30% mesmo na presença de GA₃ (Rizvi & Rizvi, 1992).

São claras as insuficiências desta estratégia pelo reduzido número de resultados promissores e perda ou redução da actividade no solo. De forma mais aproximada à pesquisa clássica de herbicidas têm-se também realizado prospecções de compostos, seguida de optimização estrutural de compostos seleccionados, caso de estudos da relação estrutura-actividade de heliananos extraídos de *Helianthus annuus* (Macías *et al.*, 2004).

Metabolitos produzidos por bactérias (hidantocidina e fosfinotricina)

A hidantocidina foi identificada em culturas de *Streptomyces hygroscopicus* SANK 63584 no âmbito de uma prospecção de novos compostos herbicidas em micróbios. Com uma estrutura única, possui uma ligação espirano entre os grupos ribose e hidantoina, não apresentando qualquer actividade a 1 mg ml⁻¹ em mais de 30 espécies de bactérias, leveduras e fungos. No entanto, provocou lesões em 80-100% da área de caules e folhas de infestantes anuais e perenes após 14 dias de aplicação a 5 000 ppm a plântulas envasadas crescendo em estufa, com *S. nigrum* a revelar-se uma das espécies mais sensíveis com 95-100% de área lesionada (Nakajima *et al.*, 1991). A hidantocidina é um pro-herbicida que após fosforilação mimetiza o inositol-monofosfato substrato da adenilsuccinato sintetase (Duke *et al.* 2000b). Apesar da preocupação em patentear-la (Harrington & Junk, 1994, 1996), riscos toxicológicos da sua acção na síntese de ácidos nucleicos poderão ter reduzido fortemente o seu interesse comercial (Duke *et al.*, 2000a,b).

S. nigrum demonstrou a mesma sensibilidade à hidantocidina que ao glifosato e bialaphos (Nakajima *et al.*, 1991), que actuam respectivamente na EPSP sintase e glutamina sintetase (Heap, 2005). O bialaphos é constituído pela fosfinotricina (PPT), um aminoácido análogo ao ácido L-glutâmico, ligado a dois grupos L-alanil. Isolado de *Streptomyces viridochromogenes* e *S. hygroscopicus*, a PPT foi o primeiro aminoácido natural em que se encontrou um grupo fosfínico. Igualmente um pro-herbicida, o bialaphos é rapidamente hidrolisado em tecidos vegetais por peptidases, libertando a PPT, esta sim fortemente inibidora da actividade da glutamina sintetase (Abbas & Duke, 1995; Hoagland, 2001). De

referir ainda o glufosinato, sal amoniaco sintético da PPT (Hoagland, 2001), não havendo até à data registos de resistência ao bialaphos e glufosinato, derivados da PPT e únicos a actuar na glutamina sintetase (Heap, 2005).

Metabolitos produzidos por fungos (coletotriquina, fumonisinas e AAL-toxina)

A coletotriquina é uma γ -tirona norditerpénica produzido por espécies do género *Colletotrichum*, que provoca lesões oxidativas em membranas de várias espécies de *Solanum* por meios não directamente relacionados com a fotossíntese, fotobranqueamento, respiração, actividade de ATPases ou manutenção de gradientes protónicos. Adicionalmente parece haver uma interacção de efeitos de tipo sinérgico com a atrazina, embora a acção dos dois compostos não ocorra nos mesmos locais (Duke *et al.*, 1992).

As fumonisinas e a AAL-toxina são micotoxinas originalmente isoladas de, respectivamente, *Fusarium moliniforme* e *Alternaria alternata* f.sp. *lycopersici*. São alquilaminas hidroxiladas de cadeia longa com duas (fumonisinas) ou uma (AAL-toxina) unidade de ácido carboxílico (Abbas *et al.*, 1993, 1995). A fumonisina B₁ aplicada em gotículas na superfície foliar de *S. nigrum* provocou necroses, inibição de crescimento e morte. No entanto, a sua translocação é reduzida e só ocorre quando aplicada a locais danificados, sugerindo que a fumonisina B₁ tem mobilidade xilémica (Abbas *et al.*, 1999).

No âmbito de uma prospecção de *A. alternata* a AAL-toxina revelou-se como o único composto capaz de afectar *Datura stramonium* tendo sido escolhida para experiências de dose-resposta também em *S. nigrum*. Autólise e manchas necróticas ocorriam nas duas páginas das folhas, com

efeitos em *S. nigrum* a concentrações de AAL-toxina tão baixas como 0.01 $\mu\text{g ml}^{-1}$ (menos de um terço de folha autolisada) e mais de metade da folha autolisada a 1.56 $\mu\text{g ml}^{-1}$ (Abbas *et al.*, 1991, 1992, 1993). A AAL-toxina e outras bases esfingóides revelaram-se efectivas na fuga de electrólitos e perda de clorofila em concentrações da ordem dos 20-40 nM. Estudos ultra-estruturais dos efeitos da AAL-toxina em *S. nigrum* revelaram alterações morfológicas nos grana e total desaparecimento de alguns invólucros de cloroplastos após 30 horas. Após 36 horas só as paredes celulares, grãos de amido e grana ainda organizado eram identificáveis. Após 48 horas não havia organelos intactos, só resíduos membranares. Concluiu-se que a AAL-toxina provoca a ruptura do metabolismo dos esfingolípidos conduzindo à morte celular, avançando-se a hipótese dos aumentos da fitosfingosina e esfinganina resultarem da competição da AAL-toxina com a esfingosina e esfinganina N-acil transferase. De forma consistente com os efeitos ultra-estruturais, observaram-se em discos foliares de *S. nigrum* tratados com AAL-toxina aumentos das fugas de electrólitos sob luz e escuro e perdas de clorofila só sob luz contínua bem como fotobranqueamento sob luz contínua. Tratamentos com AAL-toxina também aumentam os níveis de esfingosina e esfinganina até às 24 horas estabilizando após 48 horas. A sua acumulação, consistente com a inibição da ceramida sintetase, ocorre antes de efeitos ultra-estruturais e fuga de electrólitos, sugerindo que a inibição do metabolismo de esfingolípidos poderia ser responsável pela perda da integridade membranar. No entanto, a dependência da luz do fotobranqueamento mas não da fuga de electrólitos sugere que a perda de clorofila é um processo mais complexo que não depende exclusivamente da integridade membranar (Abbas *et al.*, 1995, 1998b).

A utilização da AAL-toxina, já patenteada (Abbas & Boyette, 1993), fumonisinas, com efeitos muito semelhantes (Abbas & Boyette, 1992; Abbas *et al.*, 1991) e outros inibidores da ceramida sintetase como a australi-fungina (Abbas *et al.*, 1998a), para controlar *S. nigrum* e outras infestantes terá que ter em consideração a elevada cito-toxicidade e potencial carcinogénico destes compostos (Abbas *et al.*, 1998a,b; Gelderblom *et al.*, 1992).

Metabolitos produzidos por plantas (sorgoleona)

A sorgoleona é uma *p*-benzoquinona substituída que constitui a maior parte dos exsudados radiculares de sorgo. Extremamente hidrofóbica, a sorgoleona resulta da auto-oxidação natural de di-hidroquinonas relacionadas e muito instáveis (Einhellig & Souza, 1992; Gonzalez *et al.*, 1997; Rimando *et al.*, 1998). Fitoactiva a muito baixas concentrações, da ordem dos 10 μ M (Czarnota *et al.*, 2001; Einhellig & Souza, 1992; Hejl & Koster, 2004), inibe fortemente a respiração mitocondrial bloqueando o fluxo de electrões no complexo citocrómico *b-c*₁ (Rasmussen *et al.*, 1992) bem como o transporte de electrões por competição com a plastoquinona pelo nicho Q_B do fotossistema II (Czarnota *et al.*, 2001; Gonzalez *et al.*, 1997; Rimando *et al.*, 1998). A actividade da sorgoleona no fotossistema II é similar à de herbicidas como o diuron, atrazina e metribuzina (Nimbal *et al.*, 1996) mas em geral não há interacção entre os efeitos da sorgoleona e o de inibidores sintéticos do fotossistema II ou a interacção não se ajusta ao modelo aditivo e, portanto, poderão ocorrer modos de acção diferentes no nicho de ligação Q_B (Streibig *et al.*, 1999).

A sorgoleona também inibe fortemente a *p*-hidroxifenilpiruvato dioxigenase, interrompendo a síntese de carotenóides, que

constitui um alvo recente de acção para herbicidas como a sulcotriona e mesotriona (Meazza *et al.*, 2002), para os quais ainda não se registaram casos de resistência (Heap, 2005).

No entanto, a sorgoleona fornecida em solução nutritiva não afectou a fotossíntese, levantando dúvidas substanciais sobre a sua real translocação para tilacóides depois de ser tomada por raízes (Hejl & Koster, 2004). Em contrapartida, em *Solanum* sp. aplicações foliares pós-emergência de sorgoleona dissolvida em água com acetona a 0.6 Kg ai/ha afectou o crescimento da parte aérea e provocou clorose severa seguida de necrose semelhante à produzida pela atrazina e diuron (Czarnota *et al.*, 2001).

PERSPECTIVAS

A pesquisa de metabolitos secundários como fonte de bioherbicidas além de eventuais vantagens ambientais, tem como principal atractivo a possibilidade de aumentar o número ainda relativamente reduzido de locais de acção de herbicidas. Nesse sentido, as pequenas quantidades produzidas naturalmente por plantas sugerem que a reorientação da pesquisa para bactérias e fungos que se tem verificado nos últimos anos poderá ser um passo importante. Adicionalmente, são de considerar alternativas à sequência habitual bioensaio-identificação já que, com frequência, estes estudos conduzem a compostos com actividade já conhecida. Nesse sentido foi recentemente proposta uma abordagem alternativa, em grande parte dependente da existência de bases de dados de bioactividade permanentemente actualizadas, em que o primeiro passo é a elucidação estrutural recorrendo a combinações de cromatografia gasosa e líquida com espectrometria de massa e de cromatografia líquida com ressonância

magnética nuclear, com os bioensaios de fitoactividade a serem realizados só em moléculas novas ou de actividade ainda desconhecida (Duke *et al.*, 2000a).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, H.K. & Boyette, C.D. 1992. Phytotoxicity of fumonisin B₁ on weed and crop species. *Weed Technology*, **6**: 548-552.
- Abbas, H.K. & Boyette, C.D. 1993. Biological control of weeds using AAL-toxin. United States Patent Number 5,256,628, dated October 26, 1993.
- Abbas, H.K. & Duke, S.O. 1995. Phytotoxins from plant pathogens as potential herbicides. *Journal of Toxicology – Toxin Reviews*, **14**: 523-543.
- Abbas, H.K., Boyette, C.D., Hoagland, R.E. & Vesonder, R. F. 1991. Bioherbicidal potential of *Fusarium moliniforme* and its phytotoxin, fumonisin. *Weed Science*, **39**: 673-677.
- Abbas, H.K., Smeda, R.J., Gerwick, B.C. & Shier, W.T. 1999. Fumonisin B₁ from the fungus *Fusarium moliniforme* causes contact toxicity to plants: evidence from studies with biosynthetically labelled toxin. *Journal of Natural Toxins*, **8**: 405-420.
- Abbas, H.K., Vesonder, R.F., Boyette, C.D. & Peterson, S. W. 1993. Phytotoxicity of AAL-toxin and other compounds produced by *Alternaria alternata* to jimsonweed (*Datura stramonium*). *Canadian Journal of Botany*, **71**: 155-160.
- Abbas, H.K., Duke, S.O., Merrill Jr, A.H., Wang, E. & Shier, W.T. 1998a. Phytotoxicity of australli-fungin, AAL-toxins and fumonisin B₁ to *Lemna paucicostata*. *Phytochemistry*, **47**: 1509-1514.
- Abbas, H.K., Duke, S.O., Paul, R.N., Riley, R.T. & Tanaka, T. 1995. AAL-toxin, a potent natural herbicide which disrupts sphingolipid metabolism of plants. *Pesticide Science*, **43**: 181-187.
- Abbas, H.K., Paul, R.N., Riley, P.T., Tanaka, T. & Shier, W.T. 1998b. Ultrastructural effects of AAL-toxin T_A from the fungus *Alternaria alternata* on black nightshade (*Solanum nigrum* L.) leaf discs and correlation with measures of toxicity. *Toxicon*, **36**: 1821-1832.
- Bais, H.P., Vepachedu, R., Gilroy, S., Callaway, R.M. & Vivanco, J.M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions. *Science*, **301**: 1377-1380.
- Barata, E.N., Mustaparta, H., Pickett, J.A., Wadhams, L.J. & Araujo, J. 2002. Encoding of host and non-host plant odours by receptor neurones in the eucalyptus woodborer, *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Comparative Physiology A*, **188**: 121-133.
- Bassett, I.J. & Munro, D.B. 1985. The biology of Canadian weeds. 67. *Solanum ptycanthum* Dun., *S. nigrum* L. and *S. sarrachoides* Sendt. *Canadian Journal of Plant Sciences*, **65**: 401-414.
- Bell, E.A. 1981. The physiological role(s) of secondary (natural) products. In E. E. Conn (ed) *Secondary Plant Products*, pp. 1-19. Academic Press, New York, USA.
- Czarnota, M.A., Paul, R.N., Dayan, F.E., Nimbal, C.I. & Weston, L.E. 2001. Mode of action, localization of production, chemical nature, and activity of sorgoleone: a potent PSII inhibitor in *Sorghum* spp. root exudates. *Weed Technology*, **15**: 813-825.
- Dias, A.S., Dias, L.S., Pereira, I.P. 2004. Activity of water extracts of *Cistus ladanifer* and *Lavandula stoechas* in soil on germination and early growth of wheat and *Phalaris minor*. *Allelopathy*

- Journal*, **14**: 59-64.
- Dias, L.S., Pereira, I.P. & Dias, A.S. 1995. Evaluation of mediterranean type vegetation for weedicide activity. *Allelopathy Journal*, **2**: 197-204.
- Duke, S.O., Dayan, F.E. & Rimando, A.M. 2000a. Natural products and herbicide discovery. In A. H. Cobb & R. C. Kirkwood (eds) *Herbicides and their Mechanisms of Action*, pp. 105-133. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Duke, S.O., Dayan, F.E., Romagni, J.G. & Rimando, A.M. 2000b. Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. *Weed Research*, **40**: 99-111.
- Duke, S.O., Gohbara, M., Paul, R. N. & Duke, M. V. 1992. Colletotrichin causes rapid membrane damage to plant cells. *Journal of Phytopathology*, **134**: 289-305.
- Einhellig, F.A. & Souza, I.F. 1992. Phytotoxicity of sorgoleone found in grain sorghum root exudates. *Journal of Chemical Ecology*, **18**: 1-11.
- Fay, P.K. & Duke, W.B. 1977. An assessment of allelopathic potential in *Avena* germplasm. *Weed Science*, **25**: 224-228.
- Gelderblom, W.C.A., Semple, E., Marasas, W. F. O. & Farber, E. 1992. The cancer-initiating potential of the fumonisin B mycotoxins. *Carcinogenesis*, **13**: 433-437.
- Gonzalez, V.M., Kazimir, J., Nimbal, C., Weston, L.A. & Cheniae, G.M. 1997. Inhibition of photosystem II electron transfer reaction by the natural product sorgoleone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**: 1415-1421.
- Harborne, J.B. 1980. Plant phenolics. In E. A. Bell & B. V. Charlwood (eds) *Secondary Plant Products*, pp. 329-402, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Harrington, P.M. & Junk, M.E. 1994. Process for the preparation of (+)-hydantocidin and analogs thereof. United States Patent Number 5,354,868 dated October 11, 1994.
- Harrington, P.M. & Junk, M.E. 1996. Process and intermediates for the preparation of (+)-hydantocidin and analogs thereof. United States Patent Number 5,543,510 dated August 6, 1996.
- Heap, I. 2005. *The International Survey of Herbicide Resistant Weeds*. Online. Internet. November 10, 2005. Available www.weedscience.com.
- Hejl, A.M. & Koster, K.L. 2004. The allelochemical sorgoleone inhibits root H⁺-ATPase and water uptake. *Journal of Chemical Ecology*, **30**: 2181-2191.
- Hoagland, R.E. 2001. Microbial allelochemicals and pathogens as bioherbicidal agents. *Weed Technology*, **15**: 835-857.
- Holm, L.G., Plucknett, D.L., Pancho, J.V. & Herberger, J.P. 1977. *The World's Worst Weeds. Distribution and Biology*. University Press of Hawaii, Honolulu, USA.
- Lockerman, R.H. & Putnam, A.R. (1979) Evaluation of allelopathic cucumbers (*Cucumis sativus*) as an aid to weed control. *Weed Science*, **27**: 54-57.
- Macías, F.A., Molinillo, J.M.G., Chinchilla, D. & Galindo, J.C.G. 2004. Heliannanes – a structure-activity relationship (SAR) study. In F. A. Macías, J.C.G. Galindo, J.M.G. Molinillo & H.G. Cutler (eds) *Allelopathy: Chemistry and Modes of Action of Allelochemicals*, pp. 103-124. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Massantini, F., Caporali, F. & Zellini, G. 1977. Evidence for allelopathic control of weeds in lines of soybean. *Proceedings EWRS Symposium 'The Different Methods of Weed Control and their Integration'*, vol. 1, pp. 23-28. Uppsala, Sweden.
- Meazza, G., Scheffler, B.E., Tellez, M. R., Rimando, A.M., Romagni, J.G., Duke,

- S.O., Nanayakkara, D., Khan, I. A., Abourashed, E. A. & Dayan, F.E. 2002. The inhibitory activity of natural products on plant *p*-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. *Phytochemistry*, **59**: 281-288.
- Mothes, K. 1980. Historical introduction. In E. A. Bell & B. V. Charlwood (eds) *Secondary Plant Products*, pp. 1-10. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Nakajima, M., Itoi, K., Takamatsu, Y., Kinoshita, T., Okazaki, T., Kawakubo, K., Shindo, M., Honma, T., Tohjigamori, M. & Haneishi, T. 1991. Hydantocidin: a new compound with herbicidal activity from *Streptomyces hygroscopicus*. *The Journal of Antibiotics*, **44**: 293-300.
- Nimbal, C.I., Yerkes, C.N., Weston, L.A. & Weller, S. C. 1996. Herbicidal activity and site of action of the natural product sorgoleone. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **54**: 73-83.
- Putnam, A.R. & Duke, W.B. 1974. Biological suppression of weeds: evidence for allelopathy in accessions of cucumber. *Science*, **185**: 370-372.
- Rasmussen, J.A., Hejl, A.M., Einhellig, F. A. & Thomas, J. A. 1992. Sorgoleone from root exudate inhibits mitochondrial functions. *Journal of Chemical Ecology*, **18**: 197-207.
- Rimando, A.M., Dayan, F.E., Czarnota, M. A., Weston, L. A. & Duke, S. O. 1998. A new photosystem II electron transfer inhibitor from *Sorghum bicolor*. *Journal of Natural Products*, **61**: 927-930.
- Rizvi, S.J.H. & Rizvi, V. 1992. Exploitation of allelochemicals in improving crop productivity. In S. J. H. Rizvi & V. Rizvi (eds) *Allelopathy. Basic and Applied Aspects*, pp. 444-472. Chapman & Hall, London, UK.
- Romagni, J.G., Duke, S.O. & Dayan, F.E. 2000. Inhibition of plant asparagine synthetase by monoterpene cineoles. *Plant Physiology*, **123**: 725-732.
- Streibig, J.C., Dayan, F.E., Rimando, A.M. & Duke, S.O. 1999. Joint action of natural and synthetic photosystem II inhibitors. *Pesticide Science*, **55**: 137-146.
- Swain, T. 1977. Secondary compounds as protective agents. *Annual Review of Plant Physiology*, **28**: 479-501.
- Weller, R.F. & Phipps, R. H. 1978/1979. A review of black nightshade (*Solanum nigrum* L.). *Protection Ecology*, **1**: 121-139.
- Williams, G.H. 1982. *Dictionary of Weeds of Western Europe*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands.
- Zimdahl, R.L. 1993. *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press Inc., San Diego, USA.

Luta biotécnica contra as principais pragas da noqueira

Biothechnical methods for the control of main pests of walnut

M. I. Patanita¹

RESUMO

As preocupações e dificuldades sentidas pelos agricultores no combate às principais pragas da noqueira, o bichado (*Cydia pomonella* L.) e a broca (*Zeuzera pyrina* L.), conjugadas com a crescente preocupação com a qualidade alimentar, fomentou o interesse e o desenvolvimento de novos meios de luta que constituam verdadeiras alternativas à utilização sistemática, e muitas vezes irracional, de agro-químicos. A luta biotécnica, e mais concretamente a técnica da confusão sexual, surge como uma alternativa viável, uma vez que não existem, de momento, métodos biológicos ou culturais eficazes no controlo destas pragas. Este método de luta reduz gradualmente a população da praga, não deposita resíduos sobre os frutos, não origina fenómenos de resistência e não perturba a fauna auxiliar, facilitando a protecção da cultura contra pragas secundárias como ácaros [*Panonychus ulmi* (Koch)] e afídeos [*Panaphis juglandis* (Goeze), *Chromaphis juglandicola* (Kaltenbach)]. Neste trabalho serão apresentados e discutidos alguns resultados obtidos com a utilização do método da confusão sexual durante os anos de 2002 a 2004. Estes resultados apontam para uma elevada eficácia do método, principalmente no combate à broca dos ramos, uma vez que relativamente ao bichado, os

níveis de infestação verificados ao longo dos três anos foram relativamente baixos. É evidente o decréscimo dos níveis populacionais de ambas as pragas ao longo dos anos em ensaio. Os níveis de infestação, não sendo elevados foram sempre inferiores nas parcelas em confusão sexual, notando-se também o seu decréscimo ao longo dos anos.

ABSTRACT

The concerns and difficulties felt by the farmers to control the main pests of walnut, the codling moth (*Cydia pomonella* L.) and the leopard moth (*Zeuzera pyrina* L.), together with the growing concern about food quality, increased the interest on and the development of, new control methods that constitute real alternatives to the systematic use, often irrational, of pesticides. The biotechnical control, namely the technique of mating disruption, appears as a viable alternative, since effective biological or cultural methods for the control of these pests are not available at this moment. This control method reduces gradually the population of the pests, doesn't cause deposit residues on the fruits, doesn't induce resistance and doesn't disturb the beneficial fauna, facilitating the protection of the crop against secondary pests as mites [*Panony-*

¹ Escola Superior Agrária de Beja, Apartado 6158, 7801-908 Beja, e-mail: ipatanita@esab.ipbeja.pt

chus ulmi (Koch)] and aphids [*Panaphis juglandis* Goeze, *Chromaphis juglandicola* (Kaltenbach)]. In this work, some results obtained with the use of the mating disruption method during the years 2002 to 2004 will be presented and discussed. These results point towards a high effectiveness of the method, mainly in the control of the leopard moth. However, concerning relatively to the codling moth, the infestation levels observed along the three years were relatively low. The decrease of the population levels of both pests along the three years was evident. The infestation levels were always lower in the plots under mating disruption than in the control plots. This decrease was noticed along the three years of experiments.

INTRODUÇÃO

O bichado (*Cydia pomonella*, Lepidoptera: Tortricidae) é um microlépidoptero nocturno que se encontra disperso por todas as regiões do mundo, ajustando o seu ciclo de vida às condições climáticas e ao ciclo de vida da planta (Barnes, 1991). Na cultura da noqueira é considerado o principal fitófago (Wang, 2001), podendo os prejuízos alcançar os 20 a 30% da produção total (Assunção, 1998).

O seu combate tem-se baseado essencialmente na luta química, recorrendo a vários insecticidas de largo espectro de acção (principalmente organofosforados, piretróides e inibidores de síntese de quitina), que aplicados em grande escala, causam graves desequilíbrios ecológicos, potencializando o desenvolvimento de resistência aos mesmos, assim como a poluição do meio (Luz, 2000).

A broca dos ramos (*Zeuzera pyrina*, Lepidoptera: Cossidae) é uma espécie xilófaga que ataca várias fruteiras, nomeada-

mente nogueiras, macieiras, pereiras e oliveiras. A luta química contra esta praga não é eficaz, uma vez que a larva se desenvolve no interior dos ramos e troncos das árvores. A larva, que faz uma galeria centrípeta, leva um a dois anos para completar o seu desenvolvimento, dependendo do clima e da época das posturas. Os primeiros estragos visíveis nas árvores, são a perda de turgescência das folhas ou mesmo a seca da extremidade dos lançamentos do ano. Mais tarde, é visível grande acumulação de excrementos e serradura junto aos orifícios de entrada das larvas na madeira mais grossa. Os prejuízos consistem na morte destes rebentos do ano e até mesmo de ramos inteiros. Em viveiros ou em jovens plantações os prejuízos podem ser particularmente importantes (Liotta & Giuffrida, 1965; Castellari, 1986).

As luta química e biológica têm sido problemáticas e muitas vezes ineficazes para esta praga pelo que o uso de feromonas sintéticas aplicadas segundo o método da captura em massa ou da confusão sexual, parece ser uma possibilidade para o seu controlo (Pasqualini *et al.*, 1996, Pasqualini & Natale, 1999). Uma vantagem do método da confusão sexual é a sua compatibilidade com os meios de luta biológicos num programa de Protecção Integrada ou mesmo de Agricultura Biológica.

Dados estes factos, existe a crescente preocupação de desenvolver novas técnicas de combate a estas pragas, nomeadamente o método da confusão sexual. Este método foi já experimentado em nogueiras, no combate ao bichado em Itália por Angeli *et al.* (1999) mas, no combate à broca dos ramos, foi esta, referida neste trabalho, uma utilização pioneira a nível mundial, facto confirmado por Frescata (2004).

MATERIAL E MÉTODOS

Este ensaio decorreu de 2002 a 2004, numa parcela de nogueiras de 10 ha no Monte da Raposinha (Concelho de Beja) e em 20,5 ha na Quinta do Pereiro (Concelho de Ferreira do Alentejo). Em cada ensaio submeteram-se parcelas, ao método da confusão sexual e mantiveram-se parcelas isoladas, sem qualquer tipo de tratamento insecticida, como Testemunhas.

No primeiro ano de ensaio, os difusores de feromona utilizados no combate ao bichado (*Cydia pomonella* L.) no Monte da Raposinha e na Quinta do Pereiro eram da marca comercial Isomate C - Plus[®] (Figura 1A), fornecidos pela empresa BIOSANI, e foram aplicados com recurso a tractor com pá frontal (Figura 1D) de 1 a 9 de Abril, à razão de 1200 difusores/ha. Cada difusor contém 190 mg de (E, E)-8, 10-Dodecadien-1-ol, Dodecan-1-ol, Tetradecan-1-ol.

No segundo e terceiro anos de ensaio, foram aplicados difusores Isomate C - Plus[®] no Monte da Raposinha à razão de 1000 difusores/ha no 2º ano e de 400 difusores/ha no 3º ano e a sua aplicação ocorreu, respectivamente, de 24 de Março a 5 de Abril de 2003 e de 8 a 20 de Abril de 2004, recorrendo a um trabalhador que utilizava um aplicador criado para o efeito (Figura 1C); enquanto que na Quinta do Pereiro se aplicaram difusores Isomate - CTT[®] (Figura 1B) na proporção de 500/ha, de 26 de Março a 16 de Abril de 2003, e de 250/ha de 15 a 16 de Abril de 2004, respectivamente para o segundo e terceiro ano, utilizando o mesmo método de aplicação que no primeiro ano. Este tipo de difusor contém 380 mg de (E, E)-8, 10-Dodecadien-1-ol, Dodecan-1-ol, Tetradecan-1-ol.

O número de difusores a aplicar de Isomate CTT[®] é cerca de metade do Isomate

C - Plus[®] porque contem o dobro da feromona.

Em todos os anos de ensaio, os difusores de feromona foram instalados no terço superior da copa das árvores e houve um reforço da dose aplicada em 10% nas duas linhas de bordadura dos pomares.

Para avaliar a eficácia do método utilizado, procedeu-se à instalação de 10 armadilhas sexuais nas parcelas em confusão sexual do Monte da Raposinha e 20 armadilhas sexuais na Quinta do Pereiro com cápsulas de feromona de dose reforçada (10 mg/cápsula) em meados de Abril, logo que concluída a aplicação dos difusores. As armadilhas foram colocadas meio metro abaixo do topo da copa das árvores, sendo a contagem dos adultos capturados feita duas vezes por semana no primeiro ano de ensaio e semanalmente nos seguintes.

Com o objectivo de avaliar a eficácia do método, procedeu-se à recolha e observação de amostras de frutos à colheita e avaliação dos estragos provocados pela praga nas parcelas em confusão sexual e na testemunha.

Para o efeito o delineamento experimental utilizado foi o de blocos completamente casualizados com 10 repetições tendo-se usado como unidade experimental (talhão) um conjunto de 5 árvores onde foram analisados 20 frutos de cada. A análise estatística dos dados fez-se recorrendo ao software Statistix 8.0 e procedeu-se, quando possível, à análise de variância com posterior comparação de médias através do teste MDS, com nível de significância de 0,05, ou ao teste-t, para averiguar da igualdade das médias.

O ensaio da confusão sexual para a broca (*Zeuzera pyrina* L.) foi conduzido no mesmo pomar do Monte da Raposinha, utilizando difusores Izonet-Z[®]. Cada difusor contém 70 mg de (E,Z) - 2,13 octadecadienil acetato y (E,Z) - 3,13 octadecadienil acetato. No primeiro ano, foram aplicados 400 difusores por hectare, a 29 e 30 de

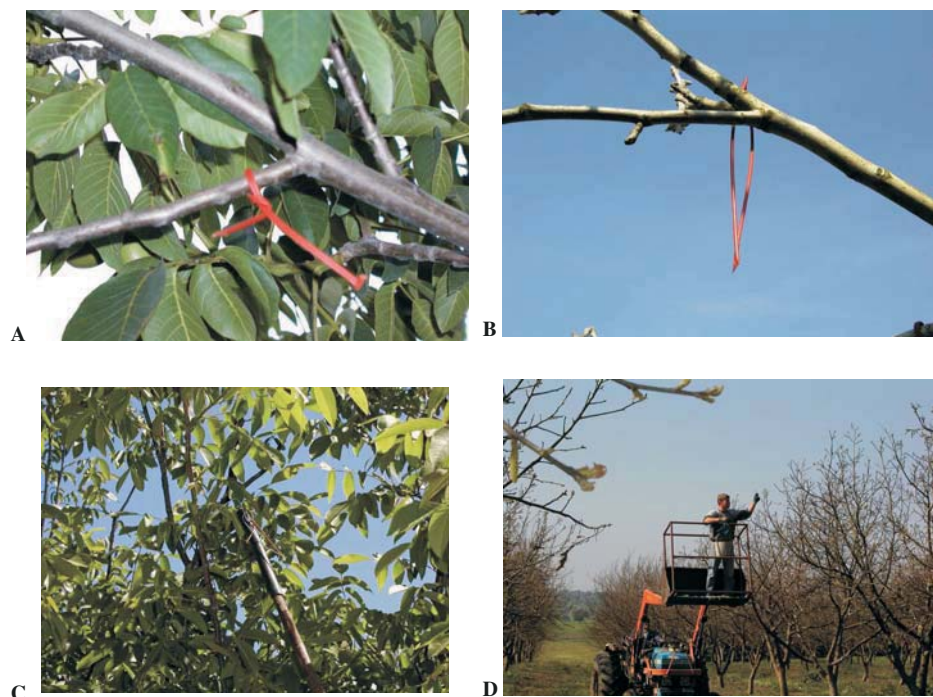


Figura 1 – Tipos de difusores e modos de aplicação – Isomate C-Plus® (A), Isomate CTT® (B), uso do aplicador (C) e uso do tractor (D)

Abril, com o auxílio de tractor com pá frontal ou com a utilização de um aplicador idealizado para o efeito (Figura 1C). No segundo e terceiro anos, a dose aplicada foi de 300 difusores/ha.

Para avaliar a eficácia do método aplicado, foram feitas observações visuais aos troncos (em Abril/Maio) e aos rebentos (em Julho/Agosto) com a finalidade de determinar a percentagem de ataque produzida pela praga em cada ano. O delineamento experimental foi idêntico ao utilizado para a outra praga, a parcela elementar foi também constituída por 5 árvores mas com 20 repetições. A observação incidiu sobre o número de larvas por amostra.

A análise estatística dos dados fez-se recorrendo ao software Statistix 8.0 e pro-

cedeu-se quando possível à análise de variância com posterior comparação de médias através do teste MDS, com nível de significância de 0,05 ou ao teste-t para averiguar da igualdade das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As capturas nas armadilhas sexuais, nas parcelas não tratadas (testemunha), indicam-nos o período de actividade dos adultos, e as armadilhas sexuais de feromona com dose reforçada, nas parcelas tratadas, indicam a inibição da capacidade de orientação dos machos de *C. pomonella*. Como se pode observar na Figura 2 e Figura 3, para o Monte da Raposinha e Quinta do Pereiro,

respectivamente, a presença dos difusores de feromona quase inibiram completamente a orientação dos machos e estes não conseguiram encontrar as armadilhas sexuais apesar destas terem uma feromona de dose reforçada. As capturas de machos adultos nas armadilhas sexuais nas parcelas tratadas foram reduzidas em 90,36-99,87%, relativamente às capturas obtidas na parcela testemunha (Quadro 1).

Os resultados apresentados no Quadro 2 para o Monte da Raposinha e para a Quinta do Pereiro, demonstram que a interferência com o sistema de comunicação, entre macho e fêmea de *C. pomonella*, pela feromona sexual durante toda a época reduziu significativamente os estragos provocados pela praga. Na parcela testemunha a percentagem de frutos atacados foi sempre superior à da parcela tratada, sendo significativamente superior no 1º ano, no Monte da Raposinha ($t = 3,3$, $g.l = 11,6$, $P < 0,01$) e na Quinta do Pereiro ($t = 2,63$, $g.l = 11$, $P < 0,05$) e no 2º e 3º anos apenas no primeiro dos locais ($t = 3,94$, $g.l = 12,2$, $P < 0,01$ e $t = 4,80$, $g.l = 9,6$, $P < 0,01$). Decorrida apenas uma época de tratamento tornou-se evidente um grande decréscimo dos níveis populacionais da praga e os estragos, na parcela testemunha da Quinta do Pereiro, também se aproximaram da infestação nula. Estes resultados estão em concordância com os obtidos por Angeli *et al.* (1999), num ensaio de 2 anos em Itália, no qual se conseguiu

reduzir a infestação nos frutos de 84-88%, no 1º e 2º ano, respectivamente. O método da confusão sexual em árvores altas como a nogueira parece ser mais eficaz que a luta química principalmente na parte superior da árvore, como já se observou em pomares de macieiras (Ioriatti *et al.*, 1997).

No Quadro 3 são apresentados os níveis da infestação de *Z. pyrina*, no Monte da Raposinha, nas parcelas em confusão sexual e na testemunha. Os resultados demonstram que a interferência com a comunicação entre os sexos devido aos difusores de feromona, reduziu significativamente a densidade de *Z. pyrina* na árvore.

A primeira avaliação da densidade larvar na árvore foi feita imediatamente antes da colocação dos difusores de feromona, pelo que os valores de 0,55 e 1,35 larvas/5árv. foram os valores de densidade larvar verificados na parcela que iria receber os difusores de feromona (C.S) e na testemunha, respectivamente. Apesar do valor observado na testemunha ser maior que o da outra parcela, estes valores não são significativamente diferentes ($t = 2,02$, $g.l = 25,5$, $P = 0,0538$). Decorridos 3 meses da aplicação dos difusores a avaliação feita demonstrou que havia diferenças significativas entre a parcela tratada e a não tratada ($t = 2,9$, $g.l = 23,2$, $P < 0,01$) com significativamente menos larvas nos rebentos da parcela tratada do que na parcela não tratada (Quadro 3) depois de apenas uma única aplicação de difusores.

QUADRO 1 – Número de capturas em armadilhas sexuais com feromona de dose normal (parcela Testemunha) e com dose reforçada (parcela com Confusão Sexual)

Ano	Local	Capturas		Percentagem de redução
		Confusão sexual	Testemunha	
2002	Monte da Raposinha	50	685	99.27
	Quinta do Pereiro	20	864	97.69
2003	Monte da Raposinha	29	673	95.69
	Quinta do Pereiro	1	241	99.58
2004	Monte da Raposinha	21	218	90.36
	Quinta do Pereiro	1	13	99.87

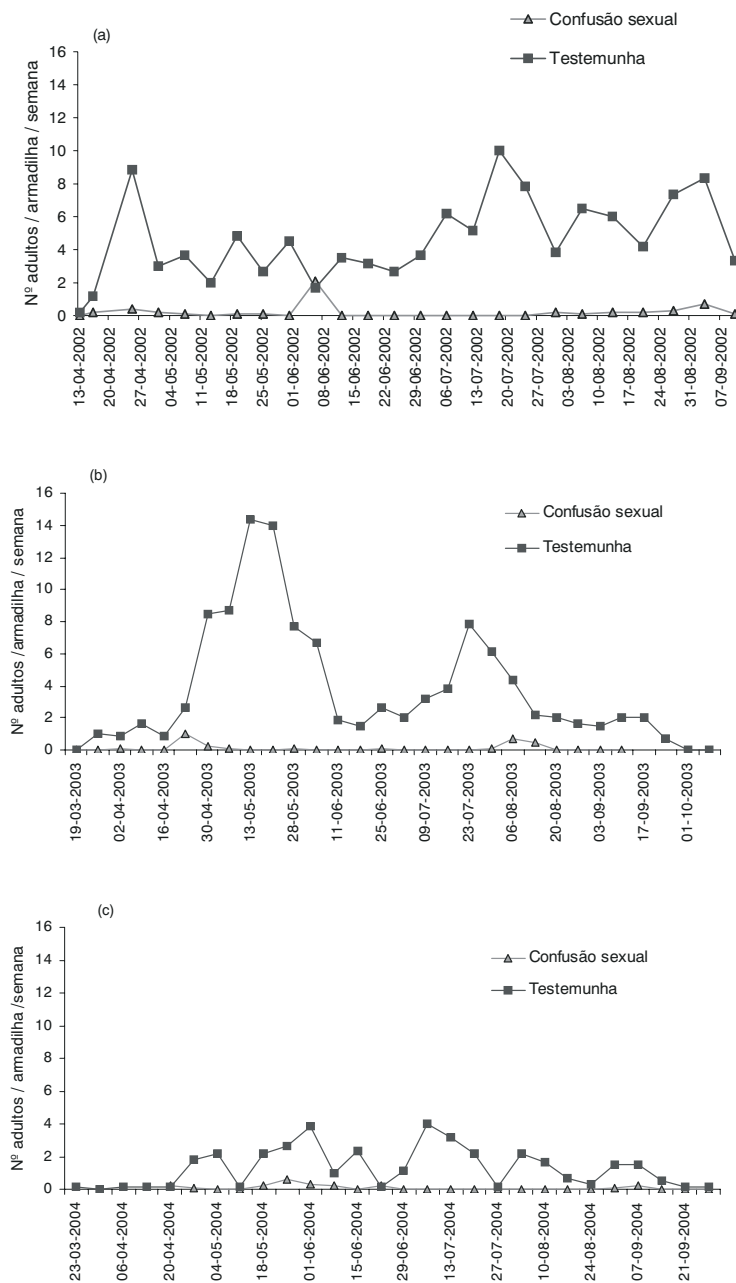


Figura 2 - Capturas de machos de *Cydia pomonella* em armadilhas sexuais nos anos de 2002-2004, no Monte da Raposinha.

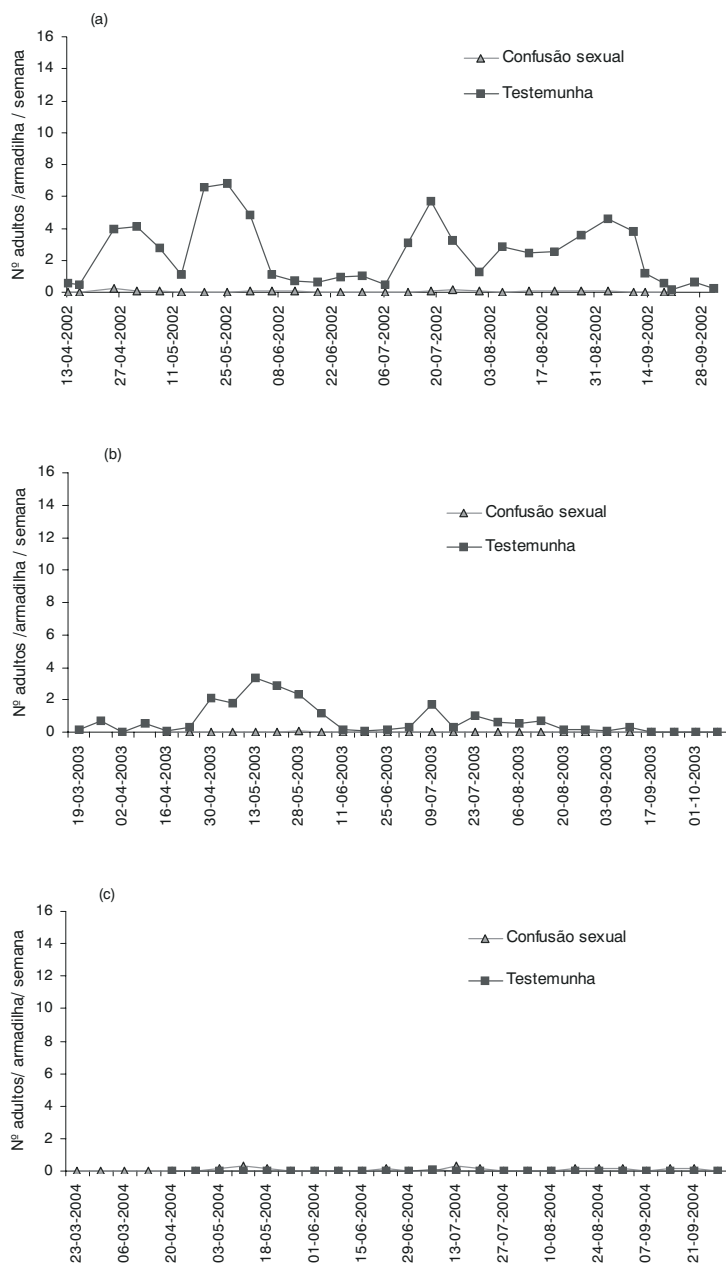


Figura 3 - Capturas de machos de *Cydia pomonella* em armadilhas sexuais nos anos de 2002-2004, na Quinta do Pereiro

QUADRO 2 – Avaliação da infestação de *Cydia pomonella*, nos dois locais e durante os anos de 2002-04

Ano	Local	Infestação (% (média ± EPM))		Porcentagem de redução
		Confusão sexual (%)	Testemunha (%)	
2002	Monte da Raposinha	0,3±0,15	1,7±0,39	82,35
	Quinta do Pereiro	0,2±0,13	1,3±0,39	84,61
2003	Monte da Raposinha	0,1±0,1	1,1±0,23	90,91
	Quinta do Pereiro	0,1±0,1	0,6±0,22	83,33
2004	Monte da Raposinha	0,1±0,1	2,8±0,55	96,43
	Quinta do Pereiro	0	0	0,00

QUADRO 3 – Avaliação da infestação de *Zeuzera pyrina*, no Monte da Raposinha, entre 2002-04

Ano		Nº larvas /5árv. (média±EPM)	
		Confusão sexual	Testemunha
2002	troncos	0,55±0,15	1,35±0,36
	rebentos	0,35±0,11	1,35±0,32
2003	troncos	0,1±0,06	4,0±1,02
	rebentos	0,15±0,11	1,9±0,51
2004	troncos	0,05±0,05	5,15±1,94
	rebentos	0,15±0,11	1,9±0,66

A avaliação da densidade larvar feita aos troncos das árvores em Maio de 2003, confirmam os resultados obtidos em Agosto de 2002, resultando uma densidade larvar significativamente inferior na parcela tratada ($t=2,9$, g.l = 23,2, $P < 0,01$). Todas as outras avaliações mantiveram esta tendência de infestação praticamente nula na parcela tratada e uma significativamente maior densidade larvar na parcela testemunha. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Haniotakis *et al.* (1999), na Grécia, em pomares de macieiras. Neste caso, apenas um ano após a aplicação do método, observou-se uma redução do número de galerias larvares na parcela tratada em relação à testemunha. A redução do número de galerias larvares nos troncos e nos rebentos de pomóideas é maior quando o método é aplicado durante vários anos consecutivos (Sarto, 2001).

CONCLUSÕES

Uma aplicação de difusores de feromo-

na contendo 190 mg de (E,E)-8,10-Dodecadien-1-ol, Dodecan-1-ol, Tetradecan-1-ol, com 6-8 difusores por árvore ou 380 mg da mesma substância activa, com cerca de 3-4 difusores por árvore, revelou um efeito forte na interrupção da comunicação entre machos e fêmeas de *Cydia pomonella*. Durante os três anos de ensaio, as capturas dos machos foram significativamente inferiores na parcela tratada em relação à testemunha. A percentagem de frutos atacados foi significativamente reduzida nas parcelas tratadas com os difusores de feromona.

Relativamente a *Z. pyrina*, uma aplicação de 70 mg de (E,Z)-2, 13-octodecadienil acetato e (E,Z)-3, 13-octodecadienil acetato com 2-3 difusores por árvore revelou ter um forte efeito na diminuição da densidade larvar nos troncos das árvores ou nos rebentos. Decorridos apenas um ano da instalação do método verificou-se, nos troncos, um decréscimo de 82% na parcela tratada com os difusores de feromona e o valor verificado na parcela testemunha foi cerca de 3 vezes superior ao verificado inicialmente.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado financeiramente pelo Programa AGRO, Medida 8.

A autora agradece o apoio e incentivo demonstrados por: SHIN-ETSU CHEMICAL, CO., LTD; Carlos Frescata (BIO-SANI); Vitorio Veronelli (CBC EURO-PE) e Escola Superior Agrária de Beja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeli, G., Rama, F., Forti, D., Montá, L. & Bellinazzo, S. 1999. Control of *Cydia pomonella* in walnuts by mating disruption. *IOBC/WPRS Bull.*, **22** (9) (<http://phero.net/iobc/dachau/bulletin99/rama>).
- Assunção, A. 1998. *Pragas da Nogueira – Bichado da Noz*. DRAEDM, Divisão de Viticultura e Fruticultura, Ficha técnica 66.
- Barnes, M. 1991. Codling moth occurrence, host race formation and damage. In *World Crop Pests-Tortricidae Pests*, vol 5 pp. 313-327. Elsevier, Amsterdam.
- Castellari, P. L. 1986. *Zeuzera pyrina* L. (Lepidoptera, Cossidae): indagini biologiche e prove in campo sulla attrattività di miscele di componenti del feromone sensuale. *Boll Ist Ent "G. Grandi"*, **40**: 239-270.
- Frescata, C. 2004. *Protecção Contra Pragas sem Luta Química*. Publicações Europa-América, Lisboa, 169 pp.
- Haniotakis, G., Koutroubas, A., Sachinoglou, A. & Lahlou, A. 1999. Studies on the response of the leopard moth, *Zeuzera pyrina* L. (Lepidoptera: Cossidae) to pheromones in apple orchards. *IOBC/WPRS Bull.*, **22** (9) (<http://phero.net/iobc/dachau/bulletin99/haniotakis>).
- Ioriatti, C. Forti, D., Rizzi, C., Pontalti, M. & Dallago, G. 1997. La confusione sessuale su melo per il controllo di carpocapsa e ricamatori. *L' Informatore Agrario*, **30**: 69-74.
- Liotta, G. & Ginfrida, I. 1965. Osservazioni biologiche sulla *Zeuzera pyrina* L. In Sicilia (Lep. Cossidae). *Boll Ist Ent. Agr.*, **6**: 29-60.
- Luz, L. 2000. O método da confusão sexual no combate ao bichado em pomóideas na região Oeste, *Actas do 5º Encontro Rocha em Flor*: 38-46.
- Pasqualini, E., Civolani, S., Vergnani, S. & Calzolari, G. 1996. I feromoni nella difesa da *Zeuzera pyrina* e *Cossus cossus*. *L'inf. Agr.*, **18**: 69-75.
- Pasqualini, E. & Natale, D. 1999. *Zeuzera pyrina* and *Cossus cossus* (Lepidoptera, Cossidae) control by pheromones: four years advances in Italy. *IOBC/ WPRS Bull.*, **22** (9): 115-124.
- Sarto, V. 2001. Control of leopard moth, *Zeuzera pyrina* L., in apple orchards in NE Spain: mating disruption technique. *IOBC/WPRS Bull.*, **24** (5): 173-178.
- Wang, S. Ikediala, J., Tang, J., Hansen, J., Mitsham, E., Mao, R. & Swason, B. 2001. Radio Frequency treatments to control codling moth in inshell walnuts. *Postharvest biology and technology*, **22**: 29-38.

Utilização de fotografia hemisférica na determinação do índice de área foliar de oliveiras jovens (*Olea europaea* L.)

Use of hemispherical photography for plant area index determination in young olive trees (*Olea europaea* L.)

M. P. Simões^{1,2}, C. Pinto-Cruz^{1,2}, A.F. Belo¹, L.F. Ferreira¹, J.P. Neves¹ & M.C. Castro^{2,3}

RESUMO

O índice de área foliar (LAI) é um parâmetro essencial para a caracterização da estrutura das copas e consequentemente para a avaliação da vitalidade das plantas.

Neste estudo compararam-se valores de LAI obtidos através de métodos directos destrutivos e através da análise de fotografia hemisférica, em oliveiras jovens das cultivares 'Galega' e 'Cordovil de Serpa', num olival da região de Moura.

Os valores determinados por fotografia hemisférica subestimaram significativamente ($P < 0,05$) os obtidos pelas medições directas.

Assumindo que os métodos directos estimam o LAI com maior precisão, os valores obtidos destrutivamente foram utilizados como referência para o cálculo de equações de regressão entre os resultados dos métodos indirecto e directo. A partir destas ajustaram-se os valores determinados através da fotografia hemisférica, de forma a permitir a sua aplicação futura para avaliação do LAI em oliveiras jovens.

Os resultados obtidos indicam que o método e o equipamento utilizados podem ser adequados para a determinação do LAI em oliveiras jovens desde que devidamente calibrados.

ABSTRACT

The determination of leaf area index (LAI) is essential in the characterization of the canopy structure and plants vitality evaluation.

In this study destructive measurements of LAI were compared with values obtained by hemispherical photography analysis, of young olive trees cv. Galega and cv. Cordovil de Serpa, in an olive orchard of Moura region.

As the direct method is assumed to be the most correct for estimating LAI, this method served as reference for the performance of the indirect methods. In order to be able to use the indirect methods to determine the LAI in the future, regression equations have been calculated taking into con-

¹ Dep. Biologia, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora; e-mail: mps@uevora.pt;

²Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora; ³Dep. Planeamento Biofísico e Paisagístico, Universidade de Évora.

sideration the results of the indirect and the direct methods.

Our results suggest that this procedure is an alternative method suitable to LAI determination in young olive trees after specific calibration.

INTRODUÇÃO

Entre os diferentes factores ambientais que influenciam o crescimento das plantas, o principal é a radiação fotossinteticamente activa (PAR) interceptada pelas copas, visto que constitui a principal fonte de energia para a fotossíntese, determinando a produção de biomassa (Mariscal *et al.*, 2000). A interceptação da luz é condicionada pela estrutura da copa, sendo o índice de área foliar (LAI) um dos parâmetros determinantes (Villalobos *et al.*, 1995; Mussche *et al.*, 2001). Para além da produtividade, o conhecimento do LAI é necessário para muitos estudos fisiológicos e ecológicos, constituindo um importante indicador da vitalidade das árvores, reflectindo-se nas taxas de assimilação e transpiração dos copados (Mussche *et al.*, 2001), nas trocas gasosas e no balanço hídrico, sendo o seu conhecimento indispensável também em estudos fitopatológicos (Jesus *et al.*, 2001) e monitorização de alterações da estrutura da copa ao longo do tempo (Martens *et al.*, 1993; Englund *et al.*, 2000; White *et al.*, 2000). Este parâmetro torna-se ainda mais importante em árvores jovens, que ainda não entraram em produção, visto ser um dos melhores meios para medir a produtividade.

Podem-se considerar duas categorias de métodos para estimar o LAI: métodos directos e indirectos. Os métodos directos, na maioria destrutivos e demorados, implicam a colheita de folhada ou de biomassa (Mussche *et al.*, 2001; Jonckheere *et al.*, 2004). Por isso, embora permitam o estabe-

lecimento de relações alométricas são extremamente difíceis e, por vezes, de impossível execução principalmente em comunidades arbóreas (Villalobos *et al.*, 1995; Nilson & Kuusk, 2004). Em alternativa, os métodos indirectos baseados na estreita relação entre a transmissão da radiação e a estrutura da copa têm vindo a ganhar importância, visto serem mais rápidos e menos laboriosos. Segundo Chen (1996), os métodos ópticos podem mesmo estimar o LAI de modo mais preciso do que os métodos destrutivos.

A análise de “gap fraction” (a fracção de céu visível através da copa) é um dos métodos indirectos mais usados (Campbell & Norman, 1989; Norman & Campbell, 1989). A importância crescente deste método deve-se ao sucesso da sua aplicação em copas tanto de pequenas como de grandes dimensões, assim como ao desenvolvimento de modelos de inversão de “gap fraction”. O princípio básico da análise de “gap fraction” da copa é que a área foliar do copado (ou, mais exactamente, a área de uma das faces de todos os componentes da copa) pode ser inferida através de medições da área dos hiatos da copa. Esta, por sua vez, pode ser estimada através de fotografias da copa, medições da área das manchas de luz no solo ou por estimativa da fracção da radiação directa que atravessa a copa, com recurso a sensores lineares ou hemisféricos (Martens *et al.*, 1993; Roxburgh & Kelly, 1995; Nilson, 1999; van Gardingen *et al.*, 1999; Jesus *et al.*, 2001).

Têm sido efectuados poucos estudos sobre o LAI em olival, nomeadamente com recurso à análise de “gap fraction” em imagens hemisféricas, apesar da elevada importância deste índice para as respostas das árvores à disponibilidade de água e à radiação (Villalobos *et al.*, 1995). Para além disso, sendo o olival uma formação heterogénea com folhas de distribuição agrupada, a

estimativa do índice de área foliar, através deste método necessita ajustes específicos (Gucci *et al.*, 1999; Mariscal *et al.*, 2000; Nilson & Kuusk, 2004). Tendo em consideração que nas oliveiras jovens as folhas são mais curtas e grossas e os entrenós dos ramos mais reduzidos (Rapoport, 2001), a determinação de factores de correcção ajustados ao seu caso particular reveste-se de importância acrescida.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivos: i) comparar estimativas de LAI obtidas através de dois métodos independentes, em oliveiras jovens isoladas – análise de fotografia hemisférica (Digital Plant Canopy Imager, CI-110) – e método destrutivo; ii) calcular equações de regressão para ajuste dos valores determinados com o método indirecto aos valores obtidos com o método directo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

O estudo decorreu num olival jovem de regadio, com 28 ha, localizado no Núcleo Experimental dos Lameirões (Safara, Concelho de Moura), propriedade da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo.

O clima da região é do tipo mediterrânico continental. Nos anos em que se efectuou este estudo (2003 e 2004), a precipitação anual foi de 492 mm no ano hidrológico de 2002-03 e de 438 mm no de 2003-04. A temperatura média do ar foi de 17,0 e 17,3 °C, respectivamente; a média das temperaturas máximas dos meses mais quentes foi de 36,3 °C (Julho e Agosto de 2003) e 36,6 °C (Junho e Julho de 2004) e a média das mínimas dos meses mais frios foi de 2,0 °C (Janeiro e Fevereiro de 2003) e 3,7 °C (Dezembro de 2003 e Janeiro e Fevereiro de 2004).

As principais famílias de solos na área em estudo são as seguintes: Solos Calcários Pardos e Solos Calcários Vermelhos, em ambos os casos, Normais de xistos associados a depósitos calcários (Pcx e Vcx) e também para-barros de calcários não compactos associados a rochas cristalofílicas básicas ou de materiais afins (Pc' e Vc'), para além de Solos Argiluvitados Pardos, de Materiais Não Calcários Normais de xistos ou grauvaques (Px) e Solos Argiluvitados Vermelhos ou Amarelos de Materiais Calcários para-barros de rochas cristalofílicas associadas a depósitos calcários (Vmc) (Alexandre & Afonso, 2005).

Amostragens e métodos analíticos

As oliveiras, com cerca de 1 ano, foram plantadas em Janeiro 2001, em abrigos individuais, num compasso de 6 m na linha e de 7 m na entrelinha. Na primavera as árvores foram sujeitas a poda de formação com limpeza de ramos adventícios. O trabalho experimental foi efectuado em árvores das cultivares 'Galega' e 'Cordovil de Serpa', nos anos de 2003 e 2004 (árvores com cerca de 4 e 5 anos, respectivamente).

Em cada ano de amostragem seleccionaram-se, de linhas exteriores, 5 indivíduos com dimensões representativas da variabilidade de cada cultivar (num total de 10 por variedade).

No final do período de crescimento vegetativo (Julho de 2003 e 2004), procedeu-se à caracterização individual das árvores seleccionadas, através da medição da altura total da planta, altura da copa, área de projecção vertical da copa, diâmetro da base e diâmetro do tronco a 50 cm da base.

Adquiriram-se imagens hemisféricas digitais das copas (Figura 1) dos mesmos indivíduos, com recurso ao Digital Plant Canopy Imager - CI-110 (CID, Inc.). As imagens foram sempre obtidas em condi-

ções de luminosidade difusa (no período da aurora e do crepúsculo ou em dias com o céu uniformemente nublado) de modo a obter o máximo contraste possível entre as folhas e o céu (Whitford *et al.*, 1995).



Figura 1 – Imagem hemisférica da copa de uma oliveira

A estimativa do LAI foi efectuada procedendo à análise destas imagens com o software CI-110, Ver 3.0.2.0 (CID, Inc.), através da análise de inversão de “gap fraction” (Norman & Campbell, 1989). As imagens foram processadas de forma a eliminar a região coberta pelo tronco, de acordo com a sugestão de Nilson (1999) e Nilson & Kuusk (2004), segundo os quais a influência do tronco na distribuição angular da “gap fraction”, e consequentemente na estimativa do LAI, deve ser eliminada.

As árvores seleccionadas foram cortadas ao nível da superfície do solo e a biomassa colhida foi separada em folhas verdes, folhas senescentes, ramos do ano, caules e ramos de anos anteriores, ramos mortos e órgãos reprodutivos. A área foliar projectada foi medida, com um medidor de área foliar LI-COR (modelo LI-3000), em subamostras de folhas, proporcionais ao peso total. Todos os componentes da biomassa foram secos (80 °C) em estufa de ventilação forçada, até peso constante e o seu peso seco obtido separadamente.

O índice de área foliar (LAI) foi calculado através da razão entre a área foliar projectada e a superfície do solo correspondente à sua projecção vertical.

Os dados obtidos foram tratados para cada uma das cultivares separadamente e em conjunto, para o período total do estudo (2003 e 2004).

As comparações de médias foram efectuadas através de análises de variância (ANOVA) de classificação simples, após transformação dos dados, quando necessário, para obtenção de homogeneidade de variâncias, seguidas de testes múltiplos de Student-Newman-Keuls. Calcularam-se equações de regressão entre os resultados do método indirecto e directo, após pesquisa de “outliers” pelo teste de curtose (Barnett & Lewis, 1994). Todas as análises foram realizadas com recurso ao programa SPSS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura média determinada para as árvores seleccionadas foi de 181,9 cm, para a ‘Galega’ e 150,6 cm para a ‘Cordovil de Serpa’. Os restantes parâmetros determinados foram igualmente mais elevados para a primeira variedade do que para a segunda, tendo a área da copa sido de cerca do dobro e a biomassa total 6 a 7 vezes mais elevada, embora a proporção de folhas tenha sido da mesma ordem de grandeza (Quadro 1). Visto que a amostragem foi efectuada em indivíduos que representavam a variabilidade inerente a cada uma das cultivares, a heterogeneidade das amostras reflecte-se nos elevados erros padrão de alguns parâmetros (Quadro 1).

Os valores médios de LAI obtidos pelos dois métodos foram comparados usando os intervalos de confiança de 95% (Figura 2). Os valores determinados em cada uma das três situações foram significativamente

QUADRO 1 – Valores médios de altura total das árvores, biomassa total e foliar, área de projecção vertical da copa e LAI obtido por método destrutivo e por fotografia hemisférica, para cada uma das variedades separada e conjuntamente (G – ‘Galega’, C – ‘Cordovil de Serpa’; G+C – ‘Galega’ e ‘Cordovil de Serpa’ em conjunto). Letras diferentes em cada coluna indicam valores significativamente diferentes ($p < 0,05$)

	Altura total (cm)	Biom. total (g m ⁻²)	Biom. foliar (% do total)	Área da copa (cm ²)	LAI dest.	LAI fotog.
G	181,9 ^a (14,4)	28273 ^a (11038)	35 ^a (1,1)	9425 ^a (2524)	1,8 ^a (0,2)	0,8 ^a (0,2)
C	150,6 ^a (7,6)	4260 ^b (3017)	32 ^a (1,0)	4766 ^a (1406)	1,2 ^a (0,2)	0,5 ^a (0,1)
G+C	164,5 ^a (8,3)	14932 ^{ab} (5775)	33 ^a (0,8)	6836 ^a (1436)	1,5 ^a (0,1)	0,6 ^a (0,1)

diferentes ($P < 0,05$), não se tendo, por isso, verificado sobreposição dos respectivos intervalos de confiança.

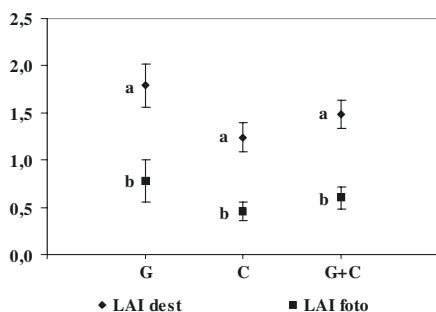


Figura 2 – LAI determinado pelo método destrutivo (LAI dest) e por fotografia hemisférica (LAI foto) para cada uma das variedades separada e conjuntamente (G – ‘Galega’, C – ‘Cordovil de Serpa’; G+C – ‘Galega’ e ‘Cordovil de Serpa’ em conjunto). As barras representam o intervalo de confiança de 95%. As letras (a e b) indicam valores significativamente diferentes ($p < 0,05$), para cada uma das variedades ou para as duas em conjunto

Os valores de LAI determinados por análise de “gap fraction” foram de 44 e 37% dos obtidos pelo método destrutivo, respectivamente para a cv. Galega e cv. Cordovil de Serpa (Quadro 1). A subestimativa do LAI obtido pelo método indirecto, relativamente ao destrutivo, foi também referida por outros autores

(Gazarini *et al.*, 1990; Martens *et al.*, 1993; Villalobos *et al.*, 1995; Gucci *et al.*, 1999; Nilson, 1999; Cohen *et al.* 2000; Mussche *et al.*, 2001), não só em árvores adultas (63%) e jovens (30-34%) de *Olea europaea*, como também noutras espécies. De acordo com os mesmos autores, esta subestimativa pode ser atribuída ao facto da distribuição da folhagem não ser casual, mas sim agrupada como a da oliveira. Comparativamente com as árvores cuja distribuição de folhagem é aleatória, o aumento dos hiatos que ocorre nas de folhagem agrupada permite uma maior penetração da luz.

QUADRO 2 – Equações de regressão calculadas, para cada uma das variedades separada e conjuntamente (G – ‘Galega’, C – ‘Cordovil de Serpa’; G+C – ‘Galega’ e ‘Cordovil de Serpa’ em conjunto), entre o LAI obtido através do método directo e do método indirecto (X = LAI através de fotografia hemisférica; Y = LAI por método destrutivo)

Cultivar	Eq. regressão	R ²	P	n
G	Y=1,803 X	0,86	<0,001	8
C	Y=2,127 X	0,73	<0,001	10
G+C	Y=1,893 X	0,82	<0,001	18

Assumindo que o método destrutivo é o que estima o LAI com maior precisão (Mussche *et al.*, 2001; Jonckheere *et al.*, 2004), foi utilizado como referência para

correção dos valores obtidos pelo método de “gap fraction”. Para o efeito, calculou-se a relação entre os resultados obtidos em

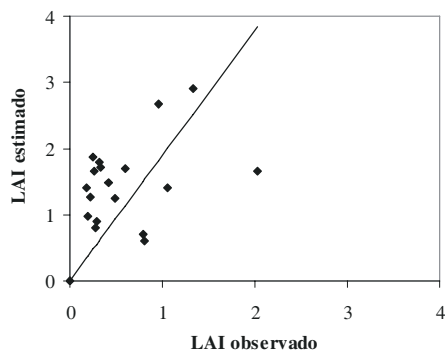


Figura 3 – Valores de LAI estimados vs. observados das oliveiras ‘Galega’ e ‘Cordovil de Serpa’

ambos os métodos, através de regressão linear. As relações observadas foram altamente significativas (Quadro 2), pelo que foram utilizadas para ajustar os valores de LAI determinados através da fotografia hemisférica (Figura 3), de forma a permitir a sua aplicação futura para avaliação do LAI em oliveiras jovens.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que a análise de imagens hemisféricas obtidas através do *Digital Plant Canopy Imager CI-110* constitui um método adequado para a determinação do LAI em oliveiras jovens das variedades estudadas. Embora este método tenha subestimado o LAI, a sua comparação com o método directo permitiu o cálculo de curvas de regressão entre os valores obtidos em ambos os métodos, possibilitando a calibração da metodologia.

Assim, a análise da fotografia hemisférica permite estimar o LAI com economia considerável de tempo e trabalho, podendo a aplicação do modelo ser extensível quer a outras cultivares desta espécie, quer a outros tipos de pomares, desde que devidamente calibrado.

É de salientar a potencialidade da aplicação desta metodologia na modelação da gestão das plantações no respeitante, por exemplo, a comparação do sucesso de implementação de diferentes variedades, avaliação da produtividade de oliveiras jovens, conhecimento da resposta das árvores a distintos programas de rega e estabelecimento de planos de monitorização ao longo do tempo.

AGRADECIMENTOS

O estudo apresentado foi realizado no âmbito do Projecto AGRO 298, financiado pelo INIAP. Os autores agradecem à Direcção Regional de Agricultura do Alentejo a disponibilização e gestão do olival; ao Centro Operativo e de Tecnologia do Regadio a instalação e manutenção do sistema de rega; e ao Prof. Dr. Anacleto Pinheiro, do Dep. de Eng^a Rural da Univ. Évora, o delineamento experimental do ensaio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, A. & Afonso, T. 2005. Cartografia de solos à escala da exploração: aplicação a um ensaio de olival. Jornadas Científicas do ICAM, 15-16 de Dezembro, Universidade de Évora, Évora.
- Barnett, V. & Lewis, T. 1994. *Outliers in Statistical Data*. 3rd ed. John Wiley & Sons, England. 584 p.

- Campbell, G.S. & Norman, J.M. 1989. The description and measurement of plant canopy structure. In G. Russell, B. Marshall & P.G. Jarvis (eds) *Plant Canopies: Their Growth, Form, and Function*, pp. 1-19. Society for Experimental Biology: 31. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Chen, J.M. 1996. Optically-based methods for measuring seasonal variation of leaf area index in boreal conifer stands. *Agric. For. Meteorol.*, **80**: 135-163.
- Cohen, S., Striem, M.J., Bruner, M. & Klein, I. 2000. Grapevine leaf area index evaluation by gap fraction inversion. *Acta Hort.*, **537**: 87-93.
- Englund, S.R., O'Brien, J.J. & Clark, D.B. 2000. Evaluation of digital and film hemispherical photography and spherical densitometry for measuring forest light environment. *Can. J. For. Res.*, **30**: 1999-2005.
- Gazarini, L.C., Araújo, M.C.C., Borralho, N. & Pereira, J.S. 1990. Plant area index in *Eucalyptus globulus* plantations determined indirectly by a light interception method. *Tree Physiology*, **7**: 107-113.
- Gucci, R., Cantini, C., van Gardingen, P. & Sharp, L. 1999. Determination of plant area index of olive trees by hemispherical photography.
- Jesus, Jr., W.C., Vale, F.X.R., Coelho, R.R. & Costa, L.C. 2001. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. *Agronomy Journal*, **93**: 989-991.
- Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M. & Baret, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agric. For. Meteorol.*, **121**: 19-35.
- Mariscal, M.J., Orgaz, F. & Villalobos, F.J. 2000. Modelling and measurement of radiation interception by olive canopies. *Agric. For. Meteorol.*, **100**: 183-197.
- Martens, S.N., Ustin, S.L. & Rousseau, R.A. 1993. Estimation of tree canopy leaf area index by gap fraction analysis. *For. Ecol. Manag.*, **61**: 91-108.
- Mussche, S., Samson, R., Nachtergale, L., De Schrijver, A., Lemeur, R. & Lust, N. 2001. A comparison of optical and direct methods for monitoring the seasonal dynamics of leaf area index in deciduous forests. *Silva Fennica*, **35**: 373-384.
- Nilson, T. 1999. Inversion of gap frequency data in forest stands. *Agric. For. Meteorol.*, **98-99**: 437-448.
- Nilson, T. & Kuusk, A. 2004. Improved algorithm for estimating canopy indices from gap fraction data in forest canopies. *Agric. For. Meteorol.*, **124**: 157-169.
- Norman, J.M. & Campbell, G.S. 1989. Canopy structure. In R.W. Pearcy, J. Ehleringer, H.A. Mooney & P.W. Rundel (eds) *Plant Physiological Ecology: Field Methods and Instrumentation*, pp. 301-325. Chapman and Hall, New York.
- Rapoport, H.F. 2001. Botanica y morfología. In D.Barranco, D. Fernández Escobar & L. Rallo (eds) *El Cultivo del Olivo*, pp. 215-254. Ed. Mundi-Prensa. 4ª ed., Madrid.
- Roxburgh, J.R. & Kelly, D. 1995. Uses and limitations of hemispherical photography for estimating forest light environments. *New Zealand Journal of Ecology*, **19**: 213-217.
- van Gardingen, P.R., Jackson, G.E., Hernandez-Daumas, S., Russell, G. & Sharp, L. 1999. Leaf area index estimates for clumped canopies using

- hemispherical photography. *Agric. For. Meteorol.*, **94**: 243-257.
- Villalobos, F.J., Orgaz, F. & Mateos, L. 1995. Non destructive measurement of leaf area in olive (*Olea europaea* L.) trees using a gap inversion method. *Agric. For. Meteorol.*, **73**: 29-42.
- White, M.A., Asner, G.P., Ramakrishna, R.N., Privett, J.L. & Running, S.W. 2000. Measuring fractional cover and leaf area index in arid ecosystems: digital camera, radiation transmittance, and laser altimetry methods. *Remote Sense. Environ.*, **74**: 45-57.
- Whitford, K.R., Colquhoun, I.J., Lang, A.R.G. & Harper, B.M. 1995. Measuring leaf area index in a sparse eucalypt forest: a comparison of estimates from direct measurement, hemispherical photography, sunlight transmittance and allometric regression. *Agric. For. Meteorol.*, **74**: 237-249.

Dinâmica de nemátodes fitoparasitas e sua relação com alguns parâmetros físico-químicos do solo durante o cultivo de beterraba sacarina

Population dynamics of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physico-chemical characteristics during sugarbeet cultivation

P. Barbosa¹, P. Vieira¹ & M. Mota¹

RESUMO

O objectivo do estudo centrou-se na avaliação da dinâmica de nemátodes fitoparasitas, e relação com alguns parâmetros físico-químicos, num terreno utilizado para produção de beterraba sacarina, na zona de Coruche. Com o intuito de acompanhar o processo de crescimento da cultura, o estudo foi efectuado de Janeiro a Junho de 2003. Recorreu-se a métodos *standard* para a amostragem, extracção e observação dos nemátodes. Empregaram-se comparações estatísticas (Kruskal-Wallis) na análise da distribuição mensal dos fitoparasitas. As relações entre indivíduos e parâmetros físico-químicos do seu *habitat* foram verificadas por análise de componentes principais (PCA), análise canónica de correspondência (CCA) e correlações. Em virtude das acções causadas pelas práticas agrícolas, a comunidade decresceu de Janeiro a Abril, aumentando até Junho com o início do processo de rega. O número de nemátodes do género *Meloidogyne* foi significativamente supe-

rior, secundado por *Helicotylenchus* e *Tylenchus*. As correlações entre indivíduos e parâmetros ambientais indicam que, aparte a influência directa do hospedeiro, o cálcio, o potássio, o azoto e a humidade do solo influenciaram a abundância e as relações entre os géneros.

ABSTRACT

The objective of this research was studying population dynamics of plant-parasitic nematodes (PPN) and their relationships with some soil physico-chemical characteristics, from 1 plot used for sugarbeet production in Coruche. The study was performed from January to June 2003, following the plant growth cycle. Standard sampling, extraction and observation methods were employed. Statistical comparisons (Kruskal-Wallis) were used to analyze nematode monthly distribution. Principal Component Analysis (PCA), Correspondence Canonical Analysis (CCA) and correlations were used to

¹ NemaLab/ Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, 7002-554 Évora; e-mail: pedro_barbosa@zmail.pt

correlate PPN numbers and several physical and chemical parameters. As a result of agricultural practices, the community declined from January to April, following a period of increase until June, as a result of irrigation. Among PPN, numbers of *Meloidogyne* were significantly higher, followed by *Helicotylenchus* and *Tylenchus*. The correlations between these groups and environmental parameters show that, apart from the direct influence of the host, calcium, potassium, nitrogen and soil moisture influenced the abundance and relation between genera.

INTRODUÇÃO

Desde a implementação do seu cultivo e transformação no início do século XIX que a beterraba sacarina (*Beta vulgaris vulgaris* L.) tem progressivamente ganho protagonismo como cultura de importância económica quer a nível mundial quer nacional. Presentemente, afigura-se como uma das culturas mais promissoras em termos de viabilidade económica e de vitalidade agrícola para muitos países. Em Portugal, assume-se como alternativa às culturas tradicionais existentes encerrando um elevado interesse quer agronómico quer económico (DAI, 2004). A requalificação de terrenos e o aumento das áreas de cultivo de regadio, com o Alqueva como expoente máximo, impulsionam os desejos de agricultores e produtores, aglomerados num sistema altamente organizado, de uma maior quota de cultura para o nosso país e maiores apoios por parte do Governo e da UE.

Os nemátodes estão englobados nas mais importantes pragas que afectam o cultivo da beterraba, cifrando-se em 10% as perdas induzidas por estes organismos na quantidade de açúcar produzido (Steele, 1984; Sasser, 1989). Diversas espécies

alimentam-se nas raízes ou, ocasionalmente, nos tecidos caulinares; as sementes jovens são particularmente susceptíveis, podendo sofrer lesões irrecuperáveis (Cooke, 1993). À escala mundial, os géneros *Heterodera* e *Meloidogyne* assumem-se como os principais agentes da perda de produtividade em terrenos com beterraba sacarina (Steele, 1984; Shurtleff & Averre, 2000; Starr *et al.*, 2002).

Em termos globais, a investigação em torno das relações entre nemátodes fitoparasitas e variáveis do solo de terrenos sujeitos a cultivo, atribui particular preponderância aos géneros/espécies que induzem mais prejuízos. Contudo, apesar do hospedeiro exercer um papel predominante na distribuição e na presença/ausência dos indivíduos deste grupo de organismos, as acções inerentes às práticas agrícolas implementadas resultam em alterações dos parâmetros físico-químicos do solo, condicionando a composição e distribuição da comunidade de nemátodes associada à cultura (Yeates, 1999).

Com o intuito de acompanhar a evolução dos nemátodes fitoparasitas associados a terrenos de beterraba sacarina e a sua relação com diversos factores do solo, foi realizado um estudo ao longo da época de desenvolvimento desta cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O terreno em estudo, denominado de Courela Grande, localiza-se no concelho de Coruche e engloba uma área cultivável de cerca de 5,7 ha de aluvião primário. Encontra-se associado à rede de produção de beterraba sacarina sob alçada da empresa transformadora DAI – Sociedade para o Desenvolvimento Agro-Industrial S.A.

Processo de amostragem

A recolha de solo foi efectuada mensalmente, de Janeiro a Junho de 2003. Com o intuito de aumentar a representatividade da amostragem, procedeu-se à divisão do terreno em cinco zonas de área semelhante. A análise da comunidade resultou do somatório destas, partindo-se do pressuposto que não haveria diferenças significativas entre as mesmas. Para cada zona foi obtida uma “amostra composta”, resultante de 20 pontos de amostragem em zigzag entre linhas de cultivo a uma profundidade de 0-20cm.

Obtenção de variáveis ambientais

O solo necessário para a determinação dos parâmetros físico-químicos foi obtido em 6 pontos, ao longo da linha média do terreno. O material, acomodado individualmente num saco de plástico, destinou-se à análise de pH, fósforo, azoto, potássio, cálcio, magnésio, matéria orgânica e humidade do solo. Em virtude da indisponibilidade de material específico e da impossibilidade da implementação do mesmo, a temperatura do solo foi aferida recorrendo a um simples termómetro deixado no solo, registando-se o seu valor após 20 minutos. As análises foram efectuadas no Laboratório Químico-Agrícola e no Laboratório de Física de Solos da Universidade de Évora, seguindo os métodos normalmente empregues na determinação de cada parâmetro (ver Midgley & Torrance, 1978; Thomas, 1982).

Extracção, contagem e identificação

O material de cada zona foi manualmente homogeneizado, retirando-se 8 sub-amostras de 200 g. Os nemátodes foram extraídos por decantação e crivagem (crivos de 25, 60 e 325 *mesh*), seguido de flutuação

centrífuga (Caveness & Jensen, 1955). Procedeu-se à fixação do material com formalina 4% (Barker, 1985). Cada sub-amostra foi colocada numa placa de contagem e observada sob microscópio óptico invertido (Olympus CK30®). Identificaram-se os nemátodes fitoparasitas até à categoria de género de acordo com Brzeski (1998) e Siddiqi (2000). A abundância de nemátodes foi expressa em número de indivíduos por 200 g de solo.

Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados no software estatístico *STATISTICA 6.0*® e *STATSDIRECT 2.4.1*.® sobre três vertentes.

Primeiro, na análise da variação média mensal de cada género fitoparasita, em virtude da não normalidade dos dados mesmo após transformação, recorreu-se ao teste não paramétrico Kruskal-Wallis e a posteriores comparações múltiplas pelo método de Dwass-Steel-Christchlow-Fligner (Critchlow & Fligner, 1991).

Segundo, para determinar as relações estabelecidas entre os indivíduos fitoparasitas e entre os 9 parâmetros ambientais, efectuou-se uma análise de componentes principais (PCA) (Manly, 1986; Legendre & Legendre, 1998) para cada grupo. As variáveis referentes à densidade de cada género foram relativizadas antes da análise por $X_{ij}/((\sum X_j^{**p})^{**1/p})$, com $p=1$.

Por fim, para estabelecer a relação de cada género fitoparasita face a cada parâmetro ambiental, recorreu-se a uma análise canónica de correspondência (CCA) (Manly, 1986; Legendre & Legendre, 1998) com valores centrados e normalizados. Estudou-se as possíveis correlações de cada género fitoparasita relativamente a cada um dos parâmetros ambientais através de uma correlação bivariada, empregando o coeficiente de Pearson (Sokal & Rohlf, 1995).

RESULTADOS

Características e relação entre parâmetros físico-químicos do solo

Os vários resultados obtidos para a caracterização físico-química do solo ao longo dos meses de estudo são sumariados no Quadro 1.

Os resultados da análise de componentes principais dos 9 parâmetros seleccionados encontram-se sumariados na Figura 1. Os dois primeiros factores conservaram 86% da variação total. O factor 1 (72% da variação) opôs, no essencial, a temperatura e humidade do solo face à matéria orgânica, pH e fósforo. O segundo factor (14%) separou o valor de azoto e de pH do potássio e do cálcio.

Na generalidade, evidencia-se a diferenciação entre os parâmetros de carácter físico (humidade e temperatura do solo) e os de carácter químico. Em termos específicos, é visível a divisão ocorrida entre os componentes que diminuíram no tempo, essencialmente associados à fertilização (potássio, fósforo, azoto e matéria orgânica) e os que aumentaram, em virtude da época do ano (temperatura do solo) e do incremento do processo de rega (humidade do solo) (Quadro 1).

Pela interpretação da matriz de correlação dos factores mensais relativos aos parâmetros ambientais (Figura 2), observa-se que os agrupamentos definidos

foram distintos entre si, não deixando contudo de haver uma evolução sazonal.

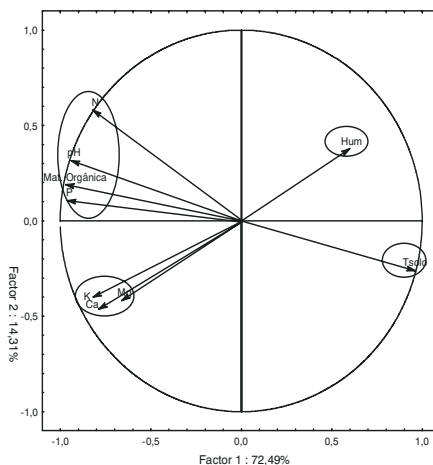


Figura 1 – Resultados da PCA entre parâmetros físico-químicos do solo de Janeiro a Junho de 2003 para a profundidade 0-20cm. Circulo de correlação

A progressão temporal evidenciou uma conjunção dos parâmetros do solo bastante semelhante de Janeiro a Março e uma maior diferenciação nos restantes meses. Em termos de valoração, evidenciou-se a diminuição ocorrida no primeiro trimestre, como resultado do esgotamento de nutrientes, invertendo-se essa tendência no tempo pelo acréscimo da humidade do solo, em virtude da rega.

QUADRO 1 – Características físico-químicas do aluviossolo de Janeiro a Junho de 2003. Valores médios de seis réplicas

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
Temperatura do solo (°C)	10	11	13	15	19	21
Humidade do solo (%)	10,1	7,1	6,2	11,8	9,0	12,1
pH	8,1	7,9	7,8	7,7	7,5	7,3
Matéria orgânica (%)	1,0	1,0	1,0	0,7	0,6	0,5
N (ppm)	52	37	19	16	6	4
P (ppm)	215	210	213	195	169	177
K (ppm)	119	148	159	126	110	67
Ca (meq/100g)	4,29	4,72	5,37	5,09	3,51	2,95
Mg (meq/100g)	0,20	0,15	0,24	0,23	0,13	0,13

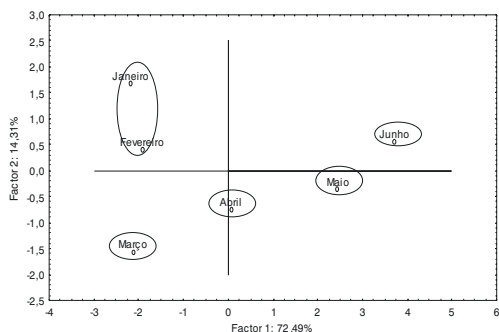


Figura 2 – Resultados da PCA entre parâmetros físico-químicos do solo de Janeiro a Junho de 2003 para a profundidade 0-20cm. Projeção dos factores

Quantificação e relações entre nemátodes fitoparasitas

No terreno em estudo foram identificados sete géneros de nemátodes fitoparasitas: *Tylenchus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Cricanemella*, *Hemicyclophora* e *Trichodorus*.

Recorrendo à Figura 3, observou-se uma evolução semelhante entre os géneros *Tylenchus*, *Helicotylenchus* e *Meloidogyne* para o período de estudo, e em menor escala para o género *Cricanemella*. Durante o primeiro trimestre do ano, o número médio de indivíduos destes géneros sofreu uma redução, mais acentuada em *Meloidogyne* entre Fevereiro e Março. De Março a Maio houve um aumento do número médio de efectivos, com maior incidência em *Helicotylenchus*. O mês de Junho caracterizou-se pelo forte incremento ocorrido, em particular com *Meloidogyne*, por seu lado, *Cricanemella* decresceu atingindo o valor mínimo da sua distribuição.

Os géneros *Pratylenchus*, *Trichodorus* e *Hemicyclophora* representaram uma pequena fracção do número total de indivíduos desta comunidade, registando-se um

número bastante reduzido de efectivos ao longo do período de estudo.

Os valores próprios da análise de componentes principais para os géneros observados demonstraram que o primeiro factor explicou 45% da variação total (Figura 4). No círculo de correlação, este factor representado pelo eixo horizontal, opôs *Tylenchus*, com as coordenadas positivas mais elevadas, face a *Meloidogyne* e *Hemicyclophora*, com as maiores coordenadas negativas. O segundo factor contribuiu com 36% da variação e evidenciou a oposição de *Helicotylenchus* e *Trichodorus* em relação a *Cricanemella* e *Pratylenchus*. *Tylenchus*, *Meloidogyne* e *Hemicyclophora* ocuparam uma posição intermédia.

Os agrupamentos assinalados derivam da abundância de cada género ao longo dos seis meses. O conjunto formado por *Cricanemella* e *Pratylenchus* sofreu uma redução ao longo do tempo. O grupo composto por *Tylenchus*, *Helicotylenchus* e *Trichodorus* apresentou mais efectivos no início e no fim do estudo. O género *Hemicyclophora* seguiu uma distribuição semelhante ao grupo anterior, mas a sua fraca abundância colocou-o à parte. *Meloidogyne* não apresentou uma distribuição caracterizável, sendo igualmente o género mais abundante.

Pela interpretação da matriz de correlação dos factores mensais relativamente aos géneros fitoparasitas durante os seis meses (Figura 5), definiu-se um grupo sazonal para o **Inverno**, composto por Janeiro e Fevereiro, um grupo para a **Primavera**, constituído por Março, Abril e Maio, e um grupo de **Verão**, formado unicamente por Junho.

O factor 1 (linha horizontal) encerrou a variação no tempo, enquanto que o factor 2 fez a separação dos meses com menor abundância (maiores coordenadas positivas) face aos de maior abundância. As comunidades de cada grupo sazonal exibiram um

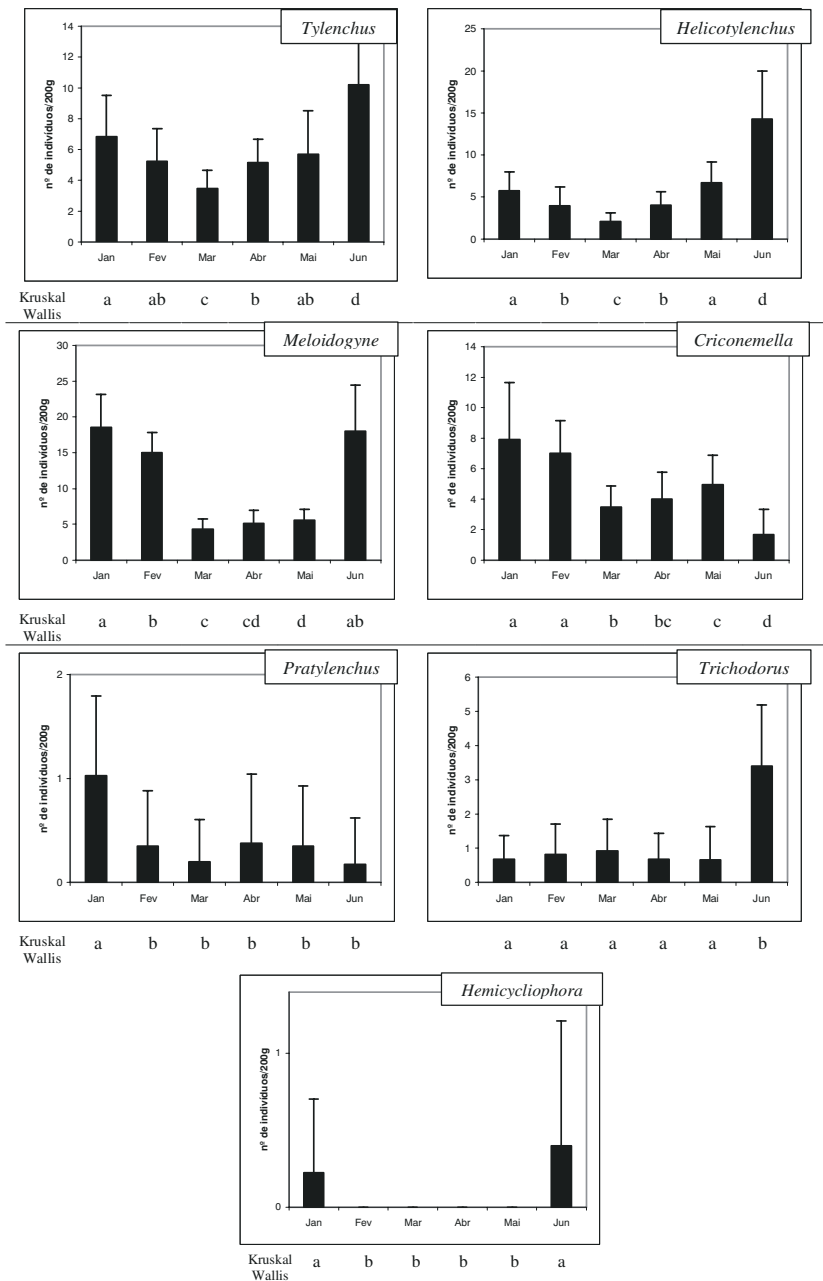


Figura 3 – Variação do número médio de indivíduos/200g (+ desvio padrão) para os gêneros fitoparasitas ao longo de seis meses para a profundidade 0-20cm. Escalas diferentes. *Kruskal-Wallis* por gênero - letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0.05$) entre meses

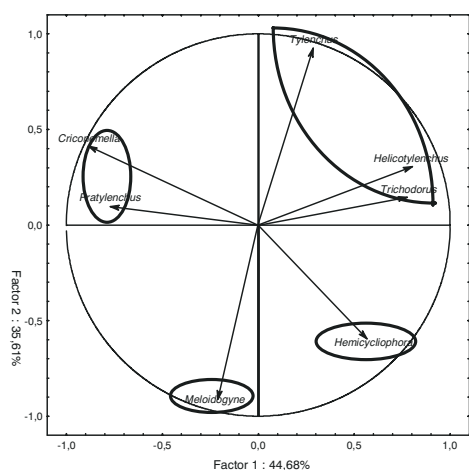


Figura 4 – Resultados da PCA entre gêneros fitoparasitas de Janeiro a Junho de 2003 para a profundidade 0-20cm. Círculo de correlação

forte isolamento. A referente ao Inverno caracterizou-se pela maior abundância, a de Primavera, ocupando uma posição intermédia, aproximou-se da de Inverno e a de Verão, com a menor abundância, afastou-se claramente das demais.

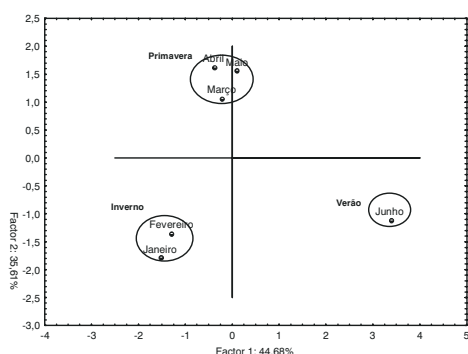


Figura 5 – Resultados da PCA entre gêneros fitoparasitas de Janeiro a Junho de 2003 para a profundidade 0-20cm. Projecção dos factores

Relação entre fitoparasitas e parâmetros físico-químicos do solo

Os valores próprios da análise de correspondência canónica entre fitoparasitas e parâmetros do solo demonstraram que o primeiro factor considerou 56% de toda a variação e que o segundo factor foi responsável por 31% (Figura 6). O resultado desta análise não evidenciou alterações significativas, quando comparada com a PCA para aos parâmetros do solo. Relativamente aos fitoparasitas, houve uma aproximação de *Tylenchus*, *Meloidogyne* e *Hemicycliophora* relativamente a *Helicotylenchus* e *Trichodorus*, formando um agrupamento não evidente na PCA, essa situação reflectiu-se no avizinhamiento de *Crictonemella* e *Pratylenchus*.

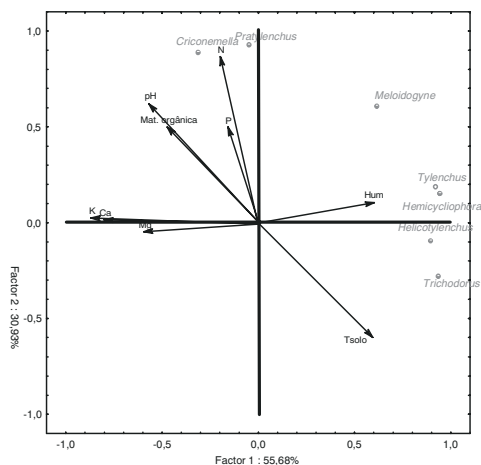


Figura 6 – Resultados da CCA entre nemátodos fitoparasitas e parâmetros físico-químicos do solo de Janeiro a Junho de 2003, à profundidade 0-20cm

A matriz de correlação entre os nemátodos fitoparasitas e os parâmetros físico-químicos do solo é sumariada na Figura 7. O género *Helicotylenchus* estabelece o

maior número de correlações (7), tendo em conta o número total de parâmetros ambientais utilizados neste estudo. O mesmo género apresenta ainda o maior número de correlações negativas (5). Das correlações obtidas, apenas as relativas ao potássio, cálcio e magnésio foram sempre negativas, por seu turno, as relativas à humidade do solo e azoto foram positivas, não se verificando qualquer tipo de correlação entre estes factores e o género *Meloidogyne*

DISCUSSÃO

Ao longo dos seis meses de estudo não se verificou uma dominância constante por parte de um dos géneros fitoparasitas associados a este sistema de cultura. No entanto, o género *Meloidogyne* foi o género mais representado no somatório dos meses, embora a sua densidade se reporte em exclusivo a indivíduos juvenis e machos presentes no solo, e como tal a sua real

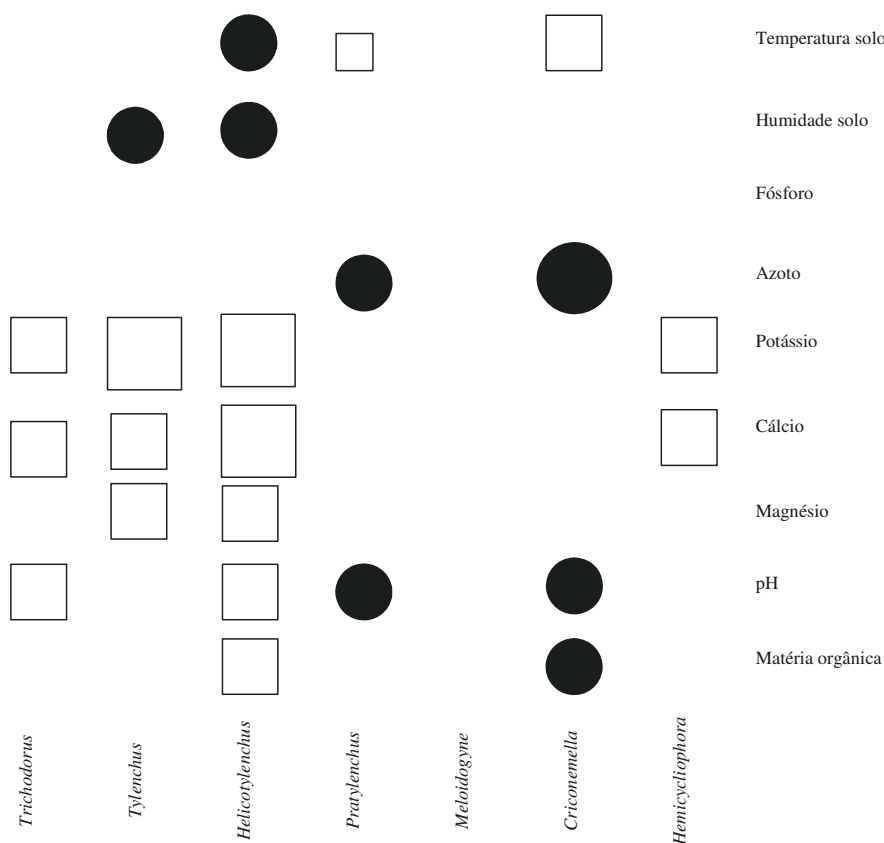


Figura 7 – Matriz de correlações entre nemátodes fitoparasitas e parâmetros físico-químicos do solo ($\alpha=0,05$), de Janeiro a Junho de 2003, à profundidade 0-20cm. O tamanho dos círculos (correlações positivas) e dos quadrados (correlações negativas) é proporcional ao grau de correlação (Pearson)

população encontra-se subestimada. Apesar de se incluir entre os principais parasitas das culturas, na presente conjectura esta população não prejudicou a produtividade da beterraba (DAI, 2004).

Em outros estudos realizados (Paracer *et al.*, 1967; Shurtleff, 1980) verificou-se que em número elevado, nomeadamente dos géneros *Tylenchus* e *Helicotylenchus*, podem ser considerados como praga para este tipo de cultura, contudo, tratando-se de nemátodes que se alimentam na superfície da raiz durante curtos períodos, o seu efeito será adverso apenas na presença de uma grande população (Shurtleff & Averre, 2000).

O género *Criconemella* apresentou mais efectivos na fase inicial da cultura, em virtude destes indivíduos encontrarem-se normalmente associados a árvores de fruto como os pessegueiros (anteriormente existentes) (Eisenback, 2002), servindo as culturas como hospedeiro secundário.

Com uma expressão bastante menor, foram identificados, os géneros *Pratylenchus*, *Trichodorus* e *Hemicycliophora*. Contrariamente aos anteriores, que aumentaram de abundância após o início da rega, a presença destes nemátodes após essa situação foi quase residual e nem o aumento da disponibilidade alimentar, nem a maior humidade do solo foram suficientes para um forte acréscimo.

A fraca apetência destes géneros pela beterraba parece indicar que esta actuará como factor limitante para as suas populações, servindo no entanto como hospedeiro secundário, já que, no caso de *Pratylenchus*, o valor máximo registado inicialmente será hipoteticamente fruto da sua distribuição cosmopolita em terrenos com milho (cultivado anteriormente) (Luc *et al.*, 1990).

As relações entre fitoparasitas espelharam as situações agrícolas do terreno: elevada perturbação inicial, com uma comunidade

específica para Janeiro/Fevereiro (Inverno) – presença mais efectiva de *Meloidogyne* e ainda com *Tylenchus* e *Criconemella*; intenso processo de rega, com uma comunidade distinta da anterior, para Junho (Verão) – predomínio de *Meloidogyne*, mas com *Tylenchus* e essencialmente *Helicotylenchus* a apresentarem maior densidade, significativa presença de *Trichodorus*.

O decréscimo sofrido na generalidade dos géneros fitoparasitas, durante o primeiro trimestre, encontra-se relacionado com as baixas temperaturas e reduzida humidade do solo (Quadro 1, Figura 6 e 7). No entanto, nos meses seguintes essa tendência foi invertida, em virtude do aumento das temperaturas e do início do processo de rega, traduzindo-se numa maior abundância e actividade por parte dos nemátodes deste grupo trófico (Gupta & Yeates, 1997). A humidade do solo acabou por ser o parâmetro que influenciou, com maior ou menor intensidade, a maioria dos géneros fitoparasitas (Ferris *et al.*, 1971; McSorley, 1997; Yeates, 1998). Essa relação foi mais evidente na fase final da cultura, tipologicamente com mais humidade do solo.

A planta hospedeira desempenhou um papel fundamental na distribuição destes indivíduos e no condicionamento físico e químico da área adjacente à raiz. A CCA (Figura 6) revelou uma forte correlação entre fitoparasitas e parâmetros do solo, concordante com resultados alcançados em trabalhos semelhantes (Kandji *et al.*, 2001; Cadet *et al.*, 2004).

No geral, a densidade dos vários géneros diminuiu perante o aumento do teor dos parâmetros associados à fertilização (potássio, cálcio ou magnésio) que induzem a imergência de um conjunto de organismos seus antagonistas (Hominick, 1999).

Por outro lado, o pH (Morgan & MacLean, 1968; Cadet *et al.*, 1994; Korthals *et al.*, 1996), a matéria orgânica (Norton *et*

al., 1971), ou o azoto, assumiram-se como favoráveis para uma presença mais efectiva de *Pratylenchus* e *Criconebella*, em particular na fase inicial da cultura em que predominaram as baixas temperaturas, as quantidades de azoto/matéria orgânica (da fertilização) foram mais elevadas e o pH superior. Tais parâmetros foram claramente adversos para os demais géneros, em particular para *Helicotylenchus*.

O género *Meloidogyne* apresentou uma distribuição intermédia face aos demais indivíduos, ligeiramente influenciado pela humidade do solo e pelo azoto. O teor de fósforo foi indiferente para estes indivíduos fitoparasitas.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Russel Alpizar Jara (Universidade de Évora) e à Professora Doutora Helena Adão (Universidade de Évora), pelo seu inestimável apoio, disponibilidade e esclarecimentos prestados em todo o tratamento estatístico. À Engenheira Francisca Figo pela ajuda cedida na parte laboratorial. Ao Engenheiro Manuel Espadinha, Director Agrícola da DAI – Sociedade para o Desenvolvimento Agro-Industrial S.A., por toda a informação e apoio cedidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barker, K. R. 1985. Sampling nematodes communities. In K. R. Barker, C. C. Carter & J. N. Sasser (eds) *An Advanced Treatise on Meloidogyne*, vol. II., pp. 3-17. North Carolina State University Graphics, USA.
- Brzeski, M. W. 1998. *Nematodes of Tylenchina in Poland and temperate Europe*. Muzeum i Instytut Zoologii Polska Akademia Nauk, Warszawa, Poland.
- Cadet, P., Berry, S. & Spaull, V. 2004. Mapping of interactions between soil factors and nematodes. *European Journal of Soil Biology* **39**: 1-10.
- Cadet, P., Thioulouse, J. & Albrecht, A. 1994. Relationships between ferrisol properties and the structure of plant parasitic nematode communities on sugarcane in Martinique (French West Indies). *Acta Ecologica* **15**: 767-780.
- Caveness, F. E. & Jensen, H. J. 1955. Modification of the centrifugal-flotation technique for isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proceedings of the Helminthological Soc. of Washington* **22**: 87-89.
- Cooke, D. 1993. Nematode parasites of sugarbeet. In K. Evans, D. L. Trudgill & J. M. Webster (eds) *Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture*, pp. 133-170.
- Critchlow, D. E. & Fligner, M.A. 1991. On distribution-free multiple comparisons in the one-way analysis of variance. *Communications of Statistical Theory and Methods* **20**: 127-39.
- DAI. 2004. *Evolução da cultura de beterraba sacarina e perspectivas*. Não publ.
- Eisenback, J. D. 2002. *Identification guides for the most common genera of plant-parasitic nematodes*. Mactode Publications, Blacksburg, Virginia.
- Ferris, V. R., Ferris, J. M., Bernard, R. L. & Probst, A. H. 1971. Community structure of plant-parasitic nematodes in soybean rotation fields. *Journal of Nematology* **3**: 339.
- Gupta, V. R. & Yeates, G. W. 1997. Soil microfauna as bioindicators of soil health. In C. E. Pankhurst, B. M. Dube & V. R. Gupta (eds) *Biological Indicators of Soil Health*, pp. 201-234. CAB International, Oxon.
- Hominick, B. 1999. Nematodes. *Proceedings of the International Workshop on*

- Tropical Soil Biology: Opportunities and Challenges for African Agriculture.* Nairobi, Kenya.
- Kandji, S. T., Ogot, C. O. & Albrecht, A. 2001. Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physico-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. *Applied Soil Ecology* **18**: 143-157.
- Korthals, W. G., Alaexey, D. A., Lexmond, T. M., Kammenga, J. E. & Bongers, T. 1996. Long-term effects of copper and pH on the nematode community in an agroecosystem. *Environmental Toxicology and Chemistry* **15**: 979-985.
- Legendre, P. & L. Legendre. 1998. *Numerical Ecology, second English edition.* Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Luc, M., Sikora, R. A. & Bridge, J. 1990. *Plant-Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture.* CAB International Institute of Parasitology, Wallingford, UK.
- Manly, B. F. 1986. *Multivariate Statistical Methods – a primer.* Chapman & Hall, Ltd, London, UK.
- McSorley, R. 1997. Relationships of crop and rainfall to soil nematode community structure in perennial agroecosystems. *Applied Soil Ecology* **6(2)**: 147-159.
- Midgley, D. & Torrance, K. 1978. *Potentiometric Water Analysis.* John Wiley and Sons, Inc, New York, USA.
- Morgan, G. T. & MacLean, A. A. 1968. Influence of soil pH on an introduced population of *Pratylenchus penetrans*. *Nematologica* **14**: 311.
- Norton, D. C., Frederick, L. R., Ponchillia, P. E. & Nyhan, J. W. 1971. Correlations of nematodes and soil properties in soybean fields. *J. of Nematology* **3**: 154.
- Paracer, S. M., Wasseem, M. & Zuckerman, B. M. 1967. The biology and pathogenicity of the awl nematode, *Dolichodorus heterocephalus*. *Nematologica* **13**: 517.
- Sasser, J. N. 1989. *Plant-parasitic Nematodes: the farmer's hidden enemy.* Department of Plant Pathology and Consortium of International Crop Protection, North Carolina State University, Raleigh, USA.
- Shurtleff, M. C. 1980. *Compendium of corn diseases - second edition.* American Phytopathological Society.
- Shurtleff, M. C. & Averre III, C. W. 2000. *Diagnosing plant disease caused by nematodes.* APS Press, Minnesota, USA.
- Siddiqi, M. R. 2000. *Tylenchida – parasites of plants and insects.* CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1995. *Biometry, third edition.* W.M. Freeman and Company, New York, USA.
- Starr, J.L., Bridge, J. & Cook, R. 2002. Resistance to plant-parasitic nematodes: history, current use and future potential. In J. L. Starr, R. Cook & J. Bridge (eds) *Plant Resistance to Parasitic Nematodes.* CABI Publ. New York, USA.
- Steele, A. E. 1984. Nematode parasites of sugar beet. In W. R. Nickle (ed) *Plant and Insect Nematodes*, pp. 507-545. Marcel Dekker, Inc, New York, USA.
- Thomas, G. W. 1982. Exchangeable Cations. In A. L. Page, R. H. Miller & D. R. Keeney (eds) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties – Agronomy Monograph n°. 9, second edition*, pp. 159-165. Soil Science Society of America, Inc., Madison, USA.
- Yeates, G. W. 1998. Soil nematode assemblages: regulators of ecosystem productivity. *Phytoparasitica* **26(2)**: 97-100.
- Yeates, G. W. 1999. Effects of plants on nematode community structure. *Annual Review of Phytopathology* **37**: 127-149.

Olival superintensivo - realidade ou utopia?

Hedgerow olive orchards: reality or utopia?

R. De la Rosa¹, L. León¹, N. Guerrero², L. Rallo³ & D. Barranco³

RESUMO

Actualmente las plantaciones de olivar tienen unas densidades que no suelen superar los 330 olivos por hectárea. El mayor coste su cultivo se produce en la recolección, donde se necesita una gran cantidad de mano de obra. Recientemente ha surgido un nuevo tipo de plantaciones cuyas densidades se acercan a las 2000 plantas por hectárea y donde los olivos se disponen en setos continuos separados unos 3,5 m.

La mayor ventaja de este tipo de plantaciones es su recolección totalmente mecanizada, mediante máquinas cabalgadoras que pasan por encima de los setos, en un sistema muy parecido al usado en la vid. Además, estas plantaciones son de muy temprana entrada en producción y muy productivas, al menos en los primeros años. La variedad que se utiliza, casi en exclusiva, para este tipo de plantaciones es 'Arbequina'.

En el presente trabajo se describen los resultados de un ensayo comparativo de variedades que se estableció en el año 2000 y del que se han recogido ya 4 cosechas. Este ensayo incluye las variedades 'Arbequina', 'Arbequina i-18', 'Arbosana', 'Koroneiki', 'Fs-17' y 'UC 2-35'. De ellas, 'Arbequina' y 'Arbosana' han sido las más productivas y 'UC 2-35' la menos vigorosa de las ensaya-

das. También se describen los resultados de un ensayo comparativo de densidades desde 754 a 2580 plantas/ha que fue establecido en el año 1999. Hasta ahora, la densidad más productiva parece ser la de 2000 plantas/ha. Habrá que esperar a los próximos años para tener resultados más definitivos sobre éstos ensayos ya que es de esperar que a partir de ahora es cuando aparezcan los problemas relacionados con la competencia entre árboles.

En conclusion, en un escenario donde las ayudas de la Unión Europea van a ir disminuyendo progresivamente, y donde la mano de obra es cada vez más difícil de encontrar, la capacidad real de este tipo de plantaciones de ser rentables a largo plazo determinará el futuro éxito de las mismas.

ABSTRACT

Nowadays, olive orchards have a densities not higher than 330 trees/ha. The major cost correspond to harvest operations, which is very labour demanding. Recently, a new type of olive plantations with densities around 2.000 trees/ha has appeared.

The major advantage of this type of plantations is their totally mechanised harvest, by vineyards straddle-harvesting machines.

¹ Centro "Alameda del Obispo", IFAPA, Avda. Menéndez Pidal s/n, Apdo. 3092, Córdoba, Espanha, e-mail: raul.rosa@juntadeandalucia.es; ² Todolivo S.L., c/ Ingeniero Torroja y Miret s/n, 14013, Córdoba, Espanha; ³ Dpto Agronomía, Universidad de Córdoba

These plantations have a very early bearing and very productive, at least in the first years. The most common cultivar used is 'Arbequina'.

In the present work, data of the first four harvest of a variety comparative trial are reported. This trial include 'Arbequina', 'Arbequina i-18', 'Arbosana', 'Koroneiki', 'Fs-17' y 'UC 2-35' cultivars. From the 'Arbequina' and 'Arbosana' had been the most productive and 'UC 2-35' the less vigorous. Results of a trial testing densities between 780 and 2580 trees/ha is also described. Up to now, the higher densities have been the most productive ones. However, more definitive results can be obtained in the coming years, when problems of competence among trees started to appear.

In summary, as in the near future is expected that the subsidies from the EU are going to be greatly reduced and the labour for harvesting is difficult to find, the ability to this type of plantations to be profitable at long term will determine their success.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, el olivo se ha cultivado en secano y con marcos de plantación amplios, que suponen densidades muy variables, desde 17 olivos/ha (marcos de 24x24 metros) en olivares de Sfax (Túnez), hasta 400 olivos/ha en algunas comarcas de la Toscana (Italia) (Navarro & Parra, 1997). En España y concretamente en Andalucía, las plantaciones tradicionales tienen del orden de 70-80 árboles/ha, con una media de 3 pies/olivo. Estas plantaciones se caracterizan por tener una productividad media-baja, unos elevados costes de cultivo (recolección, poda, etc.) y por su fuerte dependencia de unas subvenciones que son indispensables para el olivicultor. A partir de los años 70, se empezaron a realizar plantaciones de

hasta 300 árboles/ha, con un solo pie por olivo, más productivas y rentables, diseñadas para una recolección mecánica con vibradores de tronco (Pastor *et al.*, 1990). Diversos ensayos de densidades y marcos de plantación realizados en Andalucía (Pastor *et al.*, 1990) y Cataluña (Tous *et al.*, 1990) han demostrado que la producción por unidad de superficie aumenta al aumentar la densidad de plantación en el intervalo de 100 a 300 olivos/ha.

La olivicultura moderna exige una mayor calidad de los productos que los haga más competitivos y unas condiciones de cultivo que mantengan la rentabilidad. Por su parte, el agricultor busca el máximo beneficio mediante una máxima producción de calidad y una reducción de los costes. Estos objetivos se consiguen aumentando la superficie de cultivo, aumentando los rendimientos y mediante el uso de nuevas variedades y nuevas técnicas de cultivo. Entre las nuevas técnicas de cultivo se encuentran las plantaciones superintensivas de olivo, que consisten en la formación de hileras de olivos en setos, con densidades superiores a los 1500 árboles/ha, y con lo que se consigue una plena mecanización de las técnicas de cultivo y de la recolección. Estas plantaciones aparecieron en España, concretamente en Cataluña, a principios de los años 90, y están pensadas para recolectar la aceituna con cosechadoras tipo "cabalgante", pues sólo este tipo de mecanización garantiza su rentabilidad (Tous *et al.*, 2003). Sin embargo, en Andalucía no es mucha la experimentación que existe sobre las plantaciones superintensivas. En concreto dos de los interrogantes más importantes son la densidad óptima de plantación y si hay realmente variedades adaptadas a estas altas densidades.

En el presente trabajo se muestran los resultados de un ensayo comparativo de variedades en marco superintensivo y otro donde se comparan diversas densidades de

plantación. En base a los datos obtenidos, se discute la viabilidad de estos sistemas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Los dos ensayos que se describen en este artículo se encuentran ubicados en Pedro Abad (Córdoba, España), en una finca propiedad de la empresa Todolivo S.L.

Ensayo comparativo de variedades

En este ensayo se han comparado las variedades 'Arbequina', 'Arbequina i-18' (Tous *et al.*, 1999), 'Arbosana', 'Koroneiki', 'Fs-17', que es una preselección de un programa de mejora de Italia (Fontanazza *et al.*, 1998) y 'UC 2-35', una preselección del programa de mejora de Córdoba, España (León, 2002). Dichas variedades están dispuestas en un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones y con una fila de 45 árboles por parcela elemental. La plantación se realizó en el año 2000. La densidad fue de 2116 plantas/ha.

Se han obtenido ya tres cosechas significativas. En ellas se ha evaluado la cosecha total de cada parcela elemental, el rendimiento graso y el tamaño de fruto. También se ha evaluado el efecto del sombreado de las partes bajas de los árboles sobre el rendimiento graso.

Ensayo comparativo de densidades

Se han comparado 11 densidades de plantación diferentes que abarcan desde 754 árboles/ha hasta 2580 árboles/ha en un diseño en bloques con 4 repeticiones. La parcela elemental está compuesta por una línea de árboles de una densidad determinada. Dentro de los bloques, las densidades no están colocadas al azar sino que tienen una disposición ordenada correlativa de mayor a me-

nor densidad. Este ensayo se plantó en el año 1999.

Se ha determinado la cosecha y el rendimiento graso durante las cuatro campañas en las que se ha recogido una producción significativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensayo comparativo de variedades

Las evaluaciones de los primeros cuatro años de cosecha muestran que las variedades 'Arbequina' y 'Arbosana' han sido las más productivas (Tabla 1), al igual que ocurrió en un ensayo previo realizado en Cataluña (Tous *et al.*, 2003). No ha habido diferencias significativas entre la variedad 'Arbequina' estándar y su clon 'IRTA i-18', contradiciendo datos anteriores obtenidos en Cataluña (Tous *et al.*, 1999). La única variedad con cosecha significativa en el año 2001 fue 'Koroneiki' (Figura 1). El pronunciado descenso de la cosecha en el año 2004 en la esta variedad respecto al resto de variedades, fue debido a que en el invierno anterior hubo que practicar una poda severa por su elevado vigor. En cuanto al aceite acumulado en las cuatro campañas ocurre exactamente lo mismo que para la cosecha de aceituna. En cuanto al peso de fruto las variedades 'Fs-17' y 'UC 2-35' parecen ser las de mayor calibre, quizás condicionado por su menor cosecha. La variedad 'UC-2-35', a pesar de su menor cosecha en estos primeros años, mantiene un vigor más reducido que el resto de variedades (datos no mostrados), por lo que es posible que pueda permanecer en el campo un mayor número de años, dado que el vigor es uno de los grandes limitantes de este tipo de plantaciones.

Otro de los problemas de este tipo de plantaciones es el efecto del sombreado

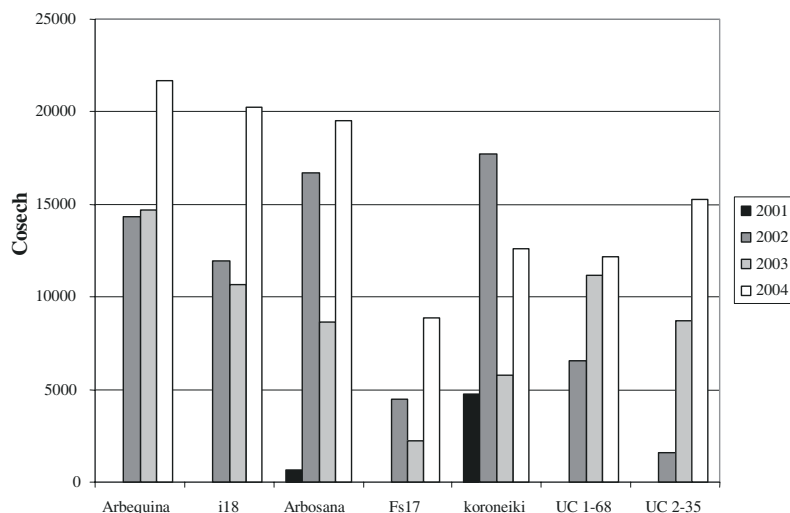


Figura 1 – Cosecha, expresada en kg de aceituna por ha, del ensayo de variedades en los cuatro años estudiados

en las partes bajas de los árboles donde llega menor cantidad de radiación. Para ver la influencia de este fenómeno sobre la productividad final, se compararon los componentes del rendimiento graso para las partes bajas y altas de tres árboles de la variedad ‘UC-2-35’ (Tabla 2). Las aceitunas de las partes altas y bajas estaban en estado de madurez 4 y 2 respectivamente (Frías *et al.*, 1991). Para todos los parámetros medidos, las aceitunas de las partes altas presentaban unos valores significativamente mayores que en las partes bajas. Ésto indica que el sombreado producido por la alta densi-

dad disminuye tanto el rendimiento graso como el peso de los frutos, lo que afecta negativamente a la cosecha final.

Ensayo de densidades

En la primera y segunda cosechas analizadas (2002 y 2003), la producción aumentó linealmente con la densidad (Figura 2). Esto sucedió porque no se detectó una influencia de la densidad en la producción por árbol. Tampoco hubo diferencias significativas en cuanto al rendimiento graso (datos no mostrados). En la

TABLA 1 – Cosecha acumulada en los años 2001 a 2004

Varietal	Cosecha acumulada (kg/ha)	Aceite acumulado (kg/ha)	Peso 1 fruto (g)
‘Arbequina’	50,731 ^a	7,185 ^{ab}	1,75 ^{cd}
‘Arbequina i-18’	42,906 ^{ab}	6,443 ^b	1,86 ^c
‘Arbosana’	45,204 ^{ab}	8,661 ^a	1,64 ^d
‘Fs-17’	15,537 ^b	2,320 ^c	2,93 ^a
‘Koroneiki’	39,645 ^{bc}	7,228 ^{ab}	1,00 ^e
‘UC 2-35’	25,570 ^c	3,408 ^c	2,39 ^b

Letras diferentes indican diferencias significativas (Test de Tukey, $P < 0.05$).

TABLA 2 – Valores medios de los componentes del rendimiento graso de las muestras de aceituna recogida, simultáneamente, con distinto estado de madurez 2 y 4 (Frías *et al.*, 1991) en tres árboles de la variedad UC 2-35 en marco superintensivo

Árbol	Estado de madurez	Peso de fruto (g)	Humedad (%)	Rendimiento graso (%)
1	4	2,52a	68,56a	18,96a
1	2	1,55b	75,52b	12,51b
2	4	2,31a	66,54a	20,67a
2	2	1,52b	72,89b	14,73b
3	4	2,36a	64,88a	21,62a
3	2	1,70b	71,69b	15,63b

Letras diferentes indican diferencias significativas (Test de Tukey, $P < 0.05$)

última cosecha, ha empezado a aparecer competencia entre los árboles en los tratamientos de mayor densidad (2254 y 2580 arboels/ha). Ésto ha hecho que las densidades que han tenido más producción ya no han sido las mayores. Es de esperar que en los próximos años vaya apareciendo competencia entre los árboles en densidades menores. Habrá que ver, entonces, qué densidades son las que dan una mayor cosecha

acumulada a largo plazo. En un ensayo previo, realizado con densidades menores, de hasta 888 árboles/ha, no se detectaron competencia entre árboles en los primeros 7 años de plantación (Tous *et al.*, 2005), aunque, en este caso, las producciones por hectárea fueron muy inferiores a las aquí obtenidas.

En resumen, el futuro de las plantaciones superintensivas es todavía discutido (Tous *et al.*, 2005; Pastor *et al.*, 2005). El mayor

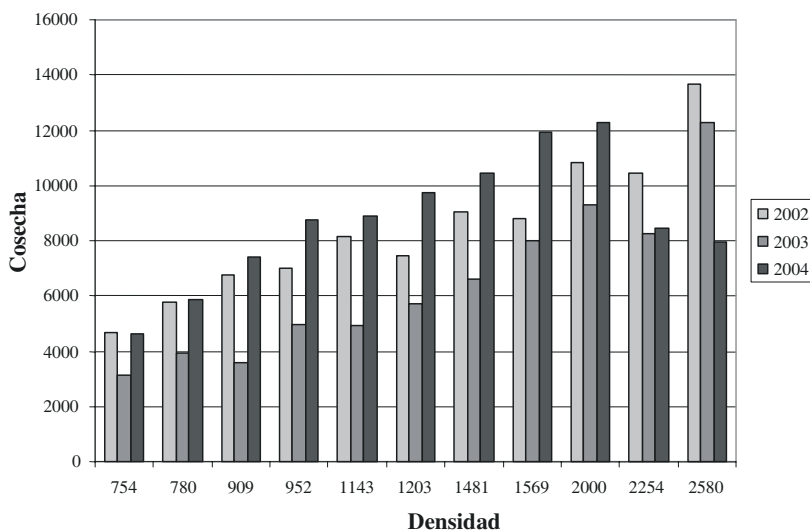


Figura 2 – Cosecha, expresada en kg de aceite por ha, del ensayo de densidades en los tres años estudiados

problema de este tipo de plantaciones es que el vigor de las variedades existentes hoy día, incluso de las que tienen un mejor comportamiento como 'Arbequina', hace que a los pocos años de la plantación empiecen a aparecer problemas de competencia que vayan disminuyendo la producción. Es necesario, por tanto que se generen nuevas variedades que mantengan un vigor reducido un número mayor de años. En cualquier caso, existe hoy día un gran número de plantaciones superintensivas de esta variedad que ya sobrepasan los 6 años de edad y que se mantienen productivas y que parece ser rentable. Quizás otra clave esté en realizar una poda sistemática y suficientemente fuerte para permitir que el vigor de los árboles no se dispare.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Frias, L., Garcia-Ortiz, A., Hermoso, M., Jimenez, A., Llaveró Del Pozo, M.P., Morales, J., Ruano, T. & Uceda, M. 1991. Analistas de laboratorio de almazara. *Informaciones Técnicas*, 6/91. Junta de Andalucía. 105 pp
- Fontanazza, G., Bartolozzi, F. & Vergari, G. 1998. Fs-17. *Riv. Frutticoltura*, 5:61.
- León, L. 2002. *Mejora Genética por Cruzamiento en Olivo (Olea Europaea L.): Variabilidad, Selección en Progenies y Puesta a Punto de la Técnica NIRS*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Navarro, C. & Parra, M.A. 1997. Plantación. In: D. Barranco, R. Fernández-Escobar & L. Rallo (eds) *El cultivo del olivo*. pp. 170-189. Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. Madrid.
- Pastor, M., Humanes, J. & Jiménez, P. 1990. Increased densities in traditional rainfed adult olive groves in Andalucía. *Acta Hort.*, 286: 291-294.
- Pastor, M., Vega, V. & Hidalgo, J.C. 2005. Ensayos en plantaciones de olivar superintensivas e intensivas. *Vida Rural*, 218: 30-40.
- Tous, J., Romero, A. & Plana, J. 1999. "IR-TA-i", clon de la variedad de olivo 'Arbequina'. *Olivae*, 77:50-52.
- Tous, J., Romero, A. & Plana, J. 2003. Plantaciones superintensivas en olivar. Comportamiento en 6 variedades. *Agricultura*, 851:347-350.
- Tous, J., A.Romero, J. Plana, & J.F. Hermoso. 2005. Ensayo de densidades altas de plantación en la variedad de olivo 'Arbequina'. *Actas de Horticultura*, 596-601.

