

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
MESTRADO EM ECONOMIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO ECONÓMICA DA APLICAÇÃO
DE UMA POLÍTICA DE PREÇO DA ÁGUA NO REGADIO DA
LEZÍRIA DO TEJO**

*Dissertação apresentada à
Universidade de Évora para a
obtenção do grau de Mestre.*

Realizada por:
João Luís Barroca de Sousa Varela
Orientadora:
Professora Doutora Maria Leonor da Silva Carvalho

ÉVORA

2007

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
MESTRADO EM ECONOMIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO ECONÓMICA DA APLICAÇÃO
DE UMA POLÍTICA DE PREÇO DA ÁGUA NO REGADIO DA
LEZÍRIA DO TEJO**



*Dissertação apresentada à
Universidade de Évora para a
obtenção do grau de Mestre.*

164723

Realizada por:

João Luís Barroca de Sousa Varela

Orientadora:

Professora Doutora Maria Leonor da Silva Carvalho

ÉVORA

2007

“It takes 1000 tons of water to produce 1 ton of grain. As water becomes scarce and countries are forced to divert irrigation water to cities or industry, they will import more grain. As they do so, water scarcity will be transmitted across national border via the grain trade. Aquifer depletion is a largely invisible threat, but that does not make it any less real.”

BROWN *et al.*, 1999

Para o João e para a Marta

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho não poderia ter sido realizado sem a valiosa contribuição dum conjunto de pessoas que, desinteressadamente, ajudaram à sua concretização. Penitenciando-me, desde já, por eventuais omissões, desejo exprimir o meu profundo agradecimento:

. À Professora Doutora Maria Leonor da Silva Carvalho, dedicada orientadora, pelos conselhos, sugestões e críticas, valiosas contribuições para a elaboração deste estudo. Estendo este agradecimento ainda à disponibilidade demonstrada na revisão do texto.

. Ao Professor Doutor Rui Manuel de Sousa Fragoso, pela colaboração na sugestão de temas de investigação, pela contribuição na revisão do capítulo da água, bem como pela disponibilização de excelente bibliografia.

. Ao Professor Doutor Pedro Damião de Sousa Henriques, pela contribuição na revisão do capítulo da água.

. Aos professores dos departamentos de Economia e de Gestão de Empresas da Universidade de Évora que leccionaram as disciplinas do plano curricular do mestrado de Economia Agrícola 06/07, pelo incentivo e encorajamento, e ainda pela ajuda no despertar desta paixão antiga.

. Aos meus colegas de curso, em particular ao Filipe Rosado e à Paula Colaço, pela prestimosa colaboração na realização deste mestrado. Um abraço amigo.

. À Doutora Liliana Évora, do Secretariado de Mestrados e Pós-Graduações do Departamento de Economia da Universidade de Évora, pela simpatia e disponibilidade sempre demonstradas.

. Aos meus sogros, pelas facilidades concedidas que permitiram realizar este estudo.

. Aos meus pais, pela solicitude demonstrada na revisão do texto do trabalho.

. À minha mulher, pela paciência e pelo tempo «roubado». Com amor, agradeço sentidamente.

. Aos meus filhos, João e Marta. O incentivo, quantas vezes necessário, que deram ao pai (mesmo sem saberem) tornou infinitamente mais simples a realização desta tarefa.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
ÍNDICE DE QUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMO	XI
ABSTRACT.....	XII
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – O problema	2
1.2 – Objectivos	4
1.3 – Organização do trabalho	4
CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO	6
2.1 – Introdução	6
2.2 – Caracterização edáfica e de uso	7
2.3 – Caracterização climática	11
2.4 – Caracterização hidrológica	12
CAPÍTULO 3 – ASPECTOS ECONÓMICOS DA ÁGUA DE REGA	14
3.1 – Introdução	14
3.2 – Água e direito à água	14
3.3 – Valorização da água	17
3.3.1 – Valor total para os utilizadores	18
3.3.2 – Valor sócio-económico total	19
3.3.3 – Valor sócio-económico e ambiental total	20
3.4 – Custo da água	20
3.4.1 – Custo total de fornecimento	21
3.4.2 – Custo económico total	21
3.4.3 – Custo total	22
3.5 – Política de preço da água	24
3.6 – Métodos de tarifação da água	27
3.7 – A legislação nacional e a Directiva-Quadro da Água	30
CAPÍTULO 4 – ESPECIFICAÇÃO, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO	34
4.1 – Introdução	34
4.2 – Programação linear	34
4.3 – Calibração do modelo	38
4.4 – Validação do modelo	53

CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS ...	55
5.1 – Introdução	55
5.2 – Características técnicas	55
5.3 – Actividades e cenários	56
5.4 – Ocupação cultural 1999-2005	57
5.5 – Método com tarifa volumétrica fixa	59
5.5.1 – Consumo de água.....	61
5.5.2 – Receita da água	61
5.5.3 – Margem bruta total dos agricultores	63
5.5.4 – Variação do benefício total do sistema	63
5.5.5 – Subsídios	65
5.5.6 – Mão-de-obra	66
5.6 – Método com tarifa volumétrica variável	67
5.6.1 – Consumo de água.....	71
5.6.2 – Receita da água	72
5.6.3 – Margem bruta total dos agricultores	73
5.6.4 – Variação do benefício total do sistema	75
5.6.5 – Subsídios	76
5.6.6 – Mão-de-obra	77
5.7 – Método com tarifa fixa por superfície	79
5.7.1 – Consumo de água.....	81
5.7.2 – Receita da água	82
5.7.3 – Margem bruta total dos agricultores	84
5.7.4 – Variação do benefício total do sistema	85
5.7.5 – Subsídios	86
5.7.6 – Mão-de-obra	87
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	89
6.1 – Conclusões	89
6.2 – Recomendações	92
6.3 – Comentário final	93
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	95
ANEXOS	103
ANEXO A – Descrição do modelo primal e variáveis duais associadas	104
ANEXO B – Calibração do modelo	107
ANEXO C – Adaptações do modelo	111
ANEXO D – Complementos à caracterização da Lezíria do Tejo	117
ANEXO E – Dados	123
ANEXO F – Resultados	140

ÍNDICE DE QUADROS

<i>Quadro</i>	<i>Página</i>
2.1 – Características gerais das classes da capacidade de uso do solo	9
2.2 – Caracterização climática da região Lezíria do Tejo	11
3.1 – Mecanismos de tarifação da água de rega (adaptado de Cornish <i>et al.</i> , 2004)	27
4.1 – Formulação genérica dum modelo de PL em forma de <i>tableau</i>	35
4.2 – Resultados do modelo e valores observados (ano 1999)	53
5.1 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação do consumo de água	82
5.2 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à receita total da tarifação da água	83
5.3 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação da margem bruta	85
5.4 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação do benefício total do sistema	86
5.5 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação dos subsídios	87
5.6 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação da mão-de-obra utilizada	88
C.1 – Matriz simplificada do modelo	116
D.1 – Superfície ocupada pelas culturas regadas objecto do estudo nos concelhos da Lezíria do Tejo	119
D.2 – Área média das culturas por bloco de exploração	120
E.1 – Culturas regadas da Lezíria do Tejo	124
E.2 – Área de regadio na Lezíria do Tejo	124
E.3 – Regadios na Lezíria do Tejo	125
E.4 – Dados gerais da caracterização da Lezíria do Tejo	126
E.5 – Caracterização do capital humano (produtor singular autónomo)	126
E.6 – Ocupação da terra na Lezíria do Tejo	127
E.7 – Resumo das contas de cultura das actividades (1999)	129
E.8 – Resumo das contas de cultura das actividades (2005)	130
E.9 – Montante das ajudas (campanha de comercialização 1999/2000)	131
E.10 – Classes de rendimento de acordo com o Plano de regionalização (1999)	132
E.11 – Classes de rendimento considerado para o modelo	132
E.12 – Montante das ajudas (campanha de comercialização 2005/2006)	133
E.13 – Classes de rendimento para pagamento complementar	133
E.14 – Preços dos produtos vegetais no agricultor (1999 e 2005)	134
E.15 – Esquema de rega das culturas	136
E.16 – Necessidades de rega das culturas – valores indicativos, valores calculados e valores assumidos para o modelo	136
E.17 – Escalões de consumo de água de rega das culturas	137

E.18 – Solução do modelo de programação linear	138
E.19 – Renda observada do recurso limitante – terra	138
E.20 – Preço-sombra modificado (ρ')	139
F.1 – Área ocupada pelas actividades em 1999 e 2005	140
F.2 – Área ocupada pelas actividades para diferentes tarifas volumétricas fixas	141
F.3 – Valores das variáveis em estudo para diferentes tarifas volumétricas fixas	141
F.4 – Área ocupada pelas actividades para diferentes tarifas volumétricas variáveis	142
F.5 – Valores das variáveis em estudo para diferentes tarifas volumétricas variáveis	142
F.6 – Área ocupada pelas actividades para diferentes tarifas fixas por superfície	143
F.7 – Valores das variáveis em estudo para diferentes tarifas fixas por superfície	143

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Página</i>
2.1 – A Lezíria do Tejo e os sub-territórios	7
2.2 – Distribuição dos diferentes tipos de solos na Lezíria do Tejo	7
2.3 – Distribuição da capacidade de uso dos solos na Lezíria do Tejo	9
2.4 – Uso dos solos na Lezíria do Tejo	10
2.5 – Gráfico termo-pluviométrico da Estação Santarém/Escola Agrícola	11
2.6 – Balanço hídrico da Estação Santarém / Escola Agrícola	12
3.1 – Componentes do valor da água (adaptado de ROGERS <i>et al.</i> , 1998 e PEARCE e TURNER, 1990)	18
3.2 – Componentes do custo da água (adaptado de ROGERS <i>et al.</i> , 1998)	21
3.3 – Curva da procura da água (adaptado de CORNISH <i>et al.</i> , 2004)	26
4.1 – Resolução gráfica de um modelo de PL (adaptado de Helming, 2005)	39
4.2 – Calibração do modelo recorrendo à PMP (adaptado de Helming, 2005)	42
5.1 – Comparação entre 1999-2005 das áreas ocupadas (%) pelas culturas regadas	58
5.2 – Variação percentual da área ocupada pelas culturas regadas de 1999 para 2005	58
5.3 – Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis de preços da água (cent./m ³)	59
5.4 – Custo limite da água por hectare para as culturas arvenses	60
5.5 – Consumo total de água (hm ³) para diferentes tarifas de água	61
5.6 – Receita total da água (milhões de euros) para diferentes tarifas de água	62
5.7 – Margem bruta total dos agricultores (milhões de euros) para diferentes tarifas de água	63
5.8 – Variação do benefício total do sistema (milhões de euros) para diferentes tarifas de água	64
5.9 – Subsídios (milhões de euros) para diferentes tarifas de água	65
5.10 – Mão-de-obra (milhares de dias) para diferentes tarifas de água	66
5.11 – Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis variáveis de preços da água (cent./m ³)	68
5.12 – Comparação da variação da área ocupada pelas culturas com tarifa volumétrica fixa (1 centimo/m ³) e com tarifa volumétrica variável (1 centimo/m ³ ; 2 centimos/m ³ ; 3 centimos/m ³)	69
5.13 – Comparação da variação da área ocupada pelas culturas com tarifa volumétrica fixa (5 centimos/m ³) e com tarifa volumétrica variável (5 centimos/m ³ ; 10 centimos/m ³ ; 15 centimos/m ³)	70
5.14 – Comparação da variação da área ocupada pelas culturas com tarifa volumétrica fixa (10 centimos/m ³) e com tarifa volumétrica variável (10 centimos/m ³ ; 20 centimos/m ³ ; 30 centimos/m ³)	70

RESUMO

A aplicação da Directiva-Quadro da Água, numa tentativa de promover a utilização sustentável da água (nomeadamente através da tarifação da água que reflecta o seu real custo), terá um impacto nas actividades económicas que delas dependem, em particular na agricultura. O presente estudo avalia os impactos sócio-económicos e ambientais da introdução de uma política de preço da água no regadio da Lezíria do Tejo. Para esse fim, desenvolveu-se um modelo de programação matemática (o MALTe), calibrado utilizando a técnica da Programação Matemática Positiva.

A análise das soluções óptimas revelou um reajuste das áreas afectas às diferentes culturas, observando-se uma diminuição da área total de regadio. Constatou-se, no entanto, que com prudência e bom senso na definição do regime económico-financeiro da política de preço da água, é possível combater o drama da escassez de água sem que os impactos comprometam o futuro da agricultura naquela região.

PALAVRAS-CHAVE: Directiva-Quadro da Água; Programação Matemática Positiva; Modelos regionais.

ECONOMIC EVALUATION OF THE APPLICATION OF A WATER CHARGING POLICY IN THE IRRIGATED FIELDS OF LEZÍRIA DO TEJO

ABSTRACT

The full application of the Water Framework, working out the problem of the sustainable use of water (namely by charging the water in such a way that fully reflects its real costs), will have an impact in all water dependent economic activities, particularly in agriculture. This study evaluates the socio-economic and environmental impacts of the introduction of a water charging policy in the irrigated fields of Lezíria do Tejo. For that purpose, a mathematical programming model was developed (the MALTe – Modelling Agriculture in Lezíria do Tejo), calibrated by using the positive mathematical programming method (PMP).

The analyses of the optimal solutions indicate that a reallocation of land to the different crops will occur, as well as a decrease of the total irrigation area. However, as long as caution and good sense are used on defining the water economic and financial regime, it is possible to overcome the drama of water scarcity without compromising the future of agriculture in that region.

KEY-WORDS: Water Framework; Positive Mathematical Programming; Regional models.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

As questões ambientais têm um peso cada vez maior na definição das políticas de qualquer sector da economia. A agricultura, estando inerentemente ligada à utilização de recursos ambientais, deve, por maioria de razão, suscitar nos decisores políticos acrescidas atenções para este aspecto.

Assistiu-se, num passado não muito distante (num primeiro momento da adesão de Portugal à então Comunidade Económica Europeia), a apoios à implementação dum paradigma agrícola para algumas regiões nacionais (e, em particular, para a região da Lezíria do Tejo) que pareciam menosprezar as directivas que apontavam no sentido da utilização sustentável dos recursos e das boas práticas ambientais na actividade agrícola. A agricultura portuguesa estava atrasada, quando comparada com os níveis médios europeus, fruto do imobilismo dos empresários, que resultava, em parte, do proteccionismo estatal em relação à actividade agrícola nacional. Era necessário modernizá-la, torná-la competitiva perante um cenário de liberalização do comércio agrícola dentro das fronteiras comunitárias, não olhando a custos (tanto económicos como ambientais). Os fluxos de capital para apoiar essa modernização surgiram dos fundos comunitários de coesão, criados para atenuar as diferenças entre Estados.

Na Lezíria do Tejo, os apoios comunitários promoveram um desenvolvimento da agricultura intensiva na região. Conduziram ao abandono de culturas permanentes, como a vinha e o olival, que dominavam a paisagem da região e que não eram, na sua maioria, muito exigentes em termos de necessidades hídricas. O clima dominante em Portugal (e que é, seguramente, um dos principais factores de produção agrícola) é tipicamente mediterrânico, sendo pouco favorável à obtenção de elevadas produções em culturas de Primavera/Verão (sobretudo devido à existência de uma estação seca que se estende quase invariavelmente de Junho a Agosto) se não se recorrer à prática da rega¹.

¹ A agricultura de regadio é muito importante para a produção agrícola, proporcionando uma estabilidade nos rendimentos dos agricultores, fruto do grau de independência que se adquire face à variabilidade intra e inter-anual dos regimes de precipitação. Ver, por exemplo, CARVALHO (1994).

A particularidade da disponibilidade hídrica sem limitações quantitativas que a região apresenta, nomeadamente na zona de aluvião das margens do rio Tejo (conhecida por *Lezíria*), onde a maioria da água para rega provém de captações privadas, conjugada com os elevados fluxos de capital destinados à modernização da agricultura, levaram ao aumento da área ocupada por culturas de regadio (que já eram tradicionalmente cultivadas nesta região), à introdução de novas culturas de regadio, ou mesmo à adopção de tecnologias de regadio em culturas que eram anteriormente de sequeiro.

Por outro lado, a convergência dos preços, praticados em Portugal, dos produtos agrícolas com os preços nos restantes países da comunidade (e, inclusivamente, a adaptação dos preços comunitários aos preços mundiais), proporcionou um cenário de diminuição das margens brutas dos agricultores, obrigando a uma gestão mais cuidada dos recursos. Questões como a organização do trabalho ou o aproveitamento mais intensivo do parque de máquinas passaram a estar mais presentes no dia-a-dia dos agricultores da região. A intensificação, com a realização de duas ou mais culturas por ano, tornou-se uma realidade em muitas explorações, com consequências ao nível da possível sobre-exploração dos recursos ambientais.

1.1 – O problema

O despertar, em particular a partir da última década do século XX, de uma consciência ambiental social provocou uma natural reacção por parte dos decisores políticos, que rapidamente se adaptaram a esta nova realidade e reagiram de acordo com as expectativas da sociedade. As políticas de desenvolvimento económico não poderiam colidir com a sustentabilidade das utilizações dos recursos. Este equilíbrio teria que ser alcançado e mantido, sob pena de comprometer o desenvolvimento futuro por um uso desregrado no presente de recursos esgotáveis.

Numa agricultura intensiva, como a que se pratica na Lezíria do Tejo, os problemas ambientais colocam-se tanto a nível da utilização dos recursos a uma taxa superior à que os mesmos são repostos no ecossistema, como ao nível da alteração da qualidade dos fluxos de retorno dos mesmos.

No que diz respeito à utilização da água, e em particular na água para utilização agrícola, a questão que surge imediatamente é se os agricultores têm em

consideração o critério da utilização sustentável da água aquando da definição da afectação da terra às diferentes culturas.

A utilização de água proveniente de empreendimentos hidro-agrícolas estatais carrega consigo a característica de ser um bem público, usado por um privado e, conseqüentemente, com um preço que deve ser suportado pelo utilizador e que, naturalmente, induz uma utilização sustentável da água. Mas e quanto à água captada num lençol freático subterrâneo numa propriedade privada? Que incentivo tem o utilizador para o uso racional do recurso?

Tendo em conta que nesta região a maioria dos regadios são privados, sendo a água proveniente de captações privadas de água subterrâneas, o mais natural é que, não havendo um custo associado à utilização dessa água (a não ser o custo do bombeamento), o uso da água não seja um uso sustentado. A afectação dos recursos (em particular da terra) às diferentes culturas por parte dos agricultores é a óptima, partindo do princípio que, na posse de todos os dados disponíveis, os mesmos tomam decisões economicamente racionais, tendo em conta que não existem custos associados à utilização da água.

A implementação obrigatória, até 2010, dos princípios previstos na Directiva 2000/60/CE (Directiva-Quadro da Água), nomeadamente de políticas que promovam o uso eficiente da água, irá associar custos aos serviços da água (incluindo custos ambientais e de escassez do recurso), reflectidos numa política de preços que, indubitavelmente, passarão a ter que ser considerados na afectação do recurso água às culturas, incentivando administrativamente a utilização sustentável do recurso. Se acções de sensibilização para o problema do uso sustentável dos recursos ambientais, ou campanhas de promoção e acompanhamento de culturas que coloquem uma menor pressão sobre os recursos, não conseguem incutir uma «consciência ambiental» nos agentes económicos (em particular numa actividade como a agrícola, em que esses agentes são tradicionalmente conservadores e pouco receptivos a soluções para problemas ambientais que, por vezes, ainda não percebem) é necessário impô-la através de políticas de preço dos recursos.

No entanto, a aplicação da Directiva-Quadro da Água até ao limite do seu potencial, numa tentativa de enfrentar o problema da escassez da água (nomeadamente através da tarifação da água que reflecta o seu real custo), terá um impacto nas actividades económicas, e em particular na agricultura, que poderá vir a ser pernicioso se não forem tomadas as devidas cautelas na definição do regime económico-financeiro.

1.2 – Objectivos

A aplicação de políticas de preço da água conduz a alterações nas culturas (ou práticas culturais) no sentido da utilização sustentável da água. Tendo este facto em consideração, este estudo tem como objectivos:

- a) Avaliar o impacto da introdução de uma política de preço da água na agricultura de regadio da Lezíria do Tejo, no que diz respeito à afectação da terra às diferentes culturas;
- b) Determinar as implicações económicas, sociais e ambientais destas políticas;
- c) Analisar as principais consequências da aplicação de diferentes métodos de tarifação da água;
- d) Avaliar os aspectos negativos da implementação destas políticas, face a um ambiente económico adverso para a agricultura.

O desenvolvimento de um modelo matemático que determine a solução óptima de afectação dos recursos entre culturas competitivas, permite a comparação do impacto de diferentes políticas de preço da água sobre o mosaico cultural da região, bem como a gestão e planeamento das necessidades de recursos, em particular da água. O modelo de programação matemática desenvolvido, o MALTe – Modelização Agrícola da Lezíria do Tejo, é um modelo não-linear, calibrado com recurso à técnica da Programação Matemática Positiva, de maximização da margem bruta total por afectação dos recursos disponíveis mas limitados (a terra) às culturas agrícolas que por eles competem.

1.3 – Organização do trabalho

Este estudo está organizado em seis capítulos.

Após este capítulo introdutório, onde se definem os objectivos deste estudo e os problemas que conduziram à sua realização, segue-se o capítulo 2, onde se caracteriza a região da Lezíria do Tejo, tendo em particular atenção às características

relevantes do ponto de vista agrícola e que a tornam singular em relação ao restante território nacional.

No capítulo 3 apresentam-se os aspectos económicos da água de rega. É discutido o direito à água na sua vertente legal, social e ética. Estabelecem-se as diferenças fundamentais entre os conceitos de valor, custo e preço da água. São apresentados diversos métodos de tarifação da água, discutindo-se as suas vantagens e inconvenientes relativos. Ainda neste capítulo, faz-se o enquadramento legal do regime económico e financeiro da água na legislação nacional e a sua adequação face à necessidade de implementação da Directiva-Quadro da Água.

A especificação do modelo, bem como a sua calibração e validação são apresentadas no capítulo 4. Neste capítulo faz-se uma descrição da programação linear, do modelo primal e do modelo dual, e da programação matemática positiva como método de calibração do modelo. Discute-se ainda a validação do modelo.

No capítulo 5 apresentam-se e analisam-se os resultados do modelo. O capítulo está estruturado de forma a apresentar, por método de tarifação, os resultados obtidos (no que respeita aos aspectos de afectação da terra às culturas, aspectos ambientais, aspectos económicos e aspectos sociais), procedendo-se igualmente a uma comparação entre métodos.

Para finalizar, no capítulo 6, é feito um sumário das conclusões mais importantes a retirar deste estudo, bem como são sugeridas recomendações para futuros trabalhos.

CAPÍTULO 2 – CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

2.1 – Introdução

A Lezíria do Tejo é uma NUTS III integrada na NUTS II Alentejo. Esta região apresenta um conjunto de mais-valias consideráveis, como sejam a proximidade de núcleos habitacionais com elevada concentração populacional, a centralidade geográfica, o fácil acesso às principais vias de comunicação, bem como o benefício que indirectamente colhe das sinergias criadas pela presença na região de pólos industriais e tecnológicos. Não obstante, sofre de alguns dos males da agricultura portuguesa, principalmente da falta de capacidade de gerar incentivos para a atracção de populações jovens para esta actividade. Dos 14 556 produtores individuais (INE, 2001) que tinham explorações na região, 5 382 (ou seja cerca de 37%) tinham mais de 65 anos de idade². No que diz respeito à formação dos agricultores, o panorama também não é muito animador: apenas 7% tinham um nível de instrução acima do básico.

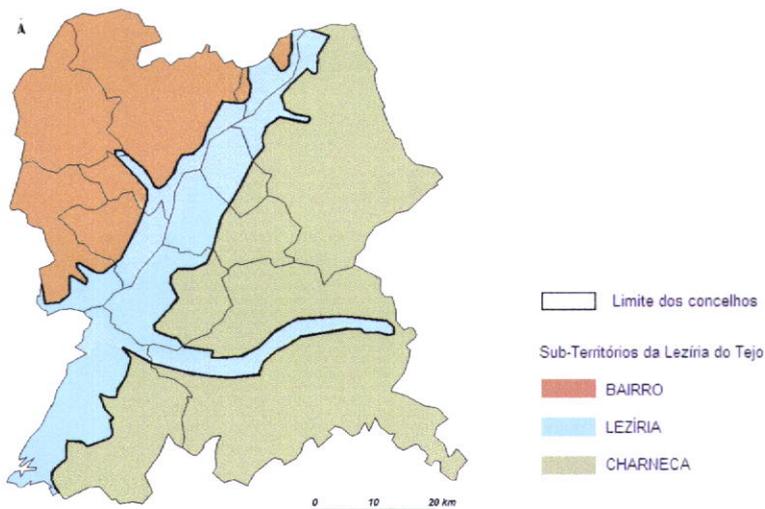
A Lezíria do Tejo tem um total de 428 142 ha. Destes, 351 706 ha (82% da superfície total) são ocupados por explorações agrícolas. A superfície agrícola útil (SAU) é de 220 205 ha (62% da superfície ocupada pelas explorações agrícolas), sendo de 85 979 ha a superfície irrigável. Quanto à estrutura agrária, de referir que a superfície agrícola útil por exploração é de 14,53 ha, divididos, em média, por 3,26 blocos.

A região pode ser dividida em três grandes blocos, diferenciados entre si por razões geográficas, hidrográficas, pedológicas e de ocupação cultural. Tem-se assim os seguintes sub-territórios (representados na Figura 2.1):

- *Bairro* – situado na margem direita do Tejo, possui aptidões para as culturas arbustivas e arbóreas, em especial a oliveira e a vinha, observando-se ainda algumas zonas onde se cultiva o trigo e o milho;
- *Lezíria* – ocupa a planície aluvial do Tejo, com solos de boa qualidade. Para além da vinha, encontram-se cereais, tomate, melão e pastagens para gado bovino e equino.

² Este valor, que fica aquém dos 45% que se observa na totalidade do território nacional (espelhando algum dinamismo do sector agrícola desta região), é ainda bastante superior à média na UE, que se fica pelos 23%.

- *Charneca* – situado na margem esquerda do Tejo, com solos pobres, com elevados condicionalismos, apresenta um revestimento florestal de sobreiros, eucaliptos e pinheiros, pequenas zonas de cereais e vinha nas manchas mais favoráveis, assim como de arroz nas zonas irrigadas;

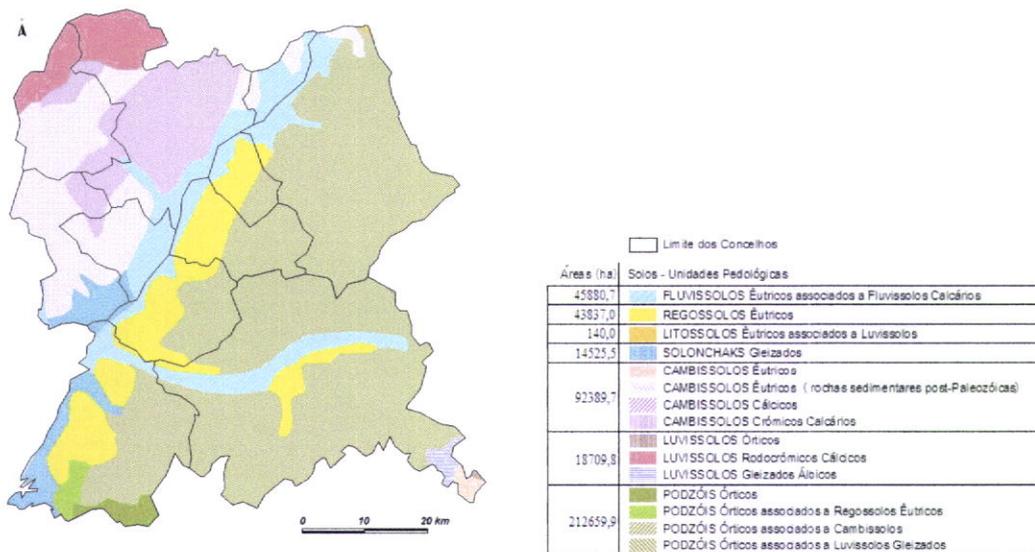


Fonte: elaboração do autor.

Figura 2.1 – A Lezíria do Tejo e os sub-territórios.

2.2 – Caracterização edáfica e de uso

A Figura 2.2 caracteriza a Lezíria do Tejo quanto aos solos desta região.



Fonte: IA(a), s.d..

Figura 2.2 – Distribuição dos diferentes tipos de solos na Lezíria do Tejo.

A descrição das características de cada ordem de solos permite contextualizar a maior ou menor importância da agricultura, e em particular a agricultura de regadio, nos sub-territórios desta zona. Segue-se um pequeno resumo dos principais tipos de solo existentes na Lezíria do Tejo.

Os Podzóis são solos arenosos de florestas húmidas e prados. Têm um horizonte orgânico de decomposição lenta. A textura é grosseira, o pH é ácido e são pouco férteis. Estes três factores contribuem para a dificuldade na utilização agrícola destes solos, geralmente usados para floresta ou mato. Aproximadamente metade da área da Lezíria do Tejo tem solos desta ordem, todos situados na margem esquerda do Tejo, no sub-território *Charneca*.

Os Cambissolos são caracterizados pela existência de um horizonte câmbico (sub-superficial de alteração *in situ*, com textura franco-arenosa ou mais fina e espessura mínima de 15 cm, estando a sua base a, pelo menos, 25 cm da superfície). São solos recentes, derivados de materiais transportados de outros locais (pela água, vento ou gravidade), com pouca eluviação. É usual apresentarem deficiência de água na época seca. Têm apetência média/fraca para o regadio, apesar de apresentarem uma fertilidade intrínseca elevada. Representam 21,6% da superfície total da Lezíria do Tejo, encontrando-se quase todos na margem direita do Tejo, na zona do *Bairro*.

Os Fluvisolos são solos recentes de aluvião. Muitos fluvisolos requerem um considerável esforço de drenagem para se tornarem utilizáveis em termos agrícola, após o qual tendem a ser utilizados como suporte de culturas intensivas. Na Lezíria do Tejo representam 10,7% da área total, em faixas que acompanham o rio Tejo e o rio Sorraia, na zona da *Lezíria*.

Os Regossolos são solos arenosos de cor clara, textura grosseira e fertilidade reduzida. São solos com uma elevada capacidade de drenagem (a capacidade de retenção de água é muito reduzida) e com uma baixa reserva de nutrientes. Representam cerca de 10% da área total desta zona.

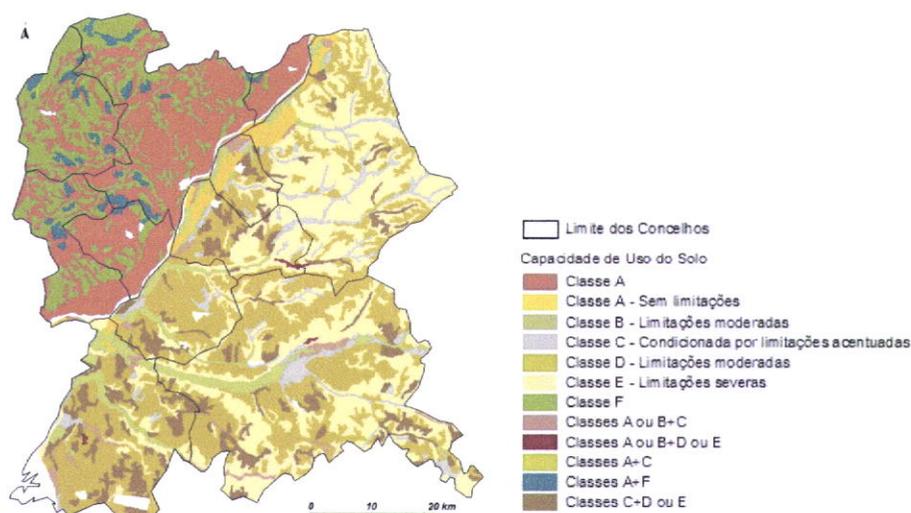
Os Luvisolos são solos de florestas húmidas e prados, eluviados de argila (com pH baixo), e médio/alto teor de bases. Normalmente férteis, com fácil movimentação de água nos horizontes superficiais e médios, o potencial agrícola destes solos varia de moderado a bom. Representam menos de 5 % da área total desta zona, nas extremidades Noroeste e Sudeste da Lezíria do Tejo.

Os Solonchaks são solos de regiões áridas e semi-áridas, com acumulação de sais solúveis. São caracterizados por uma deficiência de água durante grande parte do

ano e baixos teores de matéria orgânica. O elevado teor de sais dificulta a sua utilização na agricultura. São uma pequena parte desta região (3,4%), junto ao Tejo, em zonas onde a concentração de sais nas águas do rio já é muito elevada.

Os Litossolos são solos delgados sobre rocha, de materiais calcários ou impermeáveis. Baixo teor de matéria orgânica. Praticamente não têm expressão nesta zona.

Como se conclui pela análise do que foi exposto anteriormente, não foi, certamente, a uniformidade pedológica que constituiu a base da formação desta unidade territorial da Lezíria do Tejo. Já no que diz respeito aos sub-territórios *Bairro*, *Charneca* e *Lezíria*, estes apresentam grandes manchas contínuas de solos da mesma ordem (embora de diferentes sub-ordens), que condicionam, em grande parte, a adopção das práticas culturais agrícolas. Como se constata na Figura 2.3, as diferentes unidades pedológicas presentes nesta região dão origem a diferentes capacidades de uso do solo. As capacidades de uso do solo estão descritas no Quadro 2.1.



Fonte: IA (s.d.).

Figura 2.3 – Distribuição da capacidade de uso dos solos na Lezíria do Tejo.

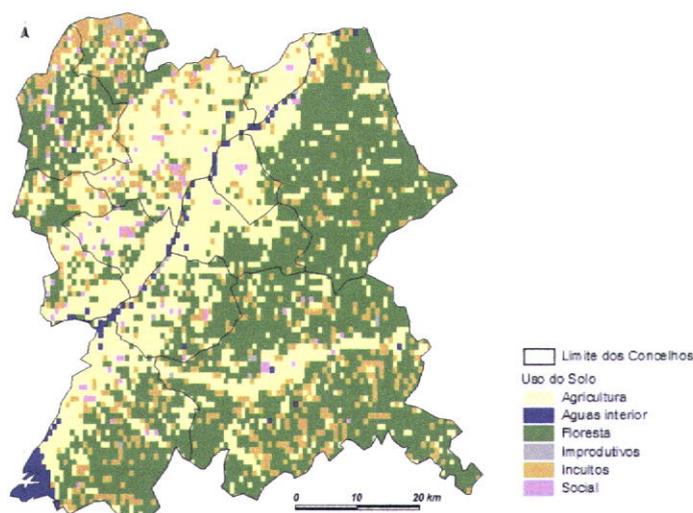
Quadro 2.1 – Características gerais das classes da capacidade de uso do solo.

Classe	Capacidade de Uso	Limitações	Risco de Erosão	Uso Agrícola	Observações
A	Muito elevada	Poucas	Inexistente/ligeiro	Intensivo	-
B	Elevada	Moderadas	Moderado	Moderadamente intensivo	Outras utilizações
C	Mediana	Acentuadas	Elevado	Pouco intensivo	Outras utilizações
D	Baixa	Muito severas	Elevado	Pastagens (severas limitações); Floresta e matos	-
E	Muito baixa	Muito severas	Elevado	Pastagens (severas limitações); Floresta e matos	Uso exclusivo recomendado de florestas de protecção
F	Sem uso agrícola	-	-	-	-

Fonte: DECRETO-LEI N.º 196/89 (1989).

As características das unidades pedológicas, conjugadas com as particularidades geográficas e topográficas de cada um dos sub-territórios que compõem a Lezíria do Tejo, deram origem a diferentes capacidades de uso do solo. O sub-território *Lezíria* tem, na sua grande maioria, solos com capacidade de uso A ou B. O sub-território *Bairro* apresenta grandes manchas de solos com capacidade de uso A (devido à fertilidade intrínseca dos cambissolos) entrecortadas por solos com capacidade de uso F (sem uso agrícola), em especial na zona noroeste (concelhos de Rio Maior, Santarém e Azambuja), de relevo mais acidentado. A margem esquerda do Tejo, à excepção da planície aluvial do Tejo e do Sorraia, ou seja, o sub-território *Charneca*, é quase toda composta por solos com capacidade de uso D e E, com muito baixas aptidões agrícolas.

Todas as considerações anteriores quanto aos solos e suas capacidades de uso conduzem a uma ocupação do solo diversa. A Figura 2.4 mostra claramente essas diferenças.



Fonte: DGRF (s.d.).

Figura 2.4 – Uso dos solos na Lezíria do Tejo.

A agricultura ocupa a quase totalidade da *Lezíria* e a parte sudeste do *Bairro*. Os restantes terrenos da Lezíria do Tejo são, *grosso modo*, ocupados por floresta, existindo zonas onde são improdutivos ou incultos.

O Anexo D apresenta, de forma mais detalhada, as ocupações culturais da Lezíria do Tejo.

2.3 – Caracterização climática

O clima desta região é, segundo a classificação de Köppen, um Csa – Clima mediterrânico ou sub-tropical seco, com Verão seco (a precipitação do mês mais seco é inferior a 30 mm e inferior a 1/3 da precipitação do mês mais chuvoso, e o mês mais quente tem uma temperatura máxima média superior a 22°C). O Quadro 2.2 resume as características climáticas da região no que diz respeito à temperatura, precipitação e evapo-transpiração potencial.

Quadro 2.2 – Caracterização climática da região Lezíria do Tejo.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
$T_{min.abs}$ (°C)	-3.5	-4.5	-1.0	1.5	4.3	5.4	9.9	9.5	7.5	3.0	0.2	-3.0	-4.5
\bar{T}_{min} (°C)	5.5	5.9	8.0	9.4	11.3	13.9	15.3	15.5	14.6	12.3	8.7	5.8	10.5
\bar{T} (°C)	9.5	10.6	12.6	14.4	16.7	19.6	21.3	21.5	20.5	17.1	12.8	10.1	15.6
\bar{T}_{max} (°C)	14.6	15.7	18.1	20.3	22.7	25.8	27.8	28.7	27.7	23.7	18.3	15.1	21.5
$T_{max.abs}$ (°C)	20.5	25.0	29.4	33.0	37.2	41.0	45.3	42.4	42.0	36.0	30.0	28.4	45.3
R (mm)	96.7	84.7	99.1	57.6	47.1	25.8	4.2	4.8	38.8	66.7	98.4	86.1	710.0
ETP (mm)	36.7	43.1	61.9	77.6	91.3	109.5	134.2	140.6	107.9	78.3	45.0	35.1	961.2

Fonte: INMG (1988) – Estação Santarém / Escola Agrícola

Como se pode observar (Quadro 2.2, Figura 2.5), a estação seca corresponde à época onde as temperaturas são mais elevadas, situação que só ocorre neste tipo de clima e que obriga à utilização da rega para a realização das culturas de Verão, de forma a contornar as fracas potencialidades inerentes à reduzida ou nula concentração da eficiência térmica (a conjugação de elevadas temperaturas e elevados níveis de humidade são factores essenciais para o bom desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas). Este aspecto é também evidente na Figura 2.6, onde se observa um défice hídrico num período que decorre entre o mês de Abril e o mês de Outubro, com a evapo-transpiração potencial superior à precipitação.

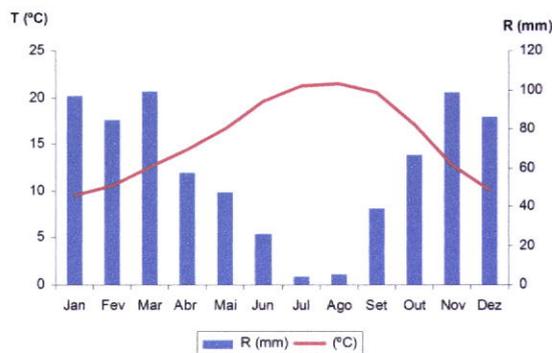


Figura 2.5 – Gráfico termo-pluviométrico da Estação Santarém / Escola Agrícola.

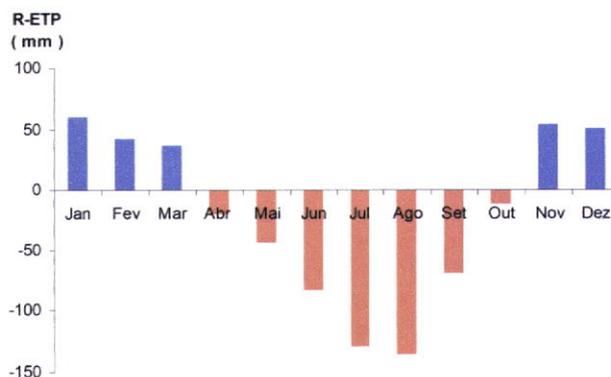


Figura 2.6 – Balanço hídrico da Estação Santarém / Escola Agrícola.

2.4 – Caracterização hidrológica

A região da Lezíria do Tejo encontra-se, do ponto de vista hidro-geológico, na unidade denominada Bacia do Tejo-Sado. É precisamente nesta Bacia que se situa o mais extenso sistema aquífero da Península Ibérica: o sistema da Bacia do Tejo-Sado (RIBEIRO, 2004), que engloba o sub-sistema aquífero Margem Direita (no sub-território *Bairro*), o sub-sistema aquífero Margem Esquerda (no sub-território *Charneca*) e o sub-sistema Aluviões do Tejo (no sub-território *Lezíria*)³.

As produtividades das captações dos sistemas aquíferos da Bacia do Tejo-Sado são, de acordo com RIBEIRO (2004), de entre 5 a 11 litros/segundo no sub-sistema aquífero Margem Direita, de 16 litros/segundo no sub-sistema aquífero Aluviões do Tejo e de entre 16 a 35 litros/segundo sub-sistema aquífero Margem Esquerda, o que, quando comparadas com a produtividade dos outros sistemas aquíferos nacionais, as faz sobressair pelos elevados valores que apresentam.

Ainda de acordo com RIBEIRO (2004), as disponibilidades hídricas subterrâneas anuais são de 0,15 hm³ a 0,20 hm³ por km² no sub-sistema aquífero Margem Esquerda e no sub-sistema aquífero Aluviões do Tejo e de 0,20 hm³ a 0,25 hm³ por km² no sub-sistema aquífero Margem Direita. Estes valores encontram-se acima dos valores médios das disponibilidades hídricas do conjunto do território.

³ Existem ainda, dentro do sistema Bacia do Tejo-Sado, os sub-sistemas aquíferos Aluviões de Abrantes e Aluviões de Constância, que já se encontram fora da Lezíria do Tejo.

Quanto às áreas regadas, de referir que a maioria dos regadios são individuais, exceptuando algumas zonas dos concelhos de Coruche, de Benavente e de Salvaterra de Magos, que são beneficiadas pelo regadio colectivo estatal do Vale do Sorraia, e do concelho da Chamusca que tem uma área beneficiada pelo regadio tradicional de Ulme e Chamusca⁴.

⁴ Ver Anexo D para mais informações relacionadas com o tipo de regadio praticado nesta região.

CAPÍTULO 3 – ASPECTOS ECONÓMICOS DA ÁGUA DE REGA

3.1 – Introdução

Neste capítulo aborda-se em primeiro lugar, e duma forma breve, a definição de água como bem e do direito à água; de seguida, discute-se a valorização da água como recurso ambiental escasso, nomeadamente o seu valor económico no regadio; aborda-se o custo da água e o preço da água, assim como diferentes métodos de tarifação da água de rega; finalmente, discutem-se as soluções que a legislação nacional oferece aos desafios impostos pela Directiva-Quadro da Água.

3.2 – Água e direito à água

A água é um recurso natural renovável, imprescindível para a manutenção da vida no nosso planeta, quer seja pelo consumo directo por todos os seres que o habitam, quer pelo seu papel na realização de inúmeras actividades económicas, em particular na agricultura. É um bem com características próprias, conferidas pelo facto de ser a natureza o seu principal produtor (de facto, se se excluir a água obtida por dessalinização da água do mar ou por processos electro-químicos de síntese da molécula de água por combinação do oxigénio com o hidrogénio, a natureza é a única produtora de água).

O aumento da pressão demográfica sobre os recursos naturais, verificado essencialmente a partir da segunda metade do século passado, conduziu ao surgimento de um dos principais problemas ambientais, o da escassez da água, quer seja em resultado do aumento do consumo e da diminuição da sua quantidade quer devido à diminuição da qualidade da água disponível. Segundo TIETENBERG (2000), os problemas ambientais existem quando a afectação dos recursos ambientais é ineficiente. Sendo assim, está-se perante uma ineficiente afectação do recurso água, que passa, muitas vezes, pela própria determinação do direito da propriedade da mesma, e que entronca na definição da água como bem.

A água é comumente, e por vezes de forma demasiado ligeira, classificada como um bem público⁵. Os bens públicos, por definição, são *não-exclusivos* (ou *indivisíveis*) e *inesgotáveis* no consumo. Por *não-exclusividade* no consumo entende-se que este bem se encontra disponível a qualquer actor que dele pretenda usufruir (ou dos benefícios que ele confira), ainda que não tenha contribuído de forma alguma para a sua disponibilização nem se encontre disposto a pagar pelo mesmo. HENRIQUES *et al.* (2006) referem que, em relação aos bens públicos, “...é impossível, ou muito difícil, impedir o seu consumo por parte de alguém sem disposição para os pagar.”. Aliás, o conceito de *indivisibilidade* implica a distribuição dos benefícios à totalidade da comunidade (SAMUELSON e NORDHAUS, 1993). Por outro lado, *inesgotáveis* no consumo implica que o consumo desse bem por parte de alguém não diminui a quantidade disponível para o consumo de outrem. Estes bens públicos são, com frequência, ineficientemente afectados pelo mercado, necessitando de intervenções de regulação do Governo/Estado para contrariar essa ineficiência.

Em oposição aos bens públicos, existem os bens privados, que são *exclusivos* ou *divisíveis* (um bem só estará disponível a quem estiver disposto a pagar por ele, e, como é divisível é distribuído a quem desejar, sem custos ou benefícios para a restante sociedade) e *esgotáveis* (o facto de ser consumida determinada quantidade desse bem diminui a sua disponibilidade para os restantes consumidores). Estes bens estão sujeitos às regras do mercado (salvo restrições) e a sua escassez conduzirá, normalmente, à subida do seu preço, funcionando o mercado como regulador eficaz e eficiente destes bens.

Entre estes dois níveis encontram-se os bens comuns, *não-exclusivos* e *esgotáveis*, e os bens colectivos, *exclusivos* e *inesgotáveis*.

A água encontra-se num limbo quanto à integração numa destas categorias. Considerando apenas as utilizações da água que implicam a realização de infra-estruturas (excluindo, então, algumas utilizações relacionadas com o turismo ou a utilização da água como via de transporte e outras), se no domínio do abastecimento público, da produção de energia, ou do abastecimento à agricultura, o carácter público é o dominante, já no abastecimento doméstico ou industrial há uma inclinação para ser um bem com características mais privadas.

⁵ UNO (2002), e TIETENBERG (2000). Este último inclui a água de qualidade, o ar puro e a bio-diversidade como exemplos de bens públicos ambientais.

Mesmo dentro de cada um dos domínios da utilização da água é necessário distinguir algumas situações: se, por exemplo, o abastecimento à agricultura for efectuado a partir dum domínio público hídrico (rio, albufeira) ou se for feito através de uma captação privada de águas subterrâneas, as situações são completamente distintas.

Concretizando, e focalizando a análise na água de rega, a situação referida do abastecimento de água à agricultura a partir dum domínio público hídrico, que à partida tenderia a classificar a água como um bem público, pode ser, após análise mais cuidada e devido à cada vez maior escassez de água (provocada pelo aumento da procura), um exemplo de utilização de um bem comum: a utilização da água não é exclusiva desse consumidor mas o consumo reduzirá a disponibilidade de água (a jusante do mesmo). Inclusivamente, se se considerar o caso da utilização do domínio público hídrico por parte de uma associação de regantes (responsável pela gestão da água de uma albufeira), a água passará a ser assumida como um bem privado, ao qual apenas terá direito de usufruto quem por ele pagar (os associados) e o consumo de água por parte de cada beneficiário reflectir-se-á na sua disponibilidade para os restantes.

No segundo caso, de uma captação privada de águas subterrâneas, com um uso exclusivo e esgotável do recurso, estaremos no campo de um bem privado. Mas, neste caso, pode-se argumentar que se está perante um bem público que é tratado como bem privado na sua captação, distribuição e utilização, ou, por outro lado, considerar que as águas subterrâneas são bens comuns (os lençóis freáticos estendem-se, normalmente, por áreas muito superiores às das propriedades à superfície, sendo o seu acesso não exclusivo e provocando o seu consumo uma diminuição nas disponibilidades), captados, distribuídos e utilizados como bens privados. Então, mesmo nas situações onde prepondera a característica privada do bem, a água mantém uma característica pública, quanto mais não seja no aspecto ético do direito à água.

Este aspecto ético do direito à água é reforçado pelo Comité da ONU para os Direitos Económicos, Sociais e Culturais, quando afirma que *“o direito humano à água é indispensável para uma vida com dignidade humana. É um pré-requisito para a realização dos outros direitos humanos.”* (UNO, 2002). Esta afirmação, explicitando a água como um direito humano (direito que, implicitamente, já estaria consagrado na Declaração Universal, já que era uma condição prévia de todos os outros direitos), reforça o carácter público da água, mesmo em situações em que uma classificação económica pura de um bem tendessem a caracterizá-la como bem privado. No entanto, nem o reconhecimento do direito humano à água, nem tão pouco a aceitação do carácter

eminentemente público da água, impedem que este bem possa ter um preço – o que não pode acontecer é que este sirva de obstáculo ao exercício do direito à água. Aliás, o próprio Comité da ONU para os Direitos Económicos, Sociais e Culturais afirma, no mesmo documento (UNO, 2002), que os Estados devem promover a realização do direito à água, sem discriminação, reconhecendo a dimensão da acessibilidade económica: os custos directos e indirectos, bem como as tarifas impostas ao fornecimento da água devem ser comportáveis por todos. O aspecto do pagamento de um preço justo pela água já tinha sido abordada na Cimeira da Terra de 1992, no Rio de Janeiro, onde se estabeleceu que “...os utilizadores de água deveriam pagar um preço justo por ela.” (UNO, 1992), assim como na Cimeira de Joanesburgo de 2002, em que se elaborou um plano de aplicação da Agenda XXI que referia que os governos devem desenvolver planos de gestão integrados dos recursos hídricos e da eficiente utilização da água, utilizando, para além de outros instrumentos, a recuperação dos custos dos serviços de abastecimento de água “...sem que os objectivos de recuperação dos custos se tornem uma barreira ao acesso à água salubre por parte dos mais pobres.” (UNO, 2002a).

Perante o exposto, torna-se claro que a água é um bem com características muito próprias. Se se considerar o acesso à água um direito humano fundamental, é também aceitável que se deva aplicar o princípio da recuperação dos custos de utilização da água. Desta forma, um bem social e cultural como a água, pode ser analisado como um bem económico, desde que se ressalvem as suas especificidades.

3.3 – Valorização da água

Tendo-se aceite a utilidade de considerar a água como um bem económico, ou económico e social, é necessário estabelecer alguns conceitos que lhe estão associados, como sejam o valor da água, o custo da água e o preço da água.

Segundo INAG (2002), a racionalização da utilização da água pode ser alcançada com a internalização em taxas e tarifas (que já incluem uma componente de recuperação dos custos das infra-estruturas que permitiram alcançar um determinado nível de oferta) de externalidades (como custos ambientais e de escassez), de acordo com a avaliação da água numa vertente económica ou sócio-económica e ambiental. ROGERS *et al.* (1998) reforçam esta ideia, referindo que o ideal para uma utilização

sustentável da água é que haja um equilíbrio entre o valor da água e os custos totais da mesma.

O valor socio-económico e ambiental total da água⁶ inclui um conjunto de componentes, conforme se apresenta na Figura 3.1.

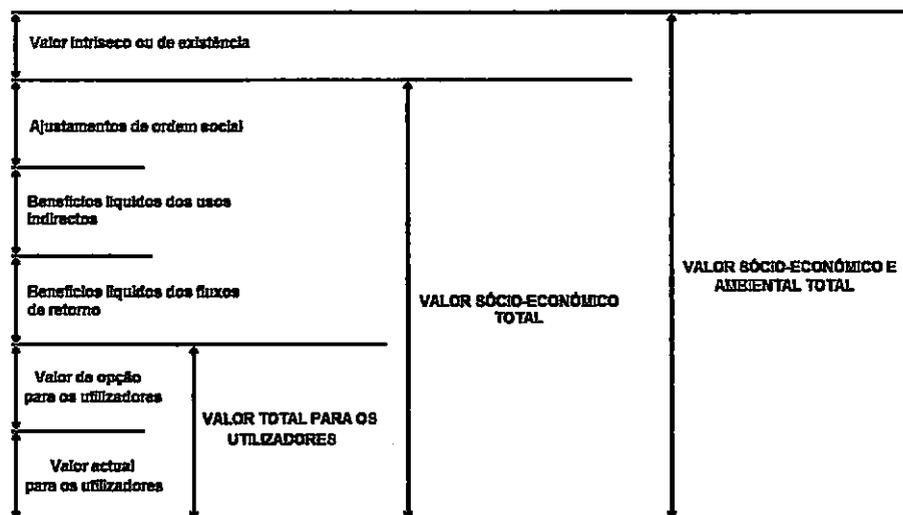


Figura 3.1 – Componentes do valor da água (adaptado de ROGERS et al., 1998 e PEARCE e TURNER, 1990).

3.3.1 – Valor total para os utilizadores

O valor total da água para os utilizadores resulta da soma de duas parcelas: a primeira, que está relacionada com a utilização imediata e actual da mesma, é o *valor actual para os utilizadores*; a segunda parcela, o *valor de opção para os utilizadores*, prende-se com a dialéctica uso imediato ou uso futuro.

Na agricultura, a água é essencialmente utilizada na rega das culturas e na disponibilização para consumo pecuário. Desta forma, e ao contrário de outras utilizações, este recurso neste caso é um bem de consumo intermédio.

FRAGOSO e MARQUES (2006) referem que, sendo assim, a procura deste factor resulta do valor da sua produtividade marginal (VPm)⁷. Sendo VPm a contribuição que o aumento marginal da disponibilidade de água causaria na receita da venda do bem de consumo final, é facilmente constatável que este valor poderá ser indicativo do *valor actual para os utilizadores* da água para uso agrícola.

⁶ A forma como são agrupados os diferentes componentes do valor da água (bem como as designações utilizadas) variam consoante os autores. Neste trabalho opta-se por uma solução de compromisso, adaptada a partir de PEARCE e TURNER (1990) e ROGERS et al. (1998).

⁷ Em teoria o produtor consumiria água enquanto o custo marginal deste factor fosse inferior ou igual ao valor da sua produtividade marginal (FRAGOSO, 2001; HENRIQUES et al., 2006).

O *valor de opção para os utilizadores* reflecte o valor da disponibilidade de utilização futura e com um determinado benefício potencial. Não se trata, neste caso, de valorizar a água em si, mas sim a oportunidade temporal do seu uso. É importante salientar que este valor está associado a uma utilização futura, quer seja pelo próprio, pelos seus descententes ou por outros.

Em termos agrícolas, as certezas quanto às disponibilidades futuras da oferta de água são cada vez menores. No caso das águas superficiais, se se admitir que são renováveis anualmente e que a sua taxa de utilização anual é inferior à taxa de reposição, então o *valor de opção para os utilizadores* pode não ser uma questão relevante. Ao invés, para as águas subterrâneas, quando a taxa de reposição é inferior à taxa de utilização, o *valor de opção para os utilizadores* assume um carácter relevante: o agricultor, perante a incerteza da oferta futura da água, valoriza a sua disponibilidade no futuro⁸.

3.3.2 – Valor sócio-económico total

O *valor sócio-económico total da água* resulta da adição ao *valor total da água para os utilizadores* das parcelas dos *benefícios líquidos dos fluxos de retorno*, dos *benefícios líquidos dos usos indirectos* e dos *ajustamentos de ordem social*.

Os *benefícios líquidos dos fluxos de retorno* são avaliados tendo em consideração o impacto que os fluxos de retorno da água de rega provocam no sistema hidrológico da região irrigada. Ao nível da exploração agrícola ou do perímetro de rega, não é, de forma alguma, insignificante, o papel dos fluxos de retorno no aumento dos níveis dos lençóis freáticos. Uma abordagem mais actual e mais abrangente, ao nível da bacia hidrográfica, permitirá certamente obter relações directas entre o fluxo de retorno da água de rega dos agricultores cujas explorações se encontrem a montante da bacia e as disponibilidades hídricas daqueles com explorações a jusante da mesma.

Quanto aos *benefícios líquidos dos usos indirectos*, são resultado da possível utilização da estrutura hidro-agrícola ou da água em si para fins não agrícolas. Alguns exemplos são o aproveitamento doméstico da água dos empreendimentos hidro-agrícolas ou a sua utilização lúdico-turística.

⁸ ROGERS *et al.* (1998) referem que o para usos agrícolas, o *valor da água para os utilizadores* é, pelo menos, igual ao valor da produtividade marginal. O *valor de opção para os utilizadores* pode servir de explicação para o excesso verificado. Para mais detalhes, consultar PEARCE e TURNER (1990).

Os *ajustamentos de ordem social* reflectem a concretização de objectivos sociais a partir da utilização da água na agricultura, como sejam a fixação de população nas zonas rurais, a criação de emprego ou questões de segurança alimentar.

3.3.3 – Valor sócio-económico e ambiental total

O *valor sócio-económico e ambiental total da água* incorpora ainda a componente *valor de existência* ou *valor intrínseco*.

Este valor reflecte a natureza do recurso, e é capturado através das preferências das pessoas, na forma de valor de não-uso. É o valor intrínseco da natureza do recurso, não relacionado com qualquer uso do mesmo. Ao contrário do *valor de opção para os utilizadores*, que pressupunha uma utilização futura, o *valor de existência* não está relacionado com qualquer utilização actual ou potencial do bem. É o valor da água para os agentes pelo facto de saberem que ele existe, *de per si*.

No sector agrícola, e no que diz respeito ao *valor de existência*, há que ter em conta a escassez da água, bem como a diminuição que o seu consumo causará na disponibilidade, quer seja pelo uso quer pela introdução duma carga de poluição. Se, para a maioria dos bens ambientais, a definição do seu *valor de existência* é complexa, para a água o problema ainda é maior: a tendência é para se fundir com o *valor de opção para os utilizadores*, já que o legado da água para futuras gerações muito dificilmente se dissocia de potenciais utilizações. Apesar da dificuldade da sua determinação no contexto da água, o conceito de *valor de existência* é perfeitamente válido e reflecte o valor real associado ao não-uso (ROGERS *et al.*, 1998).

Consegue-se, então, tratar a água como um bem económico, com um valor sócio-económico e ambiental teoricamente definido, e sujeito a um «mercado da água» com os seus diversos protagonistas, com capacidade de promover o seu uso alternativo de forma eficiente.

3.4 – Custo da água

Falar em custo da água é diferente de falar em preço da água⁹.

⁹ Neste trabalho adopta-se o critério de designar por preço da água não só o preço da tarifa directamente associada ao volume consumido do recurso mas também outros tipos de tarifas e taxas directa ou indirectamente relacionados com o uso da água.

Para um agricultor ou para um consumidor doméstico o custo da água é o preço que paga por ela, mas, num sentido mais lato, custo da água tende a relacionar-se com as despesas directas com o fornecimento da água (CORNISH *et al.*, 2004), quer seja de regadio ou doméstico. Esta abordagem, no entanto, não considera a totalidade dos custos, como se pode observar na Figura 3.2:

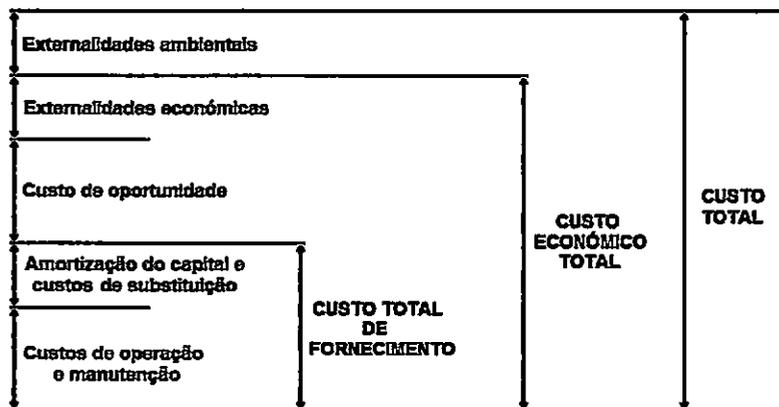


Figura 3.2 – Componentes do custo da água (adaptado de ROGERS *et al.*, 1998).

3.4.1 – Custo total de fornecimento

O *custo total de fornecimento* da água de rega compreende os custos contabilísticos de fornecer água, custos que incluem a operação e manutenção das infra-estruturas de rega (desde a captação à distribuição) e os encargos financeiros do investimento nessas mesmas infra-estruturas.

3.4.2 – Custo económico total

O *custo económico total* da água de rega inclui, para além do *custo total de fornecimento*, o *custo de oportunidade* e as *externalidades económicas*.

Como a água é um bem esgotável, o seu uso para a rega exclui outros usos potencialmente mais proveitosos, imputando à sociedade um *custo de oportunidade*. O custo de oportunidade reflecte precisamente o valor que a água poderia render no uso alternativo mais favorável.

Quanto às *externalidades económicas*, devem reflectir os benefícios (quando são positivas) ou os custos (quando são negativas) que a captação ou uso da água

infiltram sobre terceiros sem que estes tenham que pagar ou sejam compensados por essas actividades. São os efeitos colaterais destas actividades que, segundo CORNISH *et al.* (2004), representam uma componente importante nos custos relacionados com a água de rega.

3.4.3 – Custo total

Ao adicionar as *externalidades ambientais*, impondo custos ambientais ou fornecendo benefícios ambientais à sociedade sem a compensar ou ser compensada por isso, ao custo económico total obtém-se o *custo total* da água.

É nítida a fronteira entre os custos que são «palpáveis» e os que são menos traduzíveis em valor. Os custos totais de fornecimento são custos reais, contabilísticos, enquanto que, em relação aos custos sócio-económicos e ambientais, as dificuldades de os traduzir em valores são, por vezes, inultrapassáveis. São necessários métodos específicos (directos e indirectos) para avaliar os bens ambientais, já que muitas das técnicas utilizadas na economia em geral não se coadunam com algumas particularidades destes recursos, nomeadamente a falta de informação de mercado ou o facto destes bens não serem transaccionáveis¹⁰. Todos estes aspectos conduzem a dificuldades aquando do estabelecimento de medidas de recuperação total dos custos. Seria relativamente fácil demonstrar a um utilizador final da água que o custo que ele teria que suportar pela sua utilização seria o custo total de fornecimento¹¹, razões culturais, de mentalidade e o uso continuado de políticas conservadoras de gestão ambiental (em que o Estado internaliza as externalidades), tornam seriamente mais complexa a tentativa de transferência dos custos sócio-económicos e ambientais para os mesmos, dentro dos princípios do utilizador-pagador e poluidor-pagador.

¹⁰ Para mais informações sobre métodos de valorização dos bens ambientais vide, e. g., PEARCE e TURNER (1990) ou TIETENBERG (2000).

¹¹ Apesar disso, na situação actual, e de acordo com os dados disponíveis em INAG (2002), nos regadios públicos colectivos de todo o país, a taxa de cobertura dos custos pelas receitas não excede os 12%. Esta situação de alguma injustiça social (a comunidade suporta 88% dos custos reais da utilização da água de rega, para além dos custos sócio-ambientais) resulta, muitas vezes, da necessidade de manter competitivas as actividades culturais que se praticam nesses regadios (o que demonstra que o planeamento dos mesmos foi incorrecto ou que a manutenção de preços da utilização da água, altamente subsidiados nesses regadios, conduz a distorções nos mecanismos de mercado, levando os agricultores a praticar actividades culturais artificialmente rentáveis).

O INAG (2002) calculou os custos totais nacionais dos serviços de utilização da água para o sector agrícola, tendo chegado a um valor que rondava os 310 milhões de euros (a preços de 2000). Destes, cerca de 200 milhões de euros correspondem à componente do investimento, sendo os restantes 110 milhões de euros relativos aos custos de operação e manutenção. Trata-se, portanto, de um cálculo dos custos totais de fornecimento, não tendo em conta as componentes dos custos de oportunidade nem das externalidades económicas e ambientais.

Ainda de acordo com o INAG (2002), e considerando os volumes de água disponibilizados, o custo médio do metro cúbico de água na parcela é de 5,8 cêntimos (com um máximo de 13,4 cêntimos nos regadios públicos colectivos e um mínimo de 3,3 cêntimos nos regadios públicos tradicionais; os regadios privados apresentam valores na ordem dos 5,2 cêntimos). HENRIQUES e WEST (2000) estimaram, ainda que de forma simplista e a título meramente indicativo da ordem de grandeza, os custos ambientais da água, para todos os seus usos alternativos, em cerca de 200 milhões de euros (igualmente a preços de 2000), representando um valor médio unitário de 2,2 cêntimos por metro cúbico de água captada para usos consumptivos. Tomando estes valores como indicativos, e considerando os valores de consumo de água de rega por hectare como variando entre os 3500 e os 10000 metros cúbicos (15000 metros cúbicos para o arroz), chega-se à conclusão que o custo total da água de rega por hectare variará entre os 203 euros e os 580 euros, chegando aos 870 euros no arroz. A componente correspondente ao custo ambiental rondará os 38% (entre os 77 euros e os 220 euros, ou 330 euros no arroz).

Nos regadios públicos colectivos, a facturação unitária média por metro cúbico de água disponibilizada foi de 1,6 cêntimos (INAG, 2002), restando um encargo médio para o Estado de 11,8 cêntimos por metro cúbico de água disponibilizado.

O nível de grandeza destes valores, associado aos valores calculados anteriormente para o custo total da água por hectare, seguramente que não auspicia um grau de aceitabilidade por parte dos utilizadores de políticas que conduzam, de forma abrupta, à transferência da factura do custo total da água do Estado para o consumidor¹², sob a pena de se assistir à demissão por parte do Estado do seu papel social.

¹² O Decreto-Lei 47/94 e a Directiva 2000/60/CE, que serão apresentados mais à frente, preveem prorrogações de prazos para fazer face a este problema.

3.5 – Política de preço da água

Esta política pode ser uma ferramenta efectiva na gestão dos recursos de água, conduzindo à adopção de tecnologias conservativas de recursos, assim como a uma auto-regulação do mercado da água. Para a prossecução desses objectivos dever-se-á considerar no estabelecimento desses preços não só os custos associados à provisão da água como também as externalidades escassez da água e custos ambientais.

Segundo BADER (2004), os principais objectivos teóricos de uma política de preço da água são os da busca da eficiência económica, da obtenção de uma fonte financeira de rendimento, e de procura de equidade social. FRAGOSO e MARQUES (2007) acrescentam ainda a eficiência técnica. CORNISH *et al.* (2004) resumizam os mesmos objectivos em três pontos: *a)* objectivos ligados à recuperação de custos dos serviços de fornecimento de água; *b)* objectivos ligados à gestão da procura, afectação da água e controlo da poluição; *c)* objectivos sociais.

A eficiência económica relaciona-se com a afectação da água maximizando o benefício líquido. É alcançada quando o valor da produtividade marginal for igual ao custo marginal (FRAGOSO, 2001; BADER, 2004; HENRIQUES *et al.*, 2006). O utilizador será economicamente ineficiente se não se encontrar neste ponto: o seu benefício líquido, a partir do ponto de eficiência económica, diminui quer se aumente ou se diminua o consumo de água. BADER (2004) e FRAGOSO e MARQUES (2007) referem que nestas condições o benefício marginal do uso da água será igual qualquer que seja a sua utilização de forma a maximizar o bem-estar social do uso desse recurso.

A eficiência técnica tem a ver com a tentativa de eliminação das perdas e dos desperdícios na utilização da água de rega, de acordo com a melhor tecnologia disponível para o efeito, definida por referência à fronteira de possibilidades de produção. A identificação de ineficiências técnicas obriga os utilizadores a actuarem no sentido de convergirem para a fronteira, quer seja pela introdução de sistemas de distribuição da água de rega ou sistemas de rega mais eficazes¹³, quer pela utilização de auxiliares de tomada de decisão da oportunidade de rega¹⁴.

¹³ O INAG (2002) apresenta valores de eficiência de distribuição dos sistemas em canal de 75% e de 90% para os sistemas em conduta. A eficiência de aplicação na rega por gravidade é na ordem dos 60%, inferior aos 70% da rega por aspersão e muito inferior aos 90% alcançados por uma rega localizada.

¹⁴ Ver, e.g., VARELA (1996), com aplicações do EPIC (*Erosion Productivity Impact Calculator*) como auxiliar de tomada de decisão de rega.

A equidade pode ser dividida em equidade horizontal e equidade vertical. A equidade horizontal tem a ver com a igualdade da distribuição e de encargos com água entre os utilizadores que têm acesso a esse serviço.

FAUCONNIER (1999) refere-se a esta equidade como correspondendo ao princípio do «benefício», em que diferentes indivíduos que recebem a mesma quantidade de benefício de um bem ou serviço devem pagar o mesmo preço por ele. FRAGOSO e MARQUES (2007) referem como exemplo da equidade horizontal o fornecimento de um volume de água, por área, igual para todos os beneficiários.

Com a adopção deste princípio orientador, todos os utilizadores deveriam pagar a mesma quantia pela água, que seria proporcional aos custos que a sua utilização imporia nas entidades fornecedoras desse serviço. Em contraste com a equidade horizontal, a equidade vertical tem implícito o princípio da «possibilidade de pagar» (FAUCONNIER, 1999), em que os utilizadores incorrem em custos que estão anexados ao seu nível de proveitos: os utilizadores com mais possibilidades devem pagar mais pelo mesmo bem ou serviço que os utilizadores mais pobres. Este objectivo é alcançado tanto por programas de subsidiação como por adopção de diferentes alternativas no estabelecimento de tarifas que tenham em consideração os proveitos dos utilizadores. Quer seja adoptada uma política que beneficie a equidade horizontal ou uma que beneficie a equidade vertical, a equidade na afectação da água será alcançada quando a todos os potenciais utilizadores que tenham o direito de utilizar a água, independentemente da sua capacidade de pagar pela água, seja dada uma oportunidade igual de a utilizarem (DINAR e SUBRAMANIAN, 1999).

Em relação ao objectivo da recuperação dos custos (processo que passa pela recolha de tarifas junto dos utilizadores finais e canalizá-las para as entidades fornecedoras do serviço, de forma a cobrir total ou parcialmente os custos inerentes ao fornecimento desse serviço) este orienta-se, frequentemente, no sentido do equilíbrio orçamental dos fornecedores (Estado, associações de regantes ou outros), para fazer face aos custos crescentes de operação e manutenção, bem como na tentativa de diminuição da carga dos subsídios nos orçamentos do Estado (CORNISH *et al.*, 2004). FRAGOSO e MARQUES (2007) referem que o objectivo inicial da política de tarifas da água foi o de recuperação de custos e que, com o aumento da escassez do bem, este se tornou igualmente num eficiente instrumento de afectação.

A gestão da procura, bem como a afectação correcta da água e o controlo da poluição são objectivos que são alcançados por uma política de preço da água quando



esta conseguir reduzir o excesso da procura, incentivando o uso eficiente dos recursos hídricos e afectando-os aos usos prioritários, bem como incentivar o aumento da qualidade da água, reduzindo os níveis de poluição e protegendo o ambiente. Todos estes objectivos têm em comum a diminuição da quantidade de água utilizada. A teoria económica assume que a procura da água diminuirá com o aumento do preço da mesma, conforme simplifadamente se apresenta na Figura 3.3.

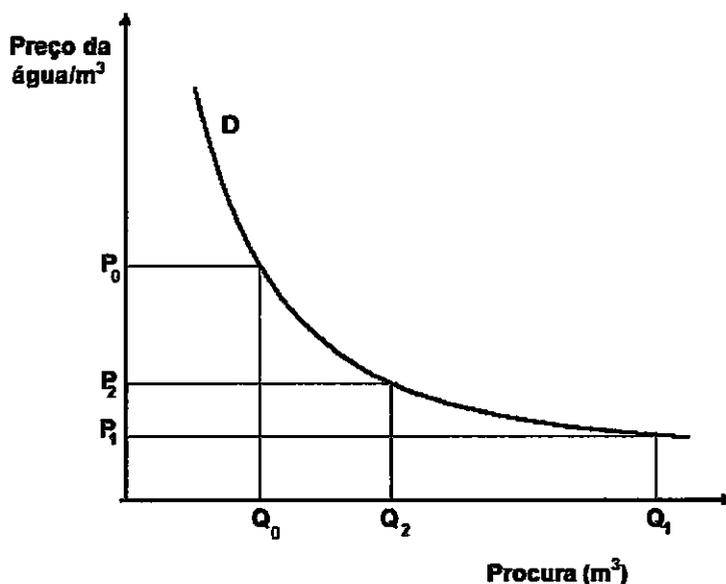


Figura 3.3 – Curva da procura da água (adaptado de CORNISH et al., 2004).

A quantidade Q_0 é a quantidade sustentável de utilização da água, que será obtida, dada a curva da procura D , a um preço por m^3 de P_0 . A situação actual na maioria dos perímetros de rega é existir um preço da água por m^3 muito baixo ou mesmo zero. Sendo assim, e representando esta situação pelo preço P_1 , o consumo de água Q_1 é muito superior à quantidade sustentável. O consumo aproximar-se-á do sustentável com a subida dos preços da água por m^3 (P_2).

Apesar de teórica, a situação representada na Figura 3.3 mostra com alguma fidelidade o que ocorrerá na prática, se o preço da água só estiver relacionado com a quantidade consumida. No entanto, existem outros métodos, apresentados em seguida, que tarifam o consumo de água não só pela sua quantidade.

3.6 – Métodos de tarifação da água

São variados os mecanismos de aplicação de tarifas da água de rega, desde os que taxam as áreas regadas, aos que utilizam métodos indirectos de taxar *inputs* e *outputs*, passando ainda por uma variedade de esquemas volumétricos. O Quadro 3.1 sumariza as opções praticadas.

Quadro 3.1 – Mecanismos de tarifação da água de rega (adaptado de Cornish et al., 2004).

<i>Grupo</i>	<i>Tipo</i>
Métodos volumétricos	Tarifa fixa Tarifa variável
Métodos não-volumétricos	Baseados na área Baseados na cultura Baseados nos <i>inputs</i> Baseados nos <i>outputs</i>
Direitos de água	Negociáveis Não negociáveis

Os métodos volumétricos de tarifação da água aplicam uma tarifa por unidade de água, sendo cobrado um valor que está directamente relacionado com essa quantidade. No caso das tarifas fixas, o valor por unidade de água é constante, seja qual for a quantidade. Já pelo contrário, no caso das tarifas variáveis, quanto maior a quantidade recebida maior o preço que se terá que pagar por unidade (as quantidades agrupam-se em blocos de preços crescentes). A equidade horizontal, tal como foi descrita acima, é promovida por estes sistemas. Estes métodos têm alguma exigência técnica já que necessitam de uma monitorização da água recebida/utilizada por cada utilizador, bem como duma autoridade que supervisione o funcionamento do sistema, que estabeleça os preços e que recolha os valores das tarifas. Apesar de do ponto de vista económico ser o método mais aceitável¹⁵, o peso dos custos de investimento num sistema de monitorização aliado aos custos de administração tornam-no proibitivo em muitas situações.

¹⁵ BADER (2004) refere que os agricultores, sabendo que vão ter que pagar a água que consumirem, comparam o custo da água com o seu benefício marginal, maximizando o benefício líquido por unidade de água. As afectações às culturas serão as que refletem o valor económico da água.

Nos métodos não-volumétricos, o valor da tarifação da água não está relacionado directamente com a quantidade de água recebida/utilizada mas com outras variáveis relativas às culturas.

Nas tarifas baseadas na área existem sub-tipos tais como: *a)* tarifa fixa por hectare da exploração, não estando relacionada com a área de culturas de regadio, com o tipo de culturas ou com o volume de água recebido; *b)* tarifa fixa por hectare irrigado, não estando relacionada com a área da exploração, o tipo de culturas ou o volume de água recebido; *c)* tarifa variável por hectare irrigado, dependendo da técnica de rega utilizada; *d)* tarifa variável por hectare irrigado, dependendo da época de realização da cultura; *e)* tarifa variável por hectare irrigado, dependendo da extensão de área irrigada.

Estes métodos promovem a equidade vertical (maiores explorações, com maior área irrigada, pagam mais que os pequenos agricultores). A principal desvantagem deste método é a falta de incentivo que oferece aos utilizadores para a poupança de água, uma vez que a tarifa não está directamente relacionada com o consumo. No entanto, é um método de mais prática e simples implementação que os volumétricos, e que, se se tiver como objectivo principal da sua aplicação apenas a recuperação dos custos de operação e manutenção do sistema, se adequa perfeitamente às necessidades.

O método de tarifação baseado na cultura aplica uma tarifa variável por hectare de cultura de regadio, consoante a cultura. CORNISH *et al.* (2004) referem que o tipo de cultura e a área irrigada servirão de variável *proxy* do volume de água utilizado. Este método poderá conduzir a mudanças na distribuição cultural por parte dos agricultores, escolhendo culturas com menores tarifações (obviamente que as culturas com tarifas maiores poderão continuar a ser adoptadas desde que a sua rentabilidade seja superior às culturas com tarifas menores). No entanto, o volume de água utilizado nessas culturas menos tarifadas não sofre qualquer incentivo para ser controlado, podendo ocorrer desperdícios, já que o custo fixo da água é constante e já está aceite pelo agricultor.

Quanto aos métodos baseados nos *outputs* e nos *inputs* relacionam o consumo de água com os produtos obtidos a partir da sua utilização ou com os recursos utilizados para a obtenção dos produtos. Por outras palavras, nos baseados nos *outputs* aplica-se uma taxa da água às receitas obtidas com as culturas de regadio; nos baseados nos *inputs* aplica-se uma taxa da água às matérias-primas usadas na realização da cultura de regadio (às sementes ou aos adubos, e.g.). São, tais como os métodos não-

-volumétricos, métodos de simples aplicação, sem complicações administrativas, desde que existam registos fiáveis, mas com restrições quanto à sua eficácia no que diz respeito à eficiente afectação da água.

Um caso particular diz respeito ao direito à água, em que os utilizadores, mediante o pagamento de uma taxa anual, ficam com o direito de uso de uma determinada quantidade de água, estabelecida de acordo com as disponibilidades do sistema. Conforme as determinações de cada sistema, os utilizadores podem negociar entre si esses direitos.

A escolha de um dos métodos para tarifação da água (ou de um *mix* de métodos) para uma determinada região depende dum conjunto de factores que, em última análise, influenciarão a adequação e a real efectividade da sua aplicação. Esses factores são, segundo HUSSAIN e WIJERATHNA (2004), os direitos e a afectação da água, as características do sistema de distribuição bem como as perdas aí ocorridas, o valor da água, a variação dos fluxos da água, o número de utilizadores servidos pelo sistema, os objectivos sociais pretendidos e ainda a capacidade (e custos associados) de efectivamente cobrar as tarifas de irrigação.

A questão dos direitos da água já foi anteriormente abordada, sendo a afectação da água de superfície aos diferentes usos decidida, na maioria dos casos, administrativamente a um nível superior, assim como as tarifas a aplicar aos seus utilizadores. Ao nível da exploração individual, os direitos de propriedade da terra e os direitos da água estão geralmente associados.

Quanto às características dos sistemas de distribuição de água, estes podem basear-se na oferta ou na procura. Os sistemas baseados na oferta (quer sejam rotacionais – onde a água é oferecida aos utilizadores segundo um calendário acordado – ou de fluxo contínuo – onde a água é disponibilizada aos utilizadores num fluxo contínuo e cada um deles utiliza a quantidade que lhe aprouver) são geridos por entidades públicas ou associações de beneficiários que determinam administrativamente a afectação da água aos usos e as tarifas da água. Já os sistemas baseados na procura (onde a água é disponibilizada na altura e na quantidade solicitadas pelo utilizador) tendem, segundo HUSSAIN e WIJERATHNA (2004), a estabelecer tarifas de utilização determinadas pelo mercado e a afectação, bem como o volume de água consumido, são determinados pelo utilizador. Nestes casos é evidente que um método volumétrico se adapta na perfeição a estas características.

No que diz respeito ao valor da água (que evidentemente está profundamente interligada com a variabilidade dos fluxos de água e com as perdas ocorridas na distribuição), nos casos em que as oscilações desse valor são muito elevadas, devido, por exemplo, a variações inter-sazonais da disponibilidade da água (num clima mediterrânico, o valor marginal da água é certamente muito diferente no Inverno e no Verão), um método que se adapta a estes condicionalismos será o baseado na área, aplicando uma tarifa variável por hectare irrigado, dependendo da época de realização da cultura.

Em relação ao número de utilizadores, é de bom senso a não aplicação de métodos sofisticados de diferenciação individual na tarifação se esse número de utilizadores for elevado.

O aspecto social influencia o método de tarifação escolhido na medida em que, como já foi referido anteriormente, preocupações referentes à equidade vertical podem ser tidas em conta se se escolher um método baseado na área.

A escolha do método de tarifação é então uma tarefa que deve ponderar todos estes factores de decisão, avaliando o peso específico de cada um deles, resultando da combinação de critérios sócio-económicos, técnicos, políticos e de direitos.

3.7 – A legislação nacional e a Directiva-Quadro da Água

As preocupações ambientais com os recursos naturais, e em particular com a água, são cada vez mais prementes, reflectindo-se na legislação aprovada no sentido da sustentabilidade da utilização dos mesmos.

O Decreto-Lei n.º 47/94 de 22 de Fevereiro de 1994 estabeleceu o regime económico e financeiro do domínio público hídrico. Nessa altura o Governo tinha como objectivos o fornecimento de água de forma fiável e estável no tempo, em quantidade e qualidade, e a rentabilização dos investimentos realizados e a realizar para a persecução desses objectivos. O Estado transfere assim o custo das obras públicas realizadas no domínio público hídrico, dos contribuintes para os utilizadores. Estabeleceu ainda que era imprescindível a atribuição de um valor (preço) justo e adequado da água, conforme a sua utilização, utilização essa que necessitaria ser autorizada e paga. Inspira-se nos princípios do utilizador-pagador e do poluidor-pagador para “...responsabilizar os utentes dos recursos hídricos pela sua correcta gestão e utilização (...) criando

simultaneamente um fundo que possa vir a ser utilizado no financiamento de acções e estruturas que visem a melhoria dos recursos e da sua utilização.” (Decreto-Lei n.º 47/94, DR 44/94 Série I-A de 1994-02-22). Com o estabelecimento deste regime, o Estado procura alcançar os objectivos descritos anteriormente como sendo os objectivos teóricos da implementação de uma política económica em geral, e de uma política de preço da água em particular.

Como é referido no preâmbulo do Decreto-Lei n.º 47/94, e no seu Artigo 1º, este regime aplica-se ao domínio hídrico público, sob jurisdição do Instituto da Água (INAG). Sendo assim, ficam fora da alçada deste Decreto-Lei as águas que não são do domínio público, nomeadamente as águas subterrâneas e as águas superficiais privadas.

No Artigo 3º do mesmo Decreto-Lei fica estabelecido que a taxa de utilização das águas do domínio público deverá compensar o uso privado de um bem público, apresentando o Artigo 5º a fórmula para calcular a taxa de utilização de captação de água, em função da medição directa ou indirecta do volume de água captada e não restituída à corrente natural nas mesmas condições de qualidade e temperatura em que foi captada. As águas que forem restituídas à corrente natural fora destas condições serão sujeitas a uma taxa de rejeição de águas residuais, de acordo com a fórmula estabelecida no Artigo 8º, que é função da quantidade anual rejeitada dum determinado parâmetro poluente e do custo unitário actual do tratamento da carga poluente desse parâmetro.

HENRIQUES e WEST (2000a) referem que a falta de regulamentação posterior impossibilitou a aplicação na prática do estabelecido no Decreto-Lei, não havendo, salvo algumas excepções (que, inclusivamente, já ocorriam antes da publicação do Decreto-Lei), qualquer pagamento de taxas ou tarifas pela captação da água ou pela rejeição de águas residuais, só havendo tarifas cobradas a utilizadores domésticos ou industriais ligados a redes públicas de serviços de águas e a agricultores beneficiários de perímetros de rega¹⁶.

¹⁶ No caso dos beneficiários dos perímetros de rega colectivos públicos realizados no âmbito do desenvolvimento de obras de fomento hidroagrícola, o regime económico e financeiro vigente resulta ainda da aplicação do Decreto-Lei n.º 269/82 de 10 de Julho de 1982, com a aplicação de taxas de beneficiação (Artigo 61º) para reembolso dos investimentos do Estado não considerados a fundo perdido (actualmente, e segundo HENRIQUES e WEST, 2000a, estas taxas de beneficiação estão fixadas no valor zero) e de taxas de exploração e conservação (Artigo 66º) para fazer face aos custos de manutenção e exploração do serviço.

A Directiva 2000/60/CE (mais conhecida por Directiva-Quadro da Água – DQA) do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, estabeleceu um quadro de acção comunitária no domínio da política da água, orientada para a protecção, prevenção e melhoria de qualidade do ambiente, baseando a política nos princípios da precaução e da acção preventiva, da correcção prioritária na fonte dos danos causados ao ambiente e do poluidor-pagador.

No sentido da melhoria da protecção dos recursos hídricos e uso sustentável dos mesmos, a DQA obriga os Estados-membros a proceder no sentido da realização e implementação das seguintes disposições de carácter económico-financeiro: *a)* Análise económica das utilizações da água, nomeadamente com a determinação da informação de base para a aplicação do princípio de recuperação de custos dos serviços da água e com a determinação da combinação de medidas com melhor relação custo-eficácia relativamente às utilizações da água para cumprir os objectivos ambientais (Artigo 5º e Anexo III); *b)* Estabelecimento de uma política de preços da água (Artigo 9º).

O Artigo 9º da DQA estabelece que os Estados-membros devem considerar o princípio da recuperação dos serviços da água, incluindo os custos ambientais e os custos de escassez do recurso. Até 2010 os Estados-membros devem assegurar a implementação dessas políticas de preços da água, que promovam o uso sustentável dos recursos hídricos.

Portugal, como Estado-membro da União Europeia, está obrigado ao cumprimento dos objectivos estabelecidos na DQA, cumprindo o seu papel na missão colectiva de melhoria da protecção dos meios hídricos da Comunidade. No entanto, o regime jurídico vigente – até à recente publicação da chamada Nova Lei da Água (a Lei n.º 58/2005) – que estabelecia os modelos económico-financeiros da política de gestão dos recursos hídricos nacionais carecia de algumas alterações no sentido da adequação à DQA.

A principal divergência resultava do regime de propriedade da água. O Decreto-Lei n.º 47/94 regulava o domínio público da água, excluindo, como já foi referido anteriormente, as águas subterrâneas e as águas superficiais privadas. Em Portugal, as águas subterrâneas existentes em propriedades privadas bem como as águas superficiais privadas são bens privados, existindo uma colagem entre o direito de propriedade da terra e da água, estando a sua captação e utilização apenas sujeita ao licenciamento de entidades públicas, não se aplicando às mesmas os regimes

económico-financeiros previstos na lei¹⁷. Ora, a DQA estabelece, como objectivo geral, o desenvolvimento de um sistema para a protecção das águas de superfície interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas.

Para mais, estabelece como objectivos ambientais para as águas de superfície e para as águas subterrâneas, entre outros, o da prevenção da deterioração do estado de todos os meios hídricos assim como o da sua protecção, melhoria e recuperação. Quando a DQA se refere a todos os meios hídricos não faz distinção quanto à propriedade dos mesmos, obrigando à adaptação da legislação portuguesa. Como não era, em termo objectivos e práticos, fácil de alterar o regime de propriedade das águas subterrâneas em propriedades privadas e das águas privadas de superfície (quanto mais não seja pelos aspectos culturais e históricos recentes de eficácia duvidosa), tornou-se necessário alargar o âmbito da aplicação do Decreto-Lei n.º 47/94 para contemplar essas águas num regime económico e financeiro da utilização da água em geral, internalizando as externalidades ambientais e económicas sob a forma de taxas de captação e rejeição de águas residuais.

Com a publicação da Nova Lei da Água, a Lei n.º 58/2005, foi transposta para a ordem jurídica nacional a Directiva-Quadro da Água, estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas. O regime económico e financeiro (que se encontra em fase de proposta e discussão) é determinado pelos artigos inscritos no Capítulo VII da Lei n.º 58/2005. No artigo 78.º estabelece-se a base de incidência da taxa de recursos hídricos (TRH), nomeadamente: *a*) a utilização privativa de bens do domínio público hídrico; e *b*) actividades susceptíveis de causarem um impacto negativo no estado de qualidade e quantidade de água. Desta forma, a legislação contorna o problema da propriedade dos meios hídricos, aplicando a TRH mesmo às actividades que utilizem recursos hídricos superficiais privados ou que utilizem captações privadas de águas subterrâneas, por forma a internalizar os custos ambientais associados ao referido impacto na qualidade e quantidade da água, bem como os custos associados à respectiva recuperação.

¹⁷ No caso dos utilizadores de água em regime privado, não existe a utilização de um bem público para proveito privado mas sim de um bem privado para benefício privado. Os utilizadores suportam o investimento do sistema e os custos de operação e manutenção (com excepção da parte subsidiada nos investimentos e na operação – como era exemplo, até 2005, do subsídio à electricidade para rega).

CAPÍTULO 4 – ESPECIFICAÇÃO, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

4.1 – Introdução

O modelo desenvolvido, o MALTe, é um modelo de programação não-linear (PNL), com restrições lineares, calibrado usando método da programação matemática positiva (PMP) a partir de um modelo inicial de programação linear (PL). Opta-se pela seguinte estrutura neste capítulo: em primeiro lugar descreve-se a programação linear, tanto no seu modelo primal como no modelo dual, discutindo-se benefícios e limitações; posteriormente introduz-se a PMP como método de contornar essas limitações, bem como as técnicas de especificação dos parâmetros da função não-linear de custos variáveis; no final, aborda-se a validação do modelo.

4.2 – Programação linear

De uma forma simplificada, e aplicando a programação linear ao universo das ciências agrárias, pode-se dizer que esta “... é um método de determinar uma combinação possível das actividades duma empresa que, simultaneamente, maximize o lucro e cumpra um conjunto de restrições fixas dessa mesma empresa.” (HAZELL e NORTON, 1986). Uma primeira forma de abordar este problema, o modelo primal, implica que o decisor (agricultor, gestor) se encontra face à necessidade de maximizar o lucro sujeito a tecnologias de produção estabelecidas. O modelo primal de programação linear pode ser matematicamente formulado da seguinte forma:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (4.1)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad \forall i \quad [\lambda_i] \quad (4.2)$$

$$x_j \geq 0, \quad \forall j \quad (4.3)$$

em que Z representa a margem bruta total, definida pela diferença entre as receitas e os custos variáveis, c_j a margem bruta esperada por unidade da actividade j (existindo n actividades, j tem um universo de 1 a n), x_j o nível da actividade j , a_{ij} a quantidade do recurso i necessário para produzir uma unidade da actividade j (existindo m recursos, i tem um universo de 1 a m) e b_i a disponibilidade do recurso i . A equação 4.1 maximiza a margem bruta total das actividades. As restrições relativas aos m recursos, representados por 4.2 asseguram que o uso de cada recurso pelas actividades deverá ser menor ou igual que a sua disponibilidade. As condições de não-negatividade, 4.3, implicam que nenhuma actividade terá valores negativos. Associado a cada recurso i existe uma variável endógena, λ_i , denominada preço-sombra do recurso i , que fornece a informação sobre a variação da função objectivo quando existe um aumento marginal da disponibilidade do recurso i . Esta variável é determinada, como mais adiante se verá, a partir do modelo dual de programação linear associado ao modelo primal. Por esse motivo é também identificada como variável dual do recurso i .

Outra forma de apresentar o modelo de PL é em forma de *tableau* (quadro). Um exemplo da formulação genérica de um modelo de PL em forma de *tableau* pode ser a que se apresenta no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Formulação genérica dum modelo de PL em forma de tableau

Linhas \ Colunas	Actividades						Sinal da Restrição	RHS
	x_1	x_2	...	x_j	...	x_n		Disponibilidades
Função-objectivo	c_1	c_2	...	c_j	...	c_n	Maximização	
Restrições								
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}	\leq	b_1
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2n}	\leq	b_2
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}	\leq	b_i
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮	⋮
m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mj}	...	a_{mn}	\leq	b_m

Esta apresentação permite uma visualização da estrutura do modelo (MARQUES, 1996), contendo uma matriz dos coeficientes do problema. Indica-se qual a optimização que se pretende efectuar, e qual a função-objectivo. As restrições são apresentadas em linhas (m linhas correspondentes a m restrições) e as actividades em

colunas (n colunas para n actividades). As disponibilidades dos recursos fixos, b_i , são designadas pelo lado direito das restrições (*right-hand side*, RHS), ou termos independentes, sendo ainda indicado o sinal da restrição. Convém referir que, apesar de neste exemplo, se maximizar a função objectivo, podem-se efectuar outras optimizações de outras funções; além disso, o sinal das restrições pode ser também o de igual (=) ou o de maior ou igual (\geq).

Estão implícitos alguns pressupostos na formulação deste modelo que, embora permitam uma correcta aplicação do método, fazem com que, em última análise, sejam necessários artificios, alguns deles tão engenhosos quanto complexos e/ou arbitrários, para que os modelos reproduzam fielmente a realidade e se ajustem ao objectivo para que foram construídos, ou seja, de auxílio às tomadas de decisão. Destes pressupostos, que se encontram extensivamente descritos na literatura (vide, *e.g.*, HAZELL e NORTON, 1986), destacam-se dois que, pela sua natureza, fazem com que ocorram as disfuncionalidades observadas aquando da elaboração dos modelos: o pressuposto da aditividade e o da proporcionalidade. O pressuposto da aditividade assume que o produto total das actividades é igual à soma dos produtos individuais de cada actividade, descartando logo à partida quaisquer interacções entre actividades. O pressuposto da proporcionalidade implica que, qualquer que seja o nível da actividade, a margem bruta por unidade de actividade e as necessidades de recursos para produzir uma unidade da actividade são constantes. Segundo HAZELL e NORTON (1986), uma margem bruta constante por unidade de actividade implica uma curva da procura da actividade perfeitamente elástica, assim como necessidades constantes de recursos por unidade de actividade implicam uma oferta perfeitamente elástica dos recursos variáveis usados. O resultado da aplicação conjunta destes dois pressupostos é a existência de uma função objectivo directamente relacionada com a disponibilidade dos recursos fixos e com retornos constantes à escala (e certamente com reduzida aderência à realidade). Por forma a evitar esta rigidez dos modelos de programação linear decorrente dos pressupostos que lhes dão origem, e de maneira a que os modelos possam cumprir o objectivo com que foram criados (reprodução o mais fiel possível da realidade e correcta previsão das acções que os decisores tomarão face a mudanças estruturais, conjunturais ou políticas) recorre-se a artificios que passam pela introdução de restrições empíricas, baseadas na observação da realidade, aproximações lineares de relações não lineares entre recursos e produtos, utilização de modelos de programação

estocásticos, de modelos utilizando a teoria de decisão multicritério, ou de técnicas de calibração, como é exemplo a programação matemática positiva.

Uma segunda forma de abordar o problema passa por minimizar os custos esgotando os recursos fixos disponíveis. Como já foi referido anteriormente, associado a cada recurso i existe uma variável λ_i que, para além de transmitir a informação acerca da variação da função objectivo, valoriza o recurso, atribuindo-lhe um preço-sombra¹⁸. O cálculo de λ_i é efectuado a partir do problema dual que está associado ao primal. O dual de programação linear pode ser apresentado da seguinte forma:

$$\min W = \sum_{i=1}^m b_i \lambda_i \quad (4.4)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \lambda_i \geq c_j, \quad \forall j \quad [x_j] \quad (4.5)$$

$$\lambda_i \geq 0, \quad \forall i \quad (4.6)$$

em que W representa a valorização total dos recursos disponíveis, calculada através soma do produto das quantidades de recursos disponíveis (b_i) pelos preços-sombra respectivos (λ_i), a_{ij} continua a representar a quantidade do recurso i necessário para produzir uma unidade da actividade j e c_j a margem bruta esperada por unidade da actividade j .

A equação 4.4 minimiza a valorização total dos recursos disponíveis. Se o preço-sombra de um recurso fixo é elevado, o custo de produzir uma unidade de uma actividade j_0 que utilize a quantidade a_0 desse recurso será necessariamente superior ao custo de produzir uma unidade de outra actividade j_1 que utilize a quantidade a_1 ($a_1 < a_0$) desse recurso (sendo as utilizações dos restantes recursos iguais). Este facto orienta o modelo a afectar o recurso às actividades mais lucrativas, que usem de forma mais eficiente os recursos fixos com preços elevados.

¹⁸ A teoria económica diz que o aumento da produção deve continuar até que o custo marginal do recurso seja igual ao preço do produto, já que o aumento unitário da produção, neste ponto, teria um custo igual ao benefício. Sendo assim, esta variável λ_i claramente mostra duas coisas: primeiro, a variação na função objectivo que um aumento marginal da disponibilidade do recurso i provocaria; segundo, o preço até ao qual o decisor estaria disposto a pagar (e deveria, tendo em conta que as suas aspirações são as de maximizar a margem bruta) adquirir uma unidade suplementar do recurso i (fosse esse recurso a terra, a mão-de-obra, o capital disponível, ou outro), sabendo que, até atingir esse preço, o benefício desse aumento na disponibilidade do recurso seria superior ao custo do mesmo.

Na solução óptima, o valor da função objectivo do dual, W , iguala o valor da função objectivo do primal, Z .

A restrição 4.5, relativa a todas as j actividades, obriga a que o produto da quantidade de recurso i necessária para a produção de uma unidade da actividade j pelo preço-sombra desse recurso i (ou seja, o custo marginal do uso do recurso i) seja igual ou superior à margem bruta esperada de uma unidade da actividade j (a margem bruta marginal para essa actividade j). Desta forma evita-se que se esteja num ponto não-

óptimo de produção, o que aconteceria se $c_j > \sum_{i=1}^m a_{ij} \lambda_i$, dado que neste caso a empresa poderia aumentar a sua margem bruta se aumentasse a produção ou o número de actividades (HELMING, 2005). A condição de não-negatividade de λ_i , apresentada em 4.6, evita valores negativos dos preços-sombra dos recursos (que não teriam qualquer significado económico). Associada a cada restrição relativa às n actividades existe uma variável, x_j , que será o valor-sombra da actividade j (igual aos valores de x_j calculados no problema primal, ou seja, os níveis das actividades). Como é facilmente constatável, o nível de dependência e inter-relação entre os modelos (primal/dual) é elevado¹⁹. Daí que se use frequentemente o modelo dual para complementar a interpretação económica do modelo primal.

Uma descrição detalhada do modelo primal inicial usado neste trabalho, assim como as variáveis dual a ele associadas, pode ser consultada no Anexo A. No Anexo C, apresenta-se uma matriz simplificada do modelo.

4.3 – Calibração do modelo

A programação linear necessita de recorrer a artificios, já referidos neste capítulo, de forma a evitar um dos seus maiores problemas: a sobre-especialização (selecção exagerada, ou única, da actividade mais lucrativa, em detrimento das outras).

¹⁹ HAZELL e NORTON (1986) referem que as rigorosas conexões entre ambos os modelos são muito importantes na teoria da programação linear. CHIANG (1984) e HAZELL e NORTON (1986) mostram como se pode derivar o modelo dual a partir do modelo primal, usando a Lagrangeana e aplicando as condições de Kuhn-Tucker. A margem bruta por unidade de actividade, que aparece no primal na função objectivo, surge no dual nas restrições. As disponibilidades dos recursos fixos passam, no dual, para coeficientes da função objectivo. As inequações mudam de sentido do primal para o dual (HELMING, 2005).

Devido aos pressupostos da aditividade e da proporcionalidade, num modelo simples de PL, a função objectivo Z é linear, apresentando lucros marginais constantes (HELMING, 2005). Isto significa que, qualquer que seja o nível de actividade o lucro marginal dessa actividade é constante (rendimentos constantes à escala).

Num exemplo simples (Figura 4.1), perante uma situação de recursos limitados e escolha livre entre duas actividades concorrentes relativamente ao recurso, com uma função objectivo Z linear, o modelo irá, obviamente, escolher a actividade mais lucrativa até esgotar o recurso.

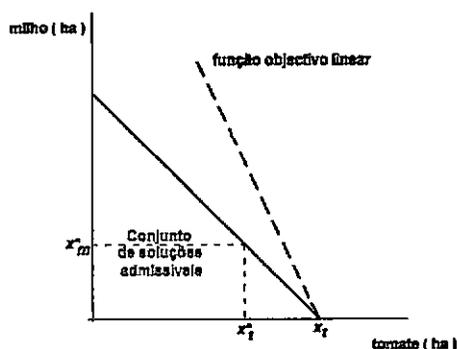


Figura 4.1 – Resolução gráfica de um modelo de PL (adaptado de Helming, 2005).

No exemplo apresentado na Figura 4.1, o modelo de programação linear escolhe o nível das actividades *milho* (x_m) e *tomate* (x_t), que competem pelo recurso *terra*. Os níveis observados dessas actividades estão representados por x_m^* (*milho*) e por x_t^* (*tomate*). Representando a margem bruta do *tomate* por c_t e a margem bruta do *milho* por c_m , a função objectivo é dada por:

$$Z = x_m c_m + x_t c_t \quad (4.7)$$

Para um dado valor \bar{Z} , a função objectivo é representada no gráfico a partir da expressão geral

$$x_m = \frac{\bar{Z}}{c_m} - \frac{c_t}{c_m} x_t \quad (4.8)$$

A ordenada na origem é dada por $\frac{\bar{Z}}{c_m}$, e o declive por $-\frac{c_t}{c_m}$. Admitindo que a margem bruta do *tomate* (c_t) é maior que a margem bruta do *milho* (c_m), a função objectivo, que é linear, tem um declive maior que um (em valor absoluto).

Graficamente o conjunto de soluções admissíveis encontra-se na área limitada pela linha fronteira do recurso *terra* (como ambas as actividades competem pela *terra*, se toda a *terra* for utilizada pelo *tomate* nenhuma será utilizada pelo *milho*, e vice-versa).

Como o objectivo é a maximização da margem bruta total da exploração, o valor de Z na solução óptima será o maior que não viole as restrições, i.e., é necessário encontrar a recta da função objectivo com o maior valor da ordenada na origem (que, como o valor da ordenada na origem é dado por $\frac{\bar{Z}}{c_m}$, será necessariamente a recta que apresenta o maior valor da margem bruta total) que toque o conjunto das soluções admissíveis. Neste caso a solução é de canto, pelo que a actividade mais lucrativa (*tomate*) ocupará toda a área disponível de *terra* e a menos lucrativa (*milho*) terá nível zero. Como se constata, a solução apresentada pelo modelo para além de não representar a realidade, cai numa sobre-especialização tecnicamente pouco recomendável²⁰.

As primeiras tentativas de encontrar soluções para este problema traduziram-se pela utilização de restrições adicionais de rotação. Estas impunham a realização de determinadas culturas (actividades) que juntas definiriam numa rotação cultural, fazendo com que culturas com menores rendimentos marginais pudessem entrar na solução óptima porque acompanhavam, na rotação, culturas (actividades) de maior rendimento. Apesar de, ao nível da exploração individual (quinta, firma, etc.), poder fazer sentido impor uma restrição deste género, uma vez que existem razões técnicas agronómicas que a justificam, num nível agregado (com modelos regionais ou a níveis superiores) já é difícil justificar a introdução de tais restrições²¹.

Outro mecanismo foi o de introduzir limites máximos e mínimos para as actividades que eram mais ou menos lucrativas, respectivamente.

²⁰ HECKELEY e BRITZ (2005) referem que, devido a três motivos a sobre-especialização é geralmente mais severa em modelos agregados. Esses motivos são (a) o facto de, nos modelos agregados, quando comparados com os modelos ao nível da exploração, o número de restrições empiricamente justificáveis ser relativamente menor, (b) a impossibilidade (devido aos dados ou tempo disponíveis, e às limitações computacionais) de especificar funções não-lineares da tecnologia que permitisse introduzir, na solução óptima, mais actividades, e (c) a não introdução (pelas mesmas razões) na função objectivo, da endogenização dos preços dos produtos ou do comportamento face ao risco, que, provavelmente, induziriam uma tendência de diversificação das actividades na solução óptima.

²¹ Como se poderia justificar a introdução de restrições de rotação ao nível regional se, com a agregação dos dados dos níveis das actividades, se perde a individualidade das explorações e das técnicas culturais que efectuam?

Esta adição tão artificial de restrições conduzia a uma redução do número de soluções possíveis, pelo que se torna necessário a introdução, no modelo, de restrições de flexibilização. No entanto, segundo HOWITT (1995), as restrições relevantes devem ser sempre baseadas ou na lógica económica ou na tecnologia que suporta a produção agrícola. Dificilmente se conseguiriam encaixar em qualquer uma destas premissas estas restrições.

Uma terceira abordagem a este problema surge com a introdução de uma função objectivo não-linear de forma a explicitar o comportamento face ao risco e a endogenização dos preços. Contudo, e apesar de alguma agilização do modelo e menor risco de sobre-especialização, muito dificilmente se obteria uma solução óptima em que os níveis das actividades não se desviassem dos níveis observados.

É neste contexto que surge a Programação Matemática Positiva (PMP). Esta abordagem é formalizada pela primeira vez por HOWITT (1995), apesar de existirem exemplos anteriores da sua aplicação²², embora sem explicitação da técnica. Segundo HOWITT (1995) esta técnica é desenvolvida para os técnicos que, por falta de justificação empírica, por razões de indisponibilidade de dados ou por razões de racionalização dos custos, observam que o conjunto das restrições empíricas não conduziu o modelo a uma solução que reproduzisse o ano-base de referência.

Segundo HECKELEY e BRITZ (2000), a ideia geral da PMP é usar a informação contida nas variáveis dual de um modelo PL, ao qual foram acrescentadas restrições de calibração que limitam os níveis das actividades aos observados, para especificar uma função objectivo não-linear que, depois de retiradas as restrições de calibração, apresente como solução óptima esses níveis observados. O próprio nome deste método, Programação Matemática Positiva, adoptado por HOWITT (1995), como resultado da inferência *positiva* que os dados do ano base transmitem para a construção do modelo, sugere que a motivação principal da sua aplicação é o aumento da confiança depositada num modelo de optimização com restrições, a partir do uso do comportamento observado na fase da especificação (HECKELEY e BRITZ, 2005). Este aspecto é também referido por GOHIN (2000). A fase da especificação conduz à obtenção dos parâmetros duma função não-linear. Esta não-linearidade faz com que os retornos deixem de ser constantes à escala, passando a ser função do nível de actividade.

²² HECKELEY e BRITZ (2005) referem como exemplos HOUSE (1987); KASNAKOGLU e BAUER (1988); BAUER e KASNAKOGLU (1990); HORNER *et al.* (1992); SCHMITZ (1994).

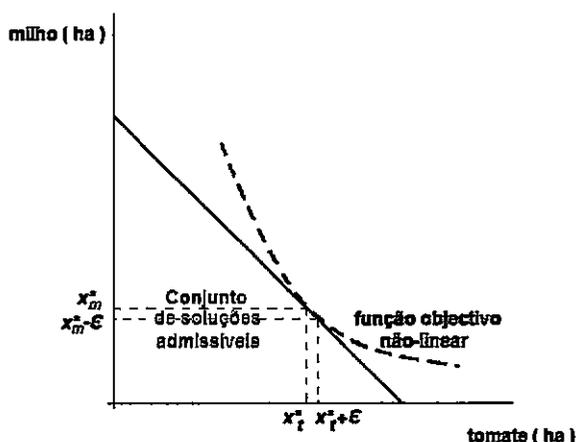


Figura 4.2 – Calibração do modelo recorrendo à PMP (adaptado de Helming, 2005).

A Figura 4.2 segue o mesmo método de análise da Figura 4.1 (as notações são também as mesmas). Neste caso, a função objectivo passou a ser não-linear (por exemplo, quadrática). Com uma função objectivo deste tipo já é possível obter uma solução óptima, no nosso exemplo, onde existe uma distribuição do recurso fixo concorrente entre as duas actividades ($x_{m-\varepsilon}^*$ para o *milho* e $x_{t+\varepsilon}^*$ para o *tomate*). Além disso, a PMP permite especificar essa função objectivo não-linear por forma a que os níveis das actividades na solução óptima obtida pelo modelo sejam praticamente iguais aos níveis realmente observados, x_m^* e x_t^* , registando-se apenas um desvio (intencional) de valor quase desprezível (representado na figura por ε).

A não-linearidade da função objectivo pode ser explicada tanto com uma abordagem do lado das receitas como com uma do lado dos custos. No exemplo da Figura 4.2, um aumento marginal da afectação do recurso *terra* à cultura *tomate* para além do nível x_t^* (nível observado) provoca um decréscimo do valor da margem bruta marginal dessa actividade. Este decréscimo é explicado por várias razões, como sejam uma menor apetência do solo para esta actividade (com menores produções e consequentemente menores rendimentos por unidade de área), um aumento da complexidade de gestão da área, um aumento das dificuldades com o parque de máquinas (com maiores deslocações e maior desgaste da maquinaria) ou aumento da pressão das pragas e doenças sobre uma maior área de cultura (todas estas três últimas razões levariam a um aumento dos custos por unidade de área), ou ainda por razões ligadas ao comportamento face ao risco. O mesmo ocorre se se aumentar a área de *milho* para um nível superior ao observado, x_m^* , com consequências em relação ao *milho*. O decréscimo das margens brutas por hectare traduz, segundo CARLES *et al.*

(1998), um aumento dos riscos económicos reais, ou percebidos, pelos agricultores, face a um aumento da superfície das culturas. Esta hipótese tem justificação não só agronómica mas também económica dado que um aumento do nível da actividade implica uma maior exposição do agricultor/empresa face aos riscos de perdas de produção ou de redução dos preços. CARLES *et al.* (1998) referem ainda que esta hipótese metodológica permite ainda ter em consideração um numeroso conjunto de restrições frequentemente difíceis de definir ou quantificar (como sejam o emparcelamento, a organização do trabalho, nichos de mercado, oportunidades de produção, etc.). Todos estes efeitos são reproduzidos na função objectivo não-linear especificada pela PMP.

Como a PMP se baseia no princípio de que o decisor (agricultor, gestor) tem o conhecimento perfeito do ambiente que rodeia a produção agrícola e, perante esses factos e tendo em conta o seu comportamento face ao risco²³, decidiu distribuir os recursos fixos disponíveis pelas actividades, de acordo com os níveis observados, pode-se assumir que, de facto, são esses níveis de actividade observados que maximizam a margem bruta total e que o modelo, para descrever a realidade de forma credível, deve apresentar como solução óptima os níveis observados para o ano base de referência.

GOHIN e CHANTREUIL (1999) resumem a PMP em três ideias essenciais: a) representa, indirectamente, na função objectivo as restrições que não são mensuráveis ou não estão disponíveis²⁴; b) os níveis das actividades escolhidos pelo agricultor e observados pelo modelizador são os óptimos, i.e., que maximizam a margem bruta dadas as restrições (técnicas, de preços e de políticas agrícolas), podendo assim servir de base na calibração, garantindo que o modelo reproduz exactamente os níveis das actividades observados; c) a especificação da função objectivo é não-linear.

A PMP tem algumas vantagens face aos métodos pré-PMP, tais como o facto de permitir uma calibração perfeita sem introduzir restrições artificiais (com um impacto menos severo no comportamento da simulação) e a possibilidade de evitar a sobre-especialização recorrendo à solução da utilização de funções não-lineares.

²³ O comportamento face ao risco por parte dos agricultores é, de acordo com estudos realizados (vide e.g. DILLON e SCANDIZZO, 1978 e BINSWANGER, 1980, ambos referidos em CARVALHO, 1994), de aversão ao risco. Na maioria dos casos, quando postos perante a necessidade de decidir entre planos de produção alternativos, preferem escolher o que apresente menor risco ainda que o mesmo preveja um menor nível de rendimento.

²⁴ GOHIN e CHANTREUIL (1999) consideram neste modelo que os rendimentos por hectare das actividades são variáveis exógenas, e que as restrições técnicas estão incorporadas numa função de custos de produção, e, por acréscimo, na função objectivo.

De referir ainda a particularidade de se verificar que os modelos calibrados com a PMP responderem a alterações das variáveis exógenas numa forma mais suave (relativamente aos modelos com restrições artificiais).

Este método de calibração pode, segundo HENRY DE FRAHAN (2005), ser aplicado ao nível da empresa, ao nível regional e ao nível sectorial. HENRY DE FRAHAN *et al.* (2005) usam simulações de modelos individuais calibrados com PMP (a partir dos dados individuais das empresas na base de dados FADN – *Farm Account Data Network*) e procedem à posterior agregação dos resultados.

BLANCO FONSECA *et al.* (2004) referem que um dos factores essenciais para a escolha deste método como técnica de calibração é o da relativa escassa necessidade de dados, quando comparada com outros tipos de modelos, optimizando os dados disponíveis, sem necessidade de recolha de nova informação.

Este aspecto dos dados necessários é também referido por HENSELER *et al.* (2006), que salientam a tendência que os modelos PMP têm de necessitar de menos dados que os modelos PL, para além das vantagens da calibração exacta à situação de referência e da resposta contínua a variações nos parâmetros.

Existe, no entanto, uma limitação, de certo modo importante, na utilização deste método: as actividades do modelo estão limitadas às observadas no ano base. O facto do nível observado dessa actividade ser igual a zero conduziria à impossibilidade de especificação dos parâmetros da função não-linear. Esta limitação estende-se à introdução não só de novas actividades mas também de novas tecnologias de produção não observadas no ano base²⁵.

A PMP segue um procedimento de calibração que compreende três fases: a *Fase 1* é a de limitar o problema de programação linear aos níveis de actividade observados; a *Fase 2* utiliza os valores dual obtidos na primeira fase para especificar os parâmetros de uma função objectivo não-linear; a *Fase 3* usa a função objectivo não-linear, especificada anteriormente, num problema de programação não-linear semelhante ao original, mas sem as limitações referentes aos níveis observados.

²⁵ Esta limitação, apesar de séria, não se apresenta particularmente importante em situações de construção de modelos ao nível regional. O facto de se estar a considerar um nível regional permite contemplar um elevado número de culturas e tecnologias culturais diferentes, aumentando o conjunto de opções possíveis.

Na *Fase 1* o modelo de programação linear primal observado nas equações 4.1 a 4.3 é reestruturado e limitado por restrições de calibração que reproduzam níveis de actividade observados, da seguinte forma:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n (p_j x_j - c_j x_j) \quad (4.9)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad \forall i \quad [\lambda_i] \quad (4.10)$$

$$x_j \leq x_j^* + \varepsilon, \quad \forall j \quad [\rho_j] \quad (4.11)$$

$$x_j \geq 0, \quad \forall j \quad (4.12)$$

em que Z representa a margem bruta total, p_j as receitas por unidade da actividade j , c_j os custos variáveis por unidade da actividade j , x_j o nível da actividade j , a_{ij} a quantidade do recurso i necessário para produzir uma unidade da actividade j , b_i a disponibilidade do recurso i , x_j^* o nível observado da actividade j e ε um número positivo muito pequeno²⁷. Associado a cada recurso fixo está uma variável dual (preço-sombra), λ_i ; associado a cada restrição de calibração está uma variável dual (preço-sombra), ρ_j . São estas variáveis que são a base da calibração do modelo.

A equação 4.9 maximiza a margem bruta total das actividades, definida pela diferença entre as receitas e os custos variáveis de cada actividade. As restrições relativas aos recursos fixos estão representadas pela equação 4.10. As restrições de calibração agora introduzidas, apresentadas em 4.11, limitam os níveis das actividades aos níveis observados no ano base mais uma ligeira perturbação. A perturbação ε dá origem ao que HECKELEY e BRITZ (2005) apelidam de actividades *preferenciais* (x^p) e actividades *marginais* (x^m). As actividades *preferenciais* são aquelas que, devido a terem uma margem bruta superior às outras, são limitadas pelas restrições de calibração antes de esgotarem as restrições dos recursos fixos. Como as restrições de calibração têm incluída essa pequena perturbação ε , a soma dos níveis das actividades *preferenciais* não permite que as actividades *marginais* também venham a esgotar essas restrições de calibração, sendo então essas actividades *marginais* limitadas pelas restrições dos recursos fixos.

²⁶ A perturbação ε introduzida nas restrições de calibração evita a degeneração das variáveis primal e dual. Para mais informação consulte-se HOWITT (1995).

Resumindo, as actividades *preferenciais* esgotam a restrição $x_j \leq x_j^* + \varepsilon$ ($\rho^p > 0$); as *marginais* não ($\rho^m = 0$). Mas esta perturbação influencia ainda a variável dual associada aos recursos, como seguidamente se demonstra.

Aplicando as condições de Kuhn-Tucker problema de PL, tem-se que:

$$L = p_j x_j - c_j x_j + \lambda_i (b_i - a_{ij} x_j) + \rho_j (x_j^* + \varepsilon - x_j) \quad (4.13)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_j} = p_j - c_j - a_{ij} \lambda_i - \rho_j = 0 \quad (4.14)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_i} = b_i - a_{ij} x_j = 0 \quad (4.15)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \rho_j} = x_j^* + \varepsilon - x_j = 0 \quad (4.16)$$

Tendo em atenção a equação 4.14 e o facto do conjunto das actividades se poder dividir em *preferenciais* e *marginais*, pode-se dividir 4.14 em duas equações distintas:

$$\rho_k^p = p_k^p - (c_k^p + a_{ik}^p \lambda_i) \quad \forall k \quad (4.17)$$

e

$$\rho_l^m = p_l^m - c_l^m - a_{il}^m \lambda_i, \quad \forall l \quad (4.18)$$

em que os índices p e m identificam o sub-conjunto das k e l actividades *preferenciais* e *marginais*, respectivamente. A equação 4.17 mostra a forma de cálculo das variáveis dual das restrições de calibração para as actividades *preferenciais*. ρ_k^p é dado pela diferença entre o preço e o custo marginal (sendo o custo marginal dado pela soma entre o custo variável por unidade - c_k^p - e o custo marginal de utilização dos recursos fixos - $a_{ik}^p \lambda_i$). A equação 4.18 calcula a variável dual das restrições de calibração das actividades *marginais*. Como já foi anteriormente referido, sabendo que as actividades *marginais* não esgotam as restrições de calibração, tem-se que:

$$\rho_l^m = 0, \quad \forall l \quad (4.19)$$

e

$$\lambda_i = \frac{p_l^m - c_l^m}{a_{il}^m}, \quad \forall i, l \quad (4.20)$$

Como se pode verificar, o valor calculado da variável dual dos recursos fixos é dependente apenas de variáveis associadas às variáveis marginais. É, por isso, natural que o valor do preço-sombra dos recursos fixos seja inferior ao realmente observado. HELMING (2005) faz notar ainda que perante este cenário qualquer alteração marginal da disponibilidade dos recursos apenas teria implicações no nível das actividades marginais.

Na *Fase 2* utilizam-se os valores dual das variáveis de calibração (e , como mais à frente se abordará, também os preços-sombra dos recursos fixos) para especificar os parâmetros de uma função objectivo não-linear. Como tínhamos referido anteriormente o custo marginal das actividades *preferenciais* (cm_k^p) é dado pela soma dos custos variáveis por unidade de actividade (c_k^p) com o custo marginal do uso dos recursos fixos ($a_k^p \lambda_i$). Considerando que o modelo deve apresentar como solução óptima os níveis observados para o ano base de referência, e que é esta que maximiza a margem bruta total, então neste ano base de referência tem que se estar perante a solução economicamente óptima, em que o custo marginal das actividades *preferenciais* tem que ser igual ao seu respectivo preço. Reordenando 4.17 obtém-se:

$$p_k^p = cm_k^p + \rho_k^p, \quad \forall k \quad (4.21)$$

ou seja, para o ano base de referência, o preço das actividades *preferenciais* é igual à soma do custo marginal das actividades *preferenciais* (cm_k^p) com o valor da variável dual da restrição de calibração respectivo (ρ_k^p). Sendo assim, ρ_k^p representa um custo “escondido” (ou, como é referido por HOWITT, 1995, custos não-observados). HOWITT (1995) e PARIS e HOWITT (1998) sugerem que a variável dual ρ associada às restrições de calibração captura qualquer tipo de erro na especificação do modelo, erros nos dados, desvios da agregação, comportamento face ao risco e comportamento face às expectativas dos preços. Assume-se, então, que os custos marginais totais por actividade são resultado da soma dos custos observados com os não-observados.

Para especificar os parâmetros da função objectivo não-linear é necessário seleccionar o tipo de função a usar. À partida, qualquer tipo de função não-linear que possua curvatura adequada (convexa para os níveis das actividades para permitir

encontrar uma solução na fronteira de possibilidades de produção – ver Figura 4.2) pode ser eleita como possível para esta fase.

No entanto, e essencialmente devido à inexistência de argumentos sólidos para a utilização de outro tipo de funções não-lineares, a função quadrática de custos variáveis é a mais usada (HECKELEY e BRITZ, 2005)²⁷. Assim, a forma geral da função de custos variáveis a ser especificada é:

$$cv_j = \alpha_j x_j + \frac{1}{2} \beta_j (x_j)^2, \quad \forall j \quad (4.22)$$

Assumindo que o nível das actividades observado é o nível óptimo, então a equação 4.22 pode ser adaptada à solução óptima, fazendo $x_j = x_j^*$, dando origem a:

$$cv_j = \alpha_j x_j^* + \frac{1}{2} \beta_j (x_j^*)^2, \quad \forall j \quad (4.23)$$

A primeira derivada desta função em ordem a x_j^* origina a função dos custos variáveis marginais:

$$cvm_j = \alpha_j + \beta_j x_j^*, \quad \forall j \quad (4.24)$$

Os custos variáveis marginais totais por actividade são resultado da soma dos custos variáveis observados por unidade (c_j) com os não-observados (ρ_j). Sendo assim, os parâmetros podem ser especificados tal que a função dos custos variáveis marginais cumpra a seguinte condição:

$$cvm_j = \alpha_j + \beta_j x_j^* = c_j + \rho_j, \quad \forall j \quad (4.25)$$

A partir deste momento só é necessário especificar α_j e β_j de forma a cumprir a equação 4.25. O problema com $\alpha_j + \beta_j x_j^* = c_j + \rho_j$ é que para especificar $n + \frac{n(n+1)}{2}$ incógnitas α_j e β_j associadas às culturas, só possuímos n equações (o número de equações de custos variáveis marginais para todas as n culturas).

²⁷ HECKELEY e BRITZ (2005) referem ainda o argumento da simplicidade computacional para a não escolha de funções não-lineares demasiado complexas, o que, perante o presente nível de desenvolvimento informático, parece um pouco deslocado. No entanto, e como já foi referido anteriormente, a simplicidade é uma das grandes armas da PMP. Seria de alguma incoerência, se, sem necessidade, se complicasse o processo, escolhendo funções não-lineares de maior complexidade

Existe um número infinito de soluções que satisfazem estas condições, resultando todas numa calibração perfeita do modelo mas conduzindo cada uma delas a respostas comportamentais diversas quando expostas a diferentes alterações de cenários (HECKELEY e BRITZ, 2005).

De entre os métodos comumente utilizados destacam-se aqueles que partem do princípio que os valores de β_j são dependentes da actividade j e independentes das outras actividades j' ($j \neq j'$), implicando que uma variação marginal nos custos da actividade j não provocaria qualquer reacção no nível da actividade j' , e, daí, avançando para pressupostos adicionais que conduzem à especificação de α_j e β_j .

Uma solução inicial é a de supor que:

$$\alpha_j = 0, \quad \forall j \quad (4.26)$$

e, consequentemente,

$$\beta_j = \frac{c_j + \rho_j}{x_j^*}, \quad \forall j \quad (4.27)$$

HECKELEY e BRITZ (2005) apesar de a considerarem arbitrária, referem que esta solução oferece, no geral, uma visão realista das respostas dos produtores a alterações no ambiente económico. O facto de mesmo as actividades *marginais*, com $\rho_j=0$, terem valores positivos de β_j , e, consequentemente, apresentarem uma função de custos variáveis não-linear, faz com que uma redução nas actividades *marginais* causada por um aumento nas *preferenciais* provoque uma mudança imediata no preço-sombra dos recursos fixos, desviando a solução óptima no sentido da escolha de outras actividades *preferenciais*.

Outra forma de especificar os parâmetros é a de fazer com que:

$$\alpha_j = c_j, \quad \forall j \quad (4.28)$$

e

$$\beta_j = \frac{\rho_j}{x_j^*}, \quad \forall j \quad (4.29)$$

Neste caso, nas actividades *marginais*, como $\rho_j=0$, então β_j também será zero, fazendo com que a função dos custos destas actividades seja linear. O preço-sombra dos recursos fixos será constante já que, como foi demonstrado anteriormente, o mesmo era calculado exclusivamente a partir da rentabilidade das actividades *marginais*, que se manterá inalterável qualquer que seja o seu nível de actividade.

HECKELEY e BRITZ (2005) consideram que este método origina modelos demasiadamente reactivos a mudanças nos incentivos económicos (ou seja, elasticidades elevadas).

As duas soluções apresentadas anteriormente, apesar de calibrarem correctamente o modelo, conduzem a diferentes respostas face a variações das variáveis exógenas, nem sempre adequadas à realidade, devido sobretudo à arbitrariedade da especificação dos parâmetros. Por forma a contrariar esta excessiva simplificação na especificação dos parâmetros (e as consequentes respostas pouco adequadas originadas pelos modelos assim calibrados) surgiram métodos, com uma base teórica económica razoável, que oferecem soluções sensíveis, adequadas e susceptíveis de interpretações económicas menos polémicas²⁸.

Um desses métodos, que será o utilizado neste trabalho, parte do pressuposto que a variável c_j (custos variáveis observados por unidade de actividade) é igual ao custo médio (da função quadrática dos custos variáveis), dado da seguinte forma:

$$\bar{c}_j = \frac{cv_j}{x_j^*} = \frac{\alpha_j x_j^* + \frac{1}{2} \beta_j (x_j^*)^2}{x_j^*} = \alpha_j + \frac{1}{2} \beta_j x_j^*, \quad \forall j \quad (4.30)$$

em que \bar{c}_j é o custo médio da função quadrática dos custos variáveis.

Como $\bar{c}_j = c_j$, então:

$$\alpha_j + \beta_j x_j^* = \alpha_j + \frac{1}{2} \beta_j x_j^* + \rho_j, \quad \forall j \quad (4.31)$$

$$\beta_j = \frac{2\rho_j}{x_j^*}, \quad \forall j \quad (4.32)$$

e, conseqüentemente,

$$\alpha_j + \frac{2\rho_j}{x_j^*} x_j^* = c_j + \rho_j, \quad \forall j \quad (4.33)$$

$$\alpha_j = c_j - \rho_j, \quad \forall j \quad (4.34)$$

²⁸ A descrição de alguns desses métodos (*uso da elasticidade da oferta como variável exógena, especificação baseada em rendimentos marginais decrescentes, ou calibração com o uso do critério da entropia máxima*) pode ser aprofundada em HECKELEY e BRITZ (2005) ou HOWITT (2005).

Comparando as equações 4.29 e 4.32, vê-se claramente que os β_j são maiores em 4.32, implicando uma redução na elasticidade (que tinha sido anteriormente apontada como problemática).

No entanto este método do custo médio retoma o problema da linearidade das actividades *marginais*, dado que a equação 4.23 se reduz a $cv_j = c_j x_j^*$, com $\beta_j=0$ e $\alpha_j=c_j$. Este problema causa distorções na solução do modelo já que se obtém uma quase perfeita calibração das actividades *preferenciais* mas um valor para o nível das actividades *marginais* perfeitamente absurdo. Isto acontece porque o modelo escolhe as actividades *marginais* (que têm custos variáveis marginais constantes, independentes do seu nível de actividade) assim que se atinja o nível observado nas actividades *preferenciais* (já que a partir desse nível a variação marginal da margem bruta dessas actividades será negativa), e continua a aumentar o nível dessas actividades *marginais* até esgotar o recurso mais limitante relativo a essas actividades, obtendo-se assim um nível das actividades *marginais* potencialmente muito diferente do observado. Para além disso, há também a já referida constância de λ_i .

A solução usada neste trabalho para contornar este problema e obter uma função de custos marginais crescentes para as actividades *marginais* foi a usada por RÖHM e DABBERT (2003). Estes autores retiram uma fracção, δ , do valor dual de um dos recursos limitantes, λ_i , e acrescentam-na à variável dual de calibração, ρ_j , por forma a obterem uma variável dual de calibração modificada, ρ_j' . A questão essencial é determinar essa fracção. Tendo em conta que HECKELEY e BRITZ (2005) referem que o uso da PMP recorrendo somente a um ano base de referência, como é o caso, só é convincente se se combinar com o uso de elasticidades ou de outra informação exógena relativa a respostas tecnológicas ou de comportamento face a mudanças nos níveis das actividades, optou-se por calcular essa fracção δ recorrendo a informação exógena relativa ao preço-sombra observado do recurso limitante (no caso do presente trabalho é a disponibilidade de terra), de acordo com a expressão geral:

$$\delta = \frac{\lambda_i - \lambda_i^*}{\lambda_i}, \quad \forall i \quad (4.35)$$

em que δ é a fracção usada para calcular a variável dual de calibração modificada e λ_i^* o preço-sombra do recurso fixo limitante observado (de notar que δ

representa o desvio relativo entre o preço-sombra do recurso fixo simulado no modelo e o preço-sombra desse recurso realmente observado).

A variável dual de calibração modificada, ρ'_j , é então definida por:

$$\rho'_j = \rho_j + \alpha_{ij} \delta \lambda_i, \quad \forall i, j \quad (4.36)$$

As variáveis dual de calibração modificadas são um ajustamento das variáveis dual de calibração ao desvio observado do preço-sombra de um recurso fixo simulado em relação à realidade, conforme se pode observar na equação (4.37):

$$\rho'_j = p_j - c_j - \alpha_{ij} (\lambda_i - \delta \lambda_i), \quad \forall i, j \quad (4.37)$$

Para além de facultar a obtenção de um $\rho'_j > 0$ (variáveis dual de calibração das actividades *marginais* positivas) e, logo, uma função de custos variáveis não-linear para essas actividades, as variáveis dual de calibração modificadas aproximam na globalidade o modelo da realidade, em termos de resposta a modificações exteriores, já que ajusta todas as variáveis duais de calibração de todas as actividades ao preço-sombra do recurso fixo cujo valor é, à partida, conhecido.

Na *Fase 3* da PMP substitui-se a função de custos variáveis linear do problema de PL inicial ($c_j x_j$) pela função especificada em 4.22, e retiram-se as restrições de calibração. Sendo assim, o modelo primal de programação não-linear calibrado pelo método da PMP pode ser formalizado da seguinte forma:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n \left(p_j x_j - \alpha_j x_j - \frac{1}{2} \beta_j x_j^2 \right) \quad (4.38)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_j \leq b_i, \quad \forall i \quad [\lambda_i] \quad (4.39)$$

$$x_j \geq 0, \quad \forall j \quad (4.40)$$

Os procedimentos completos da calibração do modelo utilizado neste trabalho encontram-se descritos no Anexo B.

4.4 – Validação do modelo

A validação de um modelo é definida como a capacidade do mesmo de reproduzir os dados observados. CARVALHO (1994) refere que, devido ao facto dos modelos de programação matemática serem normativos (dizerem o que deve ser feito), a validação dos mesmos tem sido discutida com pouca frequência.

Numa primeira análise, a validação de um modelo passa pela verificação da coerência dos resultados obtidos. O registo de resultados desajustados obriga a percorrer cuidadosamente o modelo em busca de possíveis deficiências, que o poderão tornar inválido. Na maioria dos casos, a invalidação dos resultados obtidos por um modelo deve-se a problemas estruturais de avaliação das variáveis (exclusão de variáveis relevantes, inclusão de variáveis irrelevantes ou avaliação imprecisa de uma ou mais variáveis relevantes), problemas de relação inter e intra-variáveis (relações entre componentes do modelo mal estabelecidas, coeficientes das variáveis errados ou função objectivo mal definida) e problemas de definição da solução (estabelecimento de critérios de satisfação com a solução demasiado restritivos).

A utilização da PMP como forma de calibração conduziu a resultados em que os níveis das actividades observados foram reproduzidos pelo modelo de forma quase perfeita. Os dados relativos aos níveis das actividades observados são do Recenseamento Geral da Agricultura de 1999 (INE, 2001), o que significa que o modelo reproduziu correctamente os valores relativos ao ano de 1999 (Quadro 4.2).

Quadro 4.2 – Resultados do modelo e valores observados (ano 1999)

<i>Cultura</i>	<i>Resultados do modelo (ha)</i>	<i>Valores observados (ha)</i>	<i>Erro (%)</i>
Milho	23 975,010	23 975	Residual
Trigo mole	1 227,010	1 227	Residual
Trigo duro	968,010	968	Residual
Girassol	1 189,937	1 190	Residual
Tomate	8 846,010	8 846	Residual
Beterraba	3 496,010	3 496	Residual
Hortícolas	3 076,010	3 076	Residual
Batata	1 211,010	1 211	Residual
Set-aside	3 039,993	3 040	Residual

Fonte: Resultados do modelo; INE (2001).

Para se obter uma validação mais robusta, o modelo deve ser também capaz de reproduzir os valores actuais dos níveis de actividade, quando sujeito aos dados actuais das variáveis. É precisamente neste ponto que surgem algumas dificuldades, nomeadamente no que diz respeito à disponibilidade de dados mais recentes relativos aos níveis de actividade das culturas regadas nesta região²⁹. Não tendo sido possível efectuar esta análise, considera-se o modelo válido, assumindo que:

a) a estrutura dos recursos humanos responsáveis pela gestão da actividade agrícola na Lezíria do Tejo, de um ponto de vista global, não sofreu profundas alterações desde o último recenseamento agrícola, mantendo as mesmas capacidades e perfis psicológicos que conduziram à escolha dos níveis das actividades observados em 1999;

b) as modificações, de 1999 para a actualidade, nos cenários apresentados aos agentes da actividade económica agrícola conduziram a respostas por parte desses agentes, nomeadamente na modificação dos níveis das actividades (ver capítulo 5), que se basearam no comportamento observado no ano base e que foi capturado pelo modelo através da PMP.

²⁹ Os dados contidos na publicação do INE (2001) são relativos ao último recenseamento geral agrícola realizado em Portugal em 1999. Dados de publicações mais recentes da mesma entidade não discriminam a realização da actividade quanto ao tipo (de sequeiro ou de regadio), impossibilitando a comparação com os níveis calculados pelo modelo. Por outro lado, a indisponibilidade demonstrada pelas entidades oficiais que gerem as candidaturas dos agricultores aos subsídios – IFAP – para facultar os dados relativos às áreas das culturas de regadio, alegando possíveis quebras de sigilo de dados pessoais (quando o que estava em causa era a área total agregada, o que tornaria impossível a recolha de qualquer informação individual), inviabilizou a obtenção desses dados por outra fonte.

CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1 – Introdução

Este capítulo apresenta os resultados, assim como a discussão e interpretação dos mesmos. Encontra-se dividido da seguinte forma: inicialmente apresentam-se as características técnicas (de *hardware* e *software*) dos recursos utilizados para a obtenção das soluções do modelo; de seguida tecem-se algumas considerações quanto à selecção das actividades estudadas, bem como os cenários e parâmetros analisados; por fim apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos nas simulações, nomeadamente as implicações duma potencial aplicação dos cenários testados.

Para evitar o excessivo alongamento deste capítulo, o conjunto dos resultados das simulações efectuadas apresenta-se, na totalidade, no Anexo F.

5.2 – Características técnicas

Para a formulação, resolução e análise do modelo MALTe foi utilizada a versão 22.0 do GAMS. O GAMS (*General Algebraic Modelling System*) é um sistema de modelação para problemas de programação matemática. Recorrendo a uma linguagem algébrica de alto nível para uma representação compacta de modelos complexos, permite o desenvolvimento dos mesmos duma forma que é ao mesmo tempo cientificamente avançada (fazendo uso da elegância da linguagem matemática) e não agressiva para o utilizador, seja qual for a sua área científica de especialização (a representação de um modelo GAMS pode ser facilmente entendida tanto por uma pessoa como por um computador³⁰).

Esta versão do GAMS corre no sistema operativo Microsoft® Windows® XP Home Edition, utilizando o editor de texto geral GAMS IDE (*General Algebraic Modelling System – Integrated Development Environment*).

³⁰ Este facto permite que o próprio modelo GAMS possa, eventualmente, servir de suporte documental do modelo de programação matemática que lhe deu origem, evitando a descrição em separado do mesmo.

O *solver* utilizado para resolução do modelo MALTe foi o MINOS, uma versão especialmente adaptada para a resolução de problemas de programação linear e não-linear num ambiente GAMS.

Toda a formulação, cálculos e análise dos resultados do MALTe foi efectuada num computador HP Pavilion dv1000®, equipado com um processador Intel® Pentium® M (1,73 GHz, 0,99 GB RAM).

5.3 – Actividades e cenários

A Lezíria do Tejo, e, em particular, o sub-território da Lezíria, apresentam características que a distinguem da maioria das outras regiões agrícolas nacionais. Em particular, a dependência da água para a continuação da realização de uma agricultura altamente intensiva, com níveis de rendimento elevados mas, naturalmente, com custos ambientais associados, faz desta região um potencial *case study* no que diz respeito à gestão integrada de um sistema de tarificação da água de rega alargada à utilização dos recursos hídricos subterrâneos privados.

Numa primeira análise, toda a área de regadio da Lezíria do Tejo é susceptível de fazer parte deste estudo, assim como todas as culturas aí realizadas. No entanto, por uma questão de simplificação, e tendo em conta as características das explorações da região e a representatividade das diversas culturas regadas na superfície total de regadio da Lezíria do Tejo, foram eleitas oito actividades vegetais como objecto deste estudo: o milho, o trigo duro, o trigo mole, o girassol, o tomate, a beterraba sacarina, a batata e as culturas hortícolas ao ar-livre. Esta escolha teve ainda em conta os aspectos da substituição inter-cultural e do cultivo de produtos intermédios. Desta forma, e conferindo as actividades escolhidas com as apresentadas no Anexo D, pode-se constatar que estas culturas são as que ocupam as maiores superfícies, e que são substituíveis entre si numa base anual, sem investimentos fundiários significativos, para além de serem todas, à partida, culturas de produção final (não sendo o seu produto utilizado como consumo intermédio de outras actividades na exploração). Foram assim retiradas deste estudo todas as actividades culturais que têm como objectivo a produção de alimentos para animais (milho para silagem, outras culturas forrageiras, prados e pastagens permanentes e prados temporários), todas as culturas permanentes (pomares e vinhas), o conjunto de culturas indiferenciadas com pouca expressão (outras culturas) e o arroz (pela especificidade das condições de cultivo).

Os cenários possíveis para um estudo de aplicação de tarifas à água de rega são, em teoria, todas as aplicações dos métodos (ou combinações de métodos) para tarifação da água (apresentados no Capítulo 3). Por questões de racionalização do tempo, optou-se por testar os métodos que, eventualmente, poderiam ter um menor impacto negativo (em termos de reacção à sua aplicação), quer seja pela sua facilidade de aplicação (métodos não volumétricos), quer pela sua justiça (métodos volumétricos). Apresentam-se, então, os resultados da aplicação de tarifas volumétricas fixas, de tarifas volumétricas variáveis e de tarifas fixas por superfície.

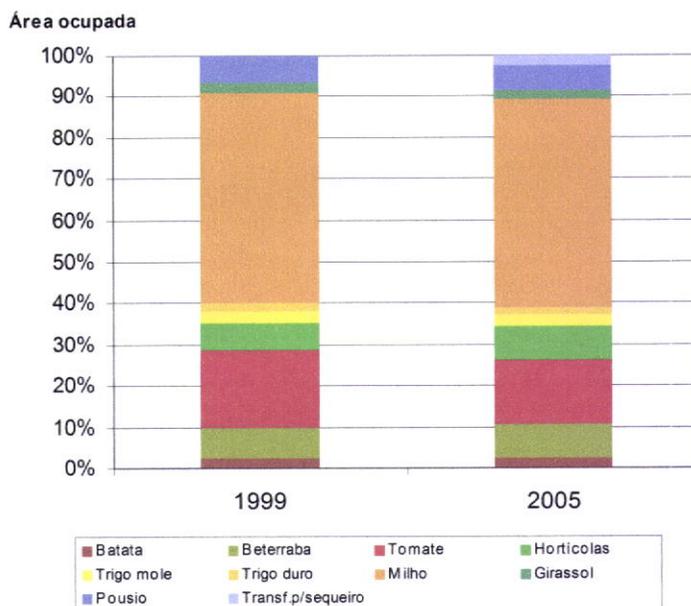
Em cada cenário estudam-se os parâmetros mais significativos do ponto de vista das actividades culturais e das implicações económicas, sociais e ambientais. Quanto ao primeiro aspecto, apresentam-se as variações nos níveis das actividades ocorridas devido à aplicação das tarifas. No aspecto económico, analisa-se a receita total da aplicação da tarifação da água, o seu impacto na margem bruta total dos agricultores e nos subsídios pagos aos agricultores. Observa-se ainda a variação do benefício total do sistema (sistema constituído pelos agricultores e pela entidade gestora e fiscalizadora da aplicação da política de preço da água). Este benefício é calculado a partir da soma da margem bruta total dos agricultores com a receita total da aplicação da tarifação da água (paga pelos agricultores à entidade gestora). Socialmente observa-se a quantidade de mão-de-obra total, em dias de trabalho, utilizada para os diferentes cenários. Finalmente, em termos ambientais, registam-se os valores relativos aos consumos da água.

Como foi referido anteriormente, o modelo MALTe foi calibrado recorrendo a dados referentes a 1999. A alteração das regras de subsidiação, bem como a alteração dos preços dos produtos das actividades vegetais e das matérias primas, tracção e mão-de-obra que entretanto ocorreram, levaram a alterações na ocupação cultural. A ocupação cultural obtida pelo modelo, tendo em conta os dados relativos à subsidiação e contas de cultura de 2005, serve de base para as análises aos diferentes cenários, pelo que a sua apresentação será feita de seguida.

5.4 – Ocupação cultural 1999-2005

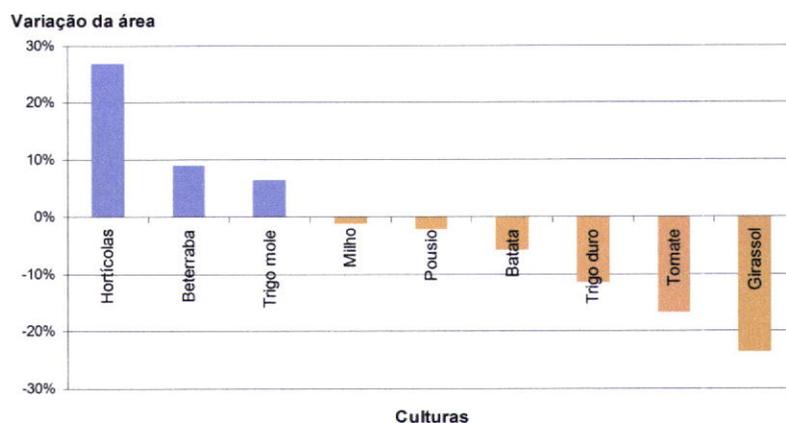
As simulações efectuadas pelo MALTe já têm em conta os dados relativos aos montantes das ajudas, por cultura, da campanha de comercialização 2005-2006, e as

contas de cultura de 2005 (ver Anexo E). As Figuras 5.1 e 5.2 apresentam comparações entre a ocupação cultural da área regada da Lezíria do Tejo em 1999 e em 2005.



Fonte: INE (2001); resultados do modelo.

Figura 5.1 – Comparação entre 1999-2005 das áreas ocupadas (%) pelas culturas regadas.



Fonte: INE (2001); resultados do modelo.

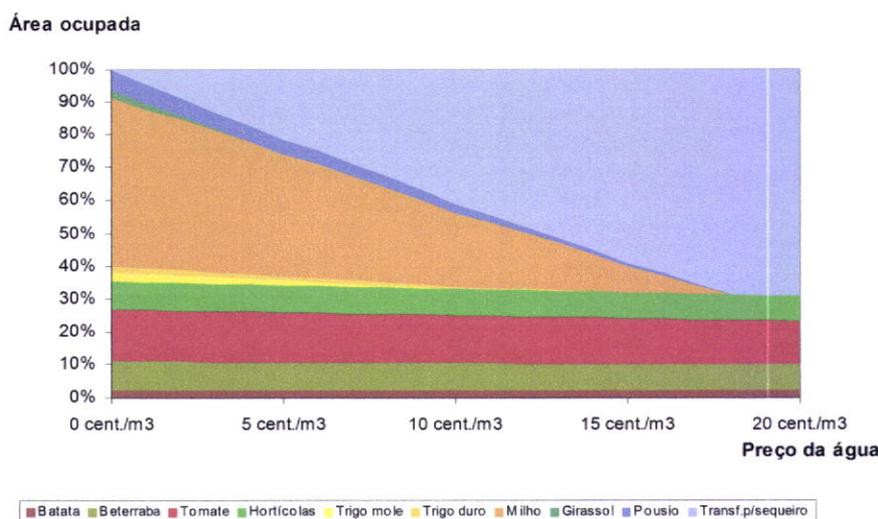
Figura 5.2 – Variação percentual da área ocupada pelas culturas regadas de 1999 para 2005.

Como se pode observar, ocorrem algumas variações positivas na área ocupada: as hortícolas ao ar-livre e a beterraba aumentam a sua área, fruto da estabilização do preço de venda face às outras culturas; o trigo mole foi o único cereal a aumentar a área ocupada (o preço deste cereal subiu consideravelmente entre 1999 e 2005 – cerca de 10% – o que o fez aproximar muito do preço do trigo duro). O trigo

duro reduziu a área ocupada como reflexo do impacto conjunto da redução do preço e da diminuição das ajudas. O girassol e o tomate reduziram significativamente a sua área ocupada, face à redução dos preços. A batata e o milho apresentaram reduções pouco relevantes. A área de pousio baixou ligeiramente (-2,2%), reflexo da redução da área das culturas sujeitas a pousio obrigatório. No total, dos 47 029 ha ocupados por estas actividades em 1999, houve uma transferência para o sequeiro (ou um abandono da exploração de regadio destas terras) de 1 085 ha (ou seja -2,3%), estabelecendo-se o valor de 45 944 ha para a ocupação total das actividades. É este o valor que servirá de referência para as análises dos cenários estudados.

5.5 – Método com tarifa volumétrica fixa

A tarifação da água com este método volumétrico reflete-se de imediato na composição da ocupação da área de regadio, mesmo quando os preços da água por metro cúbico ainda são muito baixos. A Figura 5.3 mostra a evolução da área ocupada das diversas culturas à medida que se aplicam diferentes tarifas.



Fonte: resultados do modelo.

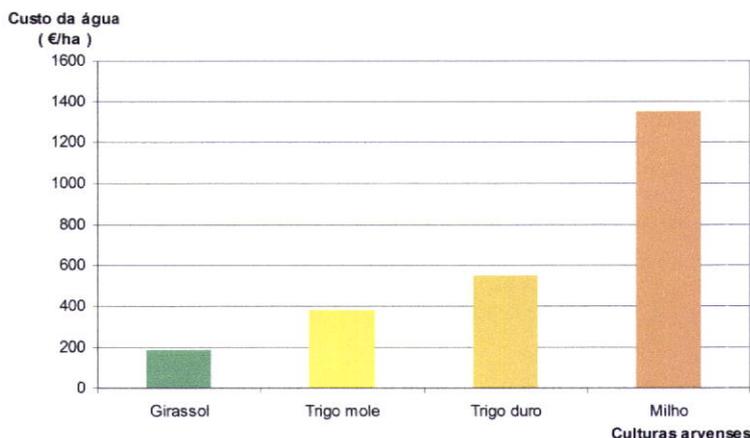
Figura 5.3 – Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis de preços da água (cent./m³).

São nítidas as diferenças que se observam em dois grupos de culturas: o grupo arvense (trigo mole, trigo duro, milho e girassol) e o grupo horto-industrial (batata, beterraba, tomate e hortícolas). Uma tarifação de um centímetro por metro cúbico de água de rega provoca diminuições significativas nas culturas do grupo arvense, ao contrário do que sucede no grupo horto-industrial. O milho sofre imediatamente uma

redução de 5,6%, o trigo duro uma de 6,5%, o trigo mole uma de 9,8% e o girassol uma de 29,3%. Estas quebras acentuadas devem-se essencialmente à relativamente baixa margem de manobra em relação à margem bruta destas culturas, associada às suas médias/elevadas necessidade hídricas. Pelo contrário, o grupo das culturas horto-industriais é pouco afectado, em termos de área ocupada, com tarifas da água a estes níveis. Todas as culturas deste grupo apresentaram reduções inferiores a 1% com uma tarifa de um centímetro por metro cúbico de água de rega.

De notar ainda que logo a partir desta tarifação se observa uma transferência de área para culturas de sequeiro (mais de 2 000 ha).

Para níveis mais elevados de tarifação registam-se abandonos completos de culturas: o girassol deixa de ser produzido quando a tarifa atinge os 4 centímetros/m³; o trigo mole aos 11 centímetros/m³; o trigo duro aos 16 centímetros/m³; e o milho aos 18 centímetros/m³. Deixa de haver qualquer produção cerealífera quando a tarifa atinge os 18 centímetros/m³. A Figura 5.4 mostra os custos da água por hectare no nível de tarifação em que as culturas deixam de ser produzidas, tendo em conta o consumo de água dessas mesmas culturas (apresentados no Anexo E – Quadro E.16) e a tarifa em que se observa o seu abandono.



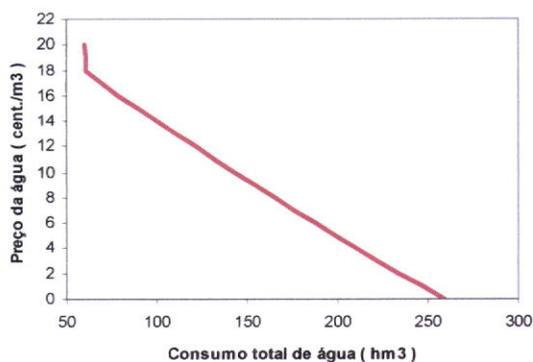
Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.4 – Custo limite da água por hectare para as culturas arvenses.

Em relação às culturas do grupo horto-industrial, observa-se uma maior rigidez na área ocupada, mesmo para valores elevados de tarifação da água. Quando a tarifa se situa nos 10 centímetros/ha todas as culturas têm reduções inferiores a 10% (batata: -3,6%; beterraba: -5,2%; tomate: -8,0%; hortícolas: -6,3%). Mesmo a 20 centímetros/ha de tarifa da água, só o tomate e as hortícolas apresentam reduções superiores a 10%, comprovando a elevada rentabilidade das culturas deste grupo.

5.5.1 – Consumo de água

O consumo de água variou de forma quase linear para os valores da tarifa compreendidos entre 1 centimo/m³ e 18 centimos/m³ de água de rega (conforme se pode constatar na Figura 5.5)



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.5 – Consumo total de água (hm³) para diferentes tarifas de água.

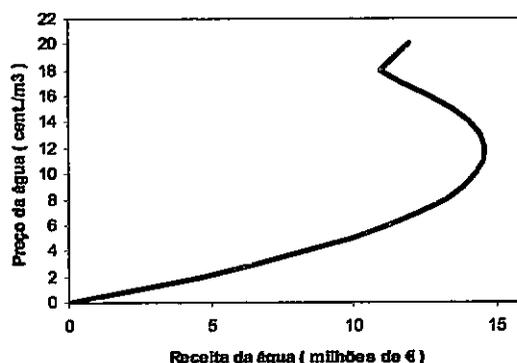
O facto da redução de área se dar essencialmente nas culturas do grupo das arvenses conduz a uma forte redução no consumo de água, mesmo para tarifas baixas. É a cultura do milho, a maior consumidora de água, que comanda a variação no seu consumo. Observa-se que a introdução da tarifa de água de 1 centimo/m³ provoca imediatamente uma redução de 5% no consumo total de água, passando-se dos 258,8 hm³ para os 246,4 hm³ consumidos de água de rega. Para tarifas de 2 centimos/m³, 3 centimos/m³ e 5 centimos/m³ observam-se reduções no consumo de água de, respectivamente, 9,6%, 14,3% e 23% (o que neste último caso representa uma poupança de quase 60 hm³ de água de rega consumida).

Para valores de tarifação superiores a 18 centimos/m³ (quando já só existem culturas do grupo horto-industriais) as variações no consumo de água são praticamente nulas, fixando-se esse consumo em redor dos 60 hm³.

5.5.2 – Receita da água

A existência de uma política de preço da água implica a existência de uma entidade responsável pela sua aplicação, que, naturalmente, recolhe o dinheiro proveniente dos agricultores e faz a sua gestão de acordo com os interesses dos

utilizadores e da sociedade em geral. A receita proveniente da tarifação da água de regadio varia consoante o nível da tarifa, conforme se observa na Figura 5.6.



Fonte: resultados do modelo.

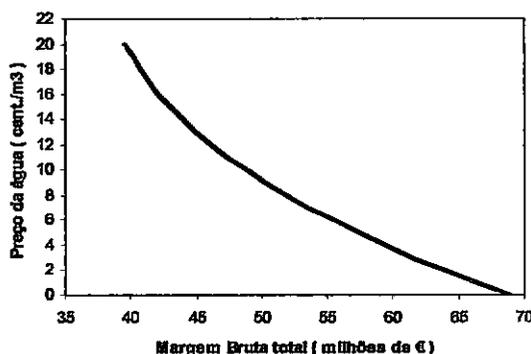
Figura 5.6 – Receita total da água (milhões de euros) para diferentes tarifas de água.

A receita total da água apresenta, na sua fase inicial, uma curva com acréscimos decrescentes, aumentando dos cerca de 2,5 milhões de euros para uma tarifa de 1 centímetro/m³ até ao valor máximo de 14,6 milhões de euros para uma tarifa de 12 centímetros/m³. Nesta secção da curva, o aumento da tarifa da água consumida pelas culturas ainda compensa a diminuição da área das culturas de regadio, observando-se uma subida na receita. A partir dos 13 centímetros/m³ a situação inverte-se, registando-se progressivamente uma diminuição da receita total da água entre os 13 centímetros/m³ e os 18 centímetros/m³. Deste ponto em diante, com a permanência exclusiva das culturas horto-industriais, a receita volta a aumentar, ainda que a um ritmo menor.

Esta receita apresenta valores muito interessantes. Como foi referido anteriormente (ver Capítulo 3), o custo total nacional calculado de operação e manutenção dos serviços de utilização da água para o sector agrícola rondam os 110 milhões de euros. Se se tiver em conta que a maioria da área regada na Lezíria do Tejo é feita a partir de sistemas de regadio privados, em que o Estado não tem encargos directos na sua manutenção e operação (exceptuando os subsídios que eventualmente possa atribuir), é de extrema importância o elevado valor de receita da água alcançado com tarifas relativamente baixas. Por exemplo, para valores de 3 centímetros/m³ de tarifa da água (que proporciona uma redução de 14,3% no consumo de água), a receita obtida é de 6,6 milhões de euros (6% do total nacional dos custos de operação e manutenção), o que transmite uma ideia muito clara quanto à importância relativa destes valores.

5.5.3 – Margem bruta total dos agricultores

Como seria de esperar, com a introdução de um custo adicional como é a tarifa da água de rega, a margem bruta total dos agricultores sofre uma redução, bastante acentuada inicialmente mas com uma tendência de menor redução para valores de tarifação mais elevados. A Figura 5.7 demonstra precisamente este facto.



Fonte: resultados do modelo.

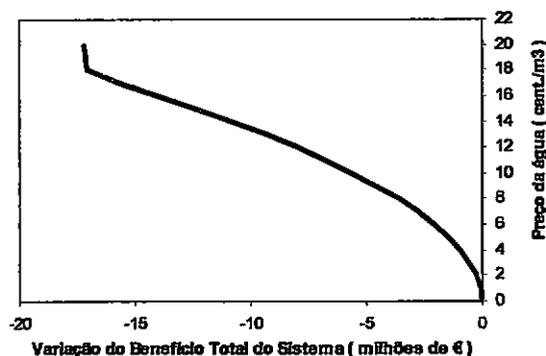
Figura 5.7 – Margem bruta total dos agricultores (milhões de euros) para diferentes tarifas de água.

As tarifas mais baixas provocam imediatamente grandes reduções no rendimento dos agricultores. Uma tarifa de 1 centímetro/m³ provoca uma redução de 3,7% na margem bruta total; se a tarifa aumentar para os 2 centímetros/m³ a redução será de 7,2% (uma perda na margem bruta de quase 5 milhões de euros). Estas reduções significam uma variação na margem bruta média por hectare de 58€ (da situação sem tarifa para uma tarifa de 1 centímetro/m³) e de 107€ (da situação sem tarifa para uma tarifa de 2 centímetros/m³), valores consideráveis face à contínua diminuição do rendimento da actividade agrícola.

Para uma tarifa de 3 centímetros/m³, valor que anteriormente se tinha verificado causar uma diminuição de 14,3% no consumo de água e uma receita de 6,6 milhões de euros, observa-se uma redução na margem bruta total de 7,2 milhões de euros (menos 157€/ha).

5.5.4 – Variação do benefício total do sistema

Neste ponto avalia-se a variação do benefício total do sistema *agricultor-entidade gestora* que ocorre quando se varia a tarifa da água aplicada (ver Figura 5.8).



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.8 – Variação do benefício total do sistema (milhões de euros) para diferentes tarifas de água.

A variação do benefício total do sistema (VBTS) é um indicador do benefício que, tendo sido perdido pelos agricultores na redução da sua margem bruta total, não foi transferido para a entidade gestora sob a forma de pagamento da tarifa de regadio, tendo saído do sistema devido à transferência de superfície para o sequeiro ou devido ao abandono das terras.

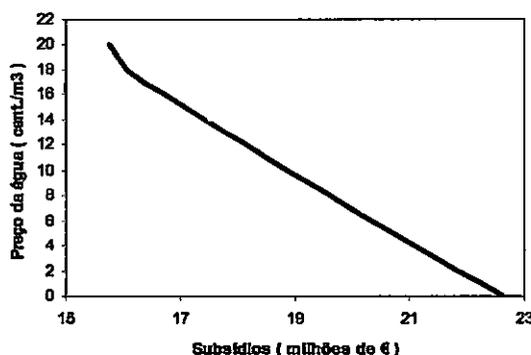
Observa-se que, para valores baixos de tarifação da água, a VBTS é também baixa. Com uma tarifa de 1 centímetro/m³, a VBTS é de apenas -62 mil euros, subindo (em valor absoluto) para -248 mil euros com uma tarifa de 2 centímetros/m³ e -557 mil euros com 3 centímetros/m³. O aumento da VBTS torna-se cada vez mais evidente à medida que os valores da tarifa da água sobem. Para uma tarifa de 10 centímetros/m³, a VBTS já atinge valores que rondam os -5,6 milhões de euros, alcançando os -17,1 milhões de euros com a tarifa de 18 centímetros/m³. A partir deste valor de tarifação, a VBTS estabiliza em redor dos -17,2 milhões de euros, uma vez que a transferência de área para o sequeiro das culturas horto-industriais é reduzida.

A VBTS é, sem dúvida, um factor a ter em consideração aquando da definição das tarifas a aplicar. A riqueza que se perde, principalmente para elevados valores de tarifação, não é, de modo nenhum, desprezível. Se, para uma tarifa de 1 centímetro/m³, a VBTS representa apenas um valor que é 0,1% do valor da margem bruta total dos agricultores ou 2,5% do valor da receita total da água, quando a tarifa é de 5 centímetros/m³, esse valor já atinge os 2,6% da margem bruta e os 14,7% da receita total da água. Aos 15 centímetros/m³, o peso da VBTS já é considerável, com valores que variam entre os 28,7%, quando comparados com os valores da margem bruta, e os 91,8%, quando esse valor é comparado com a receita total da água. A partir desta

tarifação (15 cêntimos/m³) o valor da VBTS é, inclusivamente, superior ao valor da receita total da água, o que significa que o benefício que se perde neste sistema já é superior ao valor da receita obtida pela entidade gestora do serviço de fornecimento e utilização da água.

5.5.5 – Subsídios

A parcela dos subsídios é muito importante no estabelecimento do rendimento final das explorações. A Figura 5.9 apresenta a evolução do total dos subsídios pagos (excluindo as ajudas à exploração incluídas no regime de pagamento único) em função das tarifas da água aplicadas.



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.9 – Subsídios (milhões de euros) para diferentes tarifas de água.

A curva dos subsídios apresenta duas fases distintas: entre as tarifas de 1 cêntimo/m³ e de 17 cêntimos/m³, a diminuição dos subsídios pagos é relativamente constante, acompanhando a redução da área cultivada das culturas do grupo das arvenses; a partir dos 18 cêntimos/m³, a redução é menor, já que a redução da área das culturas do grupo das horto-industriais também é menor (e, como já foi referido anteriormente, deixa de haver, a partir desta tarifa, qualquer área de cultivo das arvenses).

Os subsídios às actividades culturais de regadio são, em média, de 492 €/ha, quando não há tarifação da água (representando 24,8% do rendimento total do agricultor). Com uma tarifa de 1 cêntimo/m³, assiste-se a uma redução de 1,4% no subsídio total pago, passando para os 484 €/ha. Aos 2 cêntimos/m³ esse valor passa para os 475 €/ha e aos 3 cêntimos/m³ é de 467€/ha. A redução é progressiva, alcançando-se um valor de 411 €/ha para uma tarifa de 10 cêntimos/m³ (menos 16,6% do que sem

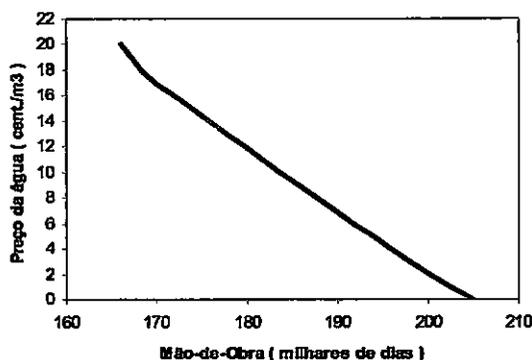
tarifa). Assiste-se ainda a um ligeiro aumento relativo do peso dos subsídios no rendimento total, passando dos 25,1% com uma tarifa de 1 centímetro/m³ para os 28,3% com a tarifa da água a 18 centímetros/m³.

A introdução de tarifas da água permitem, como se pode constatar, uma poupança, por parte do Estado, dos subsídios pagos aos agricultores. Este valor, que pode atingir quantias elevadas (por exemplo, 3,8 milhões de euros com tarifa de 10 centímetros/m³), deveria ser reencaminhado para os agricultores sob a forma de prémio às boas práticas ambientais, já que o mesmo resulta da aplicação de políticas que visam precisamente esses objectivos.

5.5.6 – Mão-de-obra

Um aspecto importantíssimo na implementação de qualquer política agrícola é o social. Uma política agrícola que seja benéfica em termos ambientais mas que tenha um elevado peso negativo nas pessoas que dependem da agricultura não pode ser aplicada, sob o risco da pressão social se tornar insuportável. A pedra basilar da questão está, precisamente, na determinação do ponto em que o prejuízo deixa de ser socialmente aceitável.

A figura 5.10 representa a evolução da mão-de-obra face a diferentes tarifas da água.



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.10 – Mão-de-obra (milhares de dias) para diferentes tarifas de água.

As necessidades de mão-de-obra decrescem à medida que sobe a tarifa da água de rega. Esta descida deve-se, sobretudo, ao decréscimo da área ocupada pelas culturas do grupo das arvenses, nas tarifas mais baixas, e ao decréscimo da área ocupada

pelos cultivos do grupo das horto-industriais, para tarifas mais elevadas. Neste caso, e para esta variável, o declive da curva da mão-de-obra antes e depois do abandono do cultivo das arvenses (ou seja, antes e depois da tarifa de água de rega de 18 cêntimos/m³) não é especialmente diferente, como acontecia com outras variáveis estudadas anteriormente. Continua a existir uma diminuição do declive após a aplicação da tarifa de 18 cêntimos/m³ mas menos acentuada, dado que, apesar das diminuições das áreas das horto-industriais serem relativamente menores que as diminuições das áreas das arvenses, as necessidades em mão-de-obra destas últimas são muito superiores às primeiras.

A aplicação de uma tarifa de 1 cêntimo/m³ resulta numa diminuição de 1,2% nos dias de trabalho necessários para realizar as culturas regadas desta região; se a tarifa for de 2 cêntimos/m³ essa diminuição será de 2,3%, enquanto que se for de 3 cêntimos/m³ a quebra é de 3,4%. Em valores absolutos, a aplicação destas tarifas representará quebras de 2 520, 4 720 e 6 930 dias de trabalho, respectivamente.

Para valores de tarifas mais elevados, pode-se referir que uma tarifa de 10 cêntimos/m³ reduziria as necessidades de mão-de-obra em 10,4% (21 310 dias), enquanto que a tarifa de 18 cêntimos/m³ teria um efeito de redução na ordem dos 17,9%.

Estes valores da variação das necessidades de mão-de-obra devem ser tomados como indicadores do impacto social da aplicação da política de preço da água nas áreas de regadio desta região. A definição da tarifa a aplicar deverá passar por uma séria ponderação do custo social, em termos do aumento da taxa de desemprego ou da taxa de emprego sazonal ou precário.

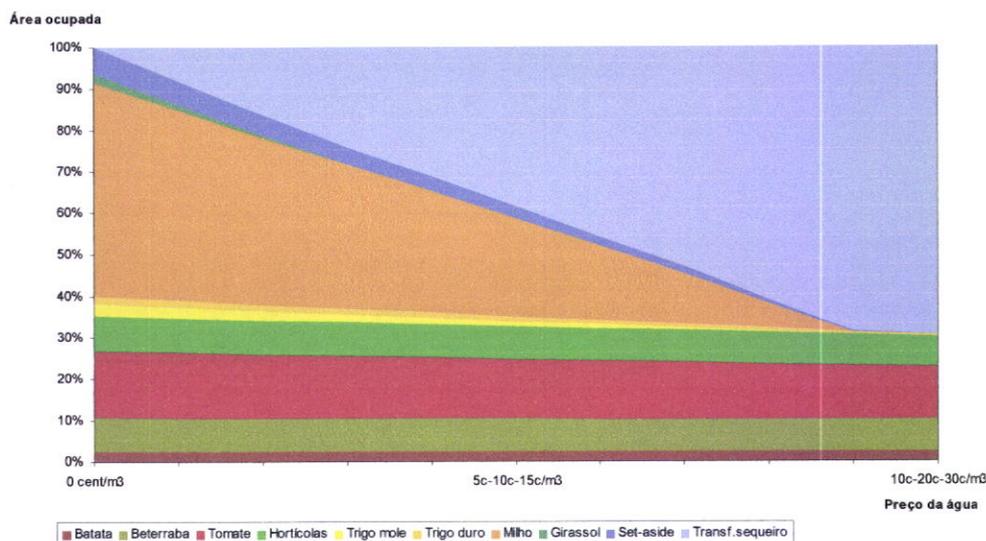
5.6 – Método com tarifa volumétrica variável

O método com tarifa volumétrica variável é, por ventura, de maior complexidade na aplicação do que o método com tarifa fixa por metro cúbico, embora seja mais eficaz na penalização de culturas ou práticas culturais demasiado consumidoras de água.

Para a simulação da aplicação deste método foram testadas tarifas variáveis de acordo com o nível de consumo de água das culturas, com os valores dos escalões a variarem do simples para o dobro e para o triplo, consoante o consumo de água se situe no escalão mais baixo, no intermédio ou no mais elevado, respectivamente. As

quantidades de água consumida agrupam-se em blocos de preços crescentes, descritos no Anexo E.

A Figura 5.11 mostra a evolução da área ocupada pelas culturas em função da tarifa variável aplicada por metro cúbico de água consumido.



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.11 – Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis variáveis de preços da água (cent./m³).

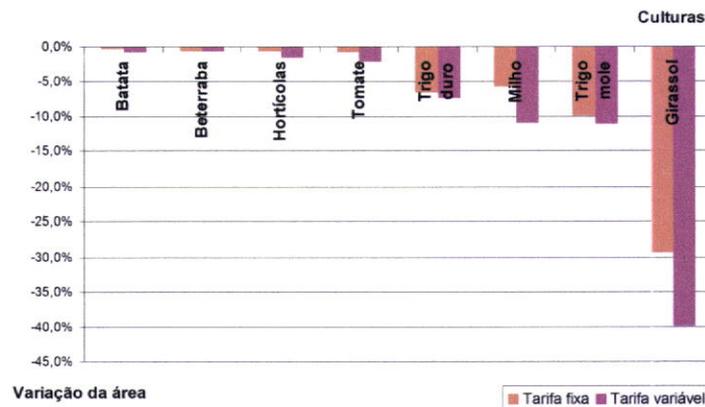
Com este método as reduções nas áreas observadas das culturas são mais intensas que com tarifas fixas, observando-se ainda uma maior penalização das culturas mais consumidoras de água em relação às outras.

Com uma tarifa de 1 centimo/m³ no primeiro escalão (2 centimos/m³ no segundo e 3 centimos/m³ no terceiro escalão) observam-se reduções significativas na área ocupada pelas culturas do grupo das arvenses. O trigo mole registra uma descida de 11,1% na área ocupada, o trigo duro desce 7,3%, o milho sofre uma redução de 10,9% e o girassol também reduz a sua área em 40,0%. As culturas do milho e do girassol sofrem, como se pode constatar, pesadas penalizações por consumirem uma quantidade não negligenciável de água tarifada no segundo escalão (o milho consome 2 000 m³ e o girassol 1 700 m³) e o milho consumir ainda água tarifada no terceiro escalão (2 500 m³). O trigo mole também vê a sua área reduzida de forma considerável, mais do que o trigo duro, dado que é menos rentável que este último. O trigo duro é o menos penalizado por ser uma das culturas com menor consumo de água (apenas consome 450 m³ de água no segundo escalão de tarifação).

Quanto às culturas do grupo das horto-industriais, as reduções são mais ligeiras. A batata reduz a sua área cultivada em 0,7%, a beterraba em 0,5%, o tomate decresce a área em 2,1% e as hortícolas baixam 1,4%. As razões para as reduções das áreas nestas culturas são as mesmas apresentadas para o grupo das culturas arvenses: como o tomate e as hortícolas consomem água tarifada no segundo escalão (1 000 m³, 2000 m³ e 2 000 m³, respectivamente) e as hortícolas consomem água tarifada no terceiro escalão (730 m³), observa-se uma penalização maior do que com as outras culturas. A batata, com 1 000 m³ de água consumida no segundo escalão, regista uma descida da área relativamente menor. A beterraba, como só consome água tarifada no primeiro escalão, é a cultura relativamente menos prejudicada quanto a cortes na área cultivada.

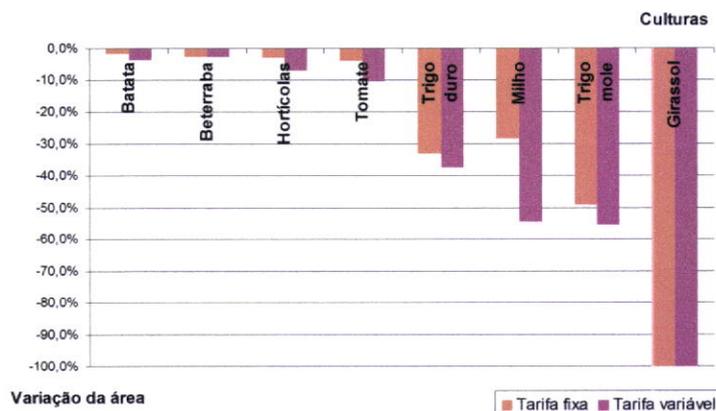
Para tarifas mais elevadas, o efeito das maiores penalizações relativas às culturas mais consumidoras torna-se ainda mais evidente. Para uma tarifa de 10 centímetros/m³ no primeiro escalão (20 centímetros/m³ no segundo e 30 centímetros/m³ no terceiro), o trigo duro é a única cultura que ainda se cultiva (223 ha); o milho, que num cenário sem tarifas de água apresenta uma área 27,6 vezes superior à do trigo duro e uma margem bruta por hectare superior em 376 € à do trigo duro, não resiste à aplicação desta tarifa por culpa da elevada quantidade de água que consome. Nas culturas horto-industriais, o tomate e as hortícolas (as que consomem mais água) têm reduções na área de 20,9% e 14,2%, respectivamente, ao passo que a batata e a beterraba (menores consumidoras de água) apenas reduzem a área em 7,3% e 5,2%, respectivamente.

As Figuras 5.12, 5.13 e 5.14 permitem comparar os impactos da aplicação de tarifas volumétricas fixas e variáveis, para diferentes níveis de tarifação.



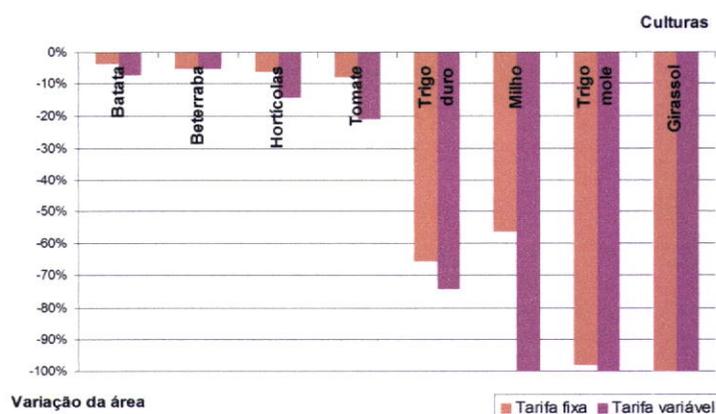
Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.12 – Comparação da variação da área ocupada pelas culturas com tarifa volumétrica fixa (1 centímetro/m³) e com tarifa volumétrica variável (1 centímetro/m³; 2 centímetros/m³; 3 centímetros/m³).



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.13 – Comparação da variação da área ocupada pelas culturas com tarifa volumétrica fixa (5 centímetros/m³) e com tarifa volumétrica variável (5 centímetros/m³; 10 centímetros/m³; 15 centímetros/m³).



Fonte: resultados do modelo.

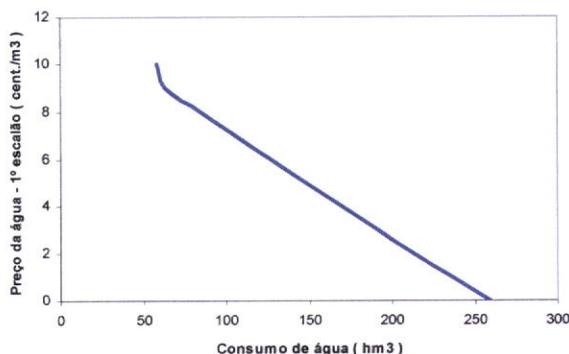
Figura 5.14 – Comparação da variação da área ocupada pelas culturas com tarifa volumétrica fixa (10 centímetros/m³) e com tarifa volumétrica variável (10 centímetros/m³; 20 centímetros/m³; 30 centímetros/m³).

Como se pode verificar, logo a partir da tarifa mais baixa (1 centímetro/m³ para a fixa e 1 centímetro/m³, 2 centímetros/m³ e 3 centímetros/m³ nos escalões da variável) os efeitos da tarifa variável são mais intensos que os da fixa. Nesta tarifa, no que diz respeito às culturas do grupo das arvenses, o impacto da aplicação da tarifa variável é, para o trigo mole e para o trigo duro, 1,1 vezes superior que a aplicação da tarifa fixa, sendo esse valor de 1,4 para o girassol e de 1,9 para o milho, tornando-se nítida a distinção entre culturas menos consumidoras e mais consumidoras de água. Nas hortícolas, o cenário é idêntico. A batata reduz a sua área cultivada numa quantidade 2,0 vezes superior se se aplicar uma tarifa variável em vez de uma fixa, o tomate 2,6 vezes e as hortícolas 2,2 vezes. A beterraba, com um consumo menor de água, só é tarifada no primeiro escalão, tendo, por isso, uma redução igual em ambas as tarifas.

Esta análise apresentada anteriormente mantém-se válida para os restantes níveis mais elevados de tarifação.

5.6.1 – Consumo de água

A Figura 5.15 mostra o consumo de água para a aplicação de diferentes tarifas variáveis por metro cúbico de água consumido.



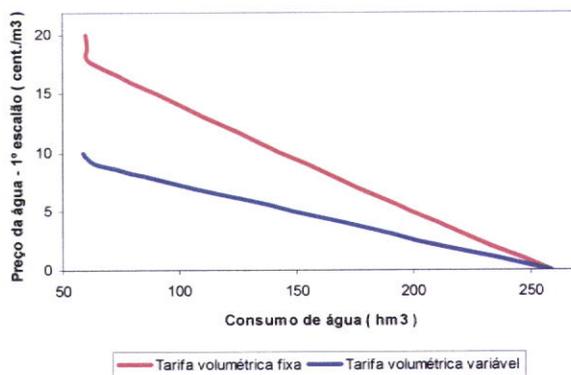
Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.15 – Consumo total de água (hm³) para diferentes tarifas variáveis de água.

A redução do consumo de água com o aumento das tarifas variáveis por metro cúbico é muito acentuada neste método. Uma tarifa de 1 centavo/m³ no primeiro escalão (2 centavos/m³ no segundo e 3 centavos/m³ no terceiro escalão) produz uma diminuição de 23 hm³ no consumo de água, ou seja uma quebra de 8,9%. Na tarifa de 2 centavos/m³ no primeiro escalão (4 centavos/m³ no segundo e 6 centavos/m³ no terceiro escalão) essa diminuição é de 45,9 hm³ (17,7%). Para níveis mais elevados, com tarifas de 10 centavos/m³ no primeiro escalão (20 centavos/m³ no segundo e 30 centavos/m³ no terceiro escalão), observam-se poupanças de água de mais de 200 hm³, 77,3% menos água consumida do que sem tarifa.

Em relação ao método de tarifação anterior (com tarifa fixa), a redução do consumo de água ocorre mais rapidamente, conforme se observa na Figura 5.16.

Tanto nas tarifas reduzidas como nas mais elevadas, a redução do consumo de água é sensivelmente 1,8 vezes superior no método de tarifação volumétrica variável em relação ao método de tarifação volumétrica fixa (1,85 vezes superior com tarifas de 1 centavo/m³ e 1 centavo/m³ no primeiro escalão e 1,73 vezes superior com tarifas de 10 centavos/m³ e 10 centavos/m³ no primeiro escalão).



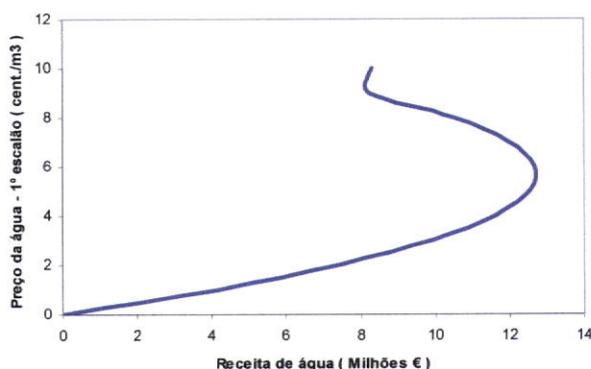
Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.16 – Comparação do consumo total de água (hm^3) para diferentes métodos de tarifação da água.

5.6.2 – Receita da água

A receita da água cresce muito rapidamente nas tarifas mais baixas, diminuindo o ritmo de crescimento à medida que se vão aumentando as tarifas até atingir um máximo com a tarifa de 6 centimos/ m^3 no primeiro escalão (12 centimos/ m^3 no segundo e 18 centimos/ m^3 no terceiro escalão), conforme se pode observar na Figura 5.17.

Uma tarifa de 1 centimo/ m^3 no primeiro escalão (2 centimos/ m^3 no segundo e 3 centimos/ m^3 no terceiro escalão) gera imediatamente uma receita de 4,1 milhões de euros, sendo essa receita de 7,4 milhões de euros na tarifa de 2 centimos/ m^3 no primeiro escalão (4 centimos/ m^3 no segundo e 6 centimos/ m^3 no terceiro escalão).

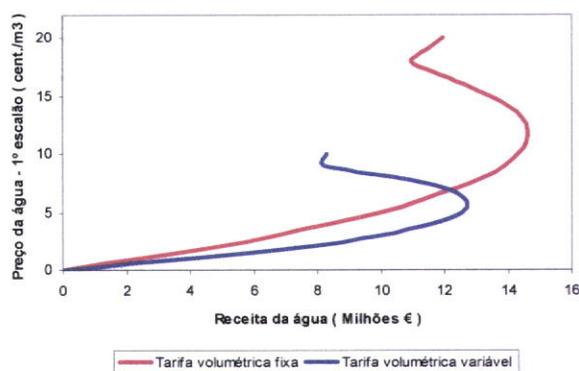


Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.17 – Receita total da água (milhões de euros) para diferentes tarifas variáveis de água.

A receita máxima de 12,7 milhões de euros é alcançada com a tarifa de 6 centímetros/m³ no primeiro escalão (12 centímetros/m³ no segundo e 18 centímetros/m³ no terceiro escalão).

Como se pode constatar na Figura 5.18, a receita proveniente da tarifação da água neste método de tarifação segue uma curva semelhante à da receita do método com tarifas fixas por metro cúbico, embora com desenvolvimento mais rápido.



Fonte: resultados do modelo.

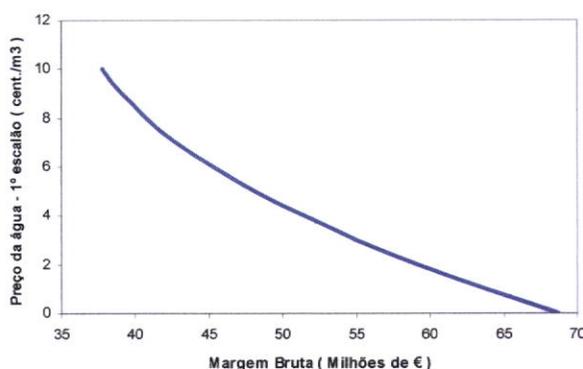
Figura 5.18 – Comparação da receita da água (milhões de euros) para diferentes métodos de tarifação da água.

Observa-se ainda que o método com tarifas volumétricas fixas atinge um valor máximo de receita superior ao alcançado com a tarifa volumétrica variável (14,6 milhões de euros contra 12,7 milhões de euros, respectivamente). Este facto deve-se, essencialmente, à redução mais acentuada da área cultivada de milho, não compensada pelo aumento da tarifa aplicada ao consumo de água da restante área cultivada.

5.6.3 – Margem bruta total dos agricultores

A margem bruta total dos agricultores é negativamente afectada com a introdução deste método de tarifação, conforme se pode observar na Figura 5.19.

A tarifa de 1 centímetro/m³ no primeiro escalão (2 centímetros/m³ no segundo e 3 centímetros/m³ no terceiro escalão) provoca uma redução da margem bruta total de 7,2%, redução essa que aumenta para os 13,8% na tarifa de 2 centímetros/m³ no primeiro escalão (4 centímetros/m³ no segundo e 6 centímetros/m³ no terceiro escalão).



Fonte: resultados do modelo.

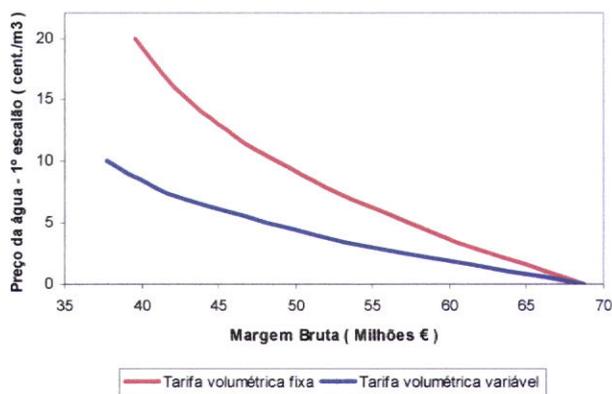
Figura 5.19 – Margem bruta total dos agricultores (milhões de euros) para diferentes tarifas variáveis de água.

A aplicação deste método tem que levar em consideração o enorme impacto que o mesmo tem no rendimento dos agricultores. É de salientar que a margem bruta total dos agricultores é reduzida em quase um terço quando é aplicada a tarifa de 5 centímetros/m³ no primeiro escalão (10 centímetros/m³ no segundo e 15 centímetros/m³ no terceiro escalão), e passa quase para metade se a tarifa for a de 10 centímetros/m³ no primeiro escalão (20 centímetros/m³ no segundo e 30 centímetros/m³ no terceiro escalão), o que conduziria certamente a situações de necessidade de intervenção social por parte do Estado.

A Figura 5.20 compara a evolução da margem bruta total quando é aplicado o método de tarifação volumétrica fixa ou o método de tarifação volumétrica variável.

Para valores de tarifação baixos, por exemplo 1 centímetro/m³ e 1 centímetro/m³ no primeiro escalão (2 centímetros/m³ no segundo e 3 centímetros/m³ no terceiro escalão), o impacto na redução da margem bruta total dos agricultores é quase 2 vezes superior utilizando o método de tarifas variáveis por metro cúbico do que usando o de tarifas fixas por metro cúbico.

Para níveis tarifários mais elevados esta diferença entre métodos tende a diminuir, embora continue muito superior no variável (para uma tarifa de 10 centímetros/m³ no fixo e 10 centímetros/m³ no primeiro escalão do variável, a redução da margem bruta é 1,55 vezes maior no método variável que no fixo). Este facto reforça a necessidade das precauções anunciadas anteriormente quanto à aplicação deste método.

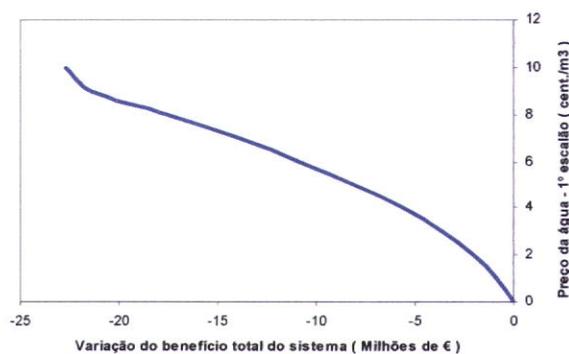


Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.20 – Comparação da margem bruta (milhões de euros) para diferentes métodos de tarifação da água.

5.6.4 – Variação do benefício total do sistema

A evolução da VBTS em função da tarifa variável aplicada pode ser observada na Figura 5.21.



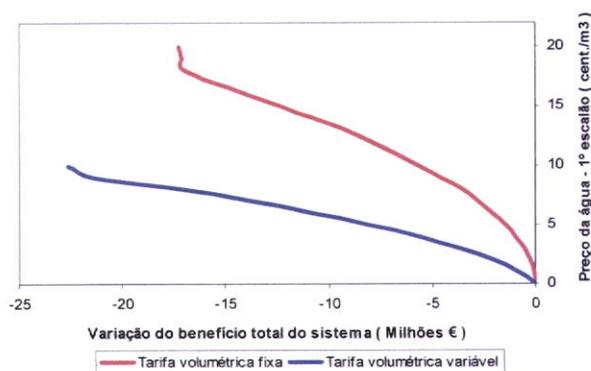
Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.21 – Variação do benefício total do sistema (milhões de euros) para diferentes tarifas variáveis de água.

A VBTS diminui a um ritmo crescente à medida que se aumenta a tarifa variável, até à altura em que deixa de se cultivar milho, à tarifa de 9 centimos/m³ no primeiro escalão (18 centimos/m³ no segundo e 27 centimos/m³ no terceiro escalão). A partir desse ponto a diminuição da VBTS dá-se a um ritmo menor.

De notar que o valor da VBTS chega a ultrapassar (em valor absoluto) o valor da receita da água, para tarifas superiores a 6 centimos/m³ no primeiro escalão (12 centimos/m³ no segundo e 18 centimos/m³ no terceiro escalão).

Comparando com a tarifa fixa por metro cúbico, este método de tarifação acentua a VBTS, mesmo a níveis de tarifação muito baixos, alcançando perdas máximas superiores (ver Figura 5.22).



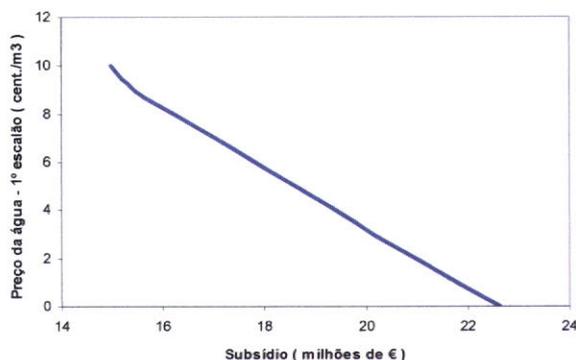
Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.22 – Comparação da variação do benefício total do sistema (milhões de euros) para diferentes métodos de tarifação da água.

Estes valores elevados (em valor absoluto) de VBTS registados são consequência de um rápido aumento da área transferida para o sequeiro que se observam no método de tarifação volumétrica variável.

5.6.5 – Subsídios

A Figura 5.23 mostra a relação entre a tarifa volumétrica variável e os subsídios pagos aos agricultores.



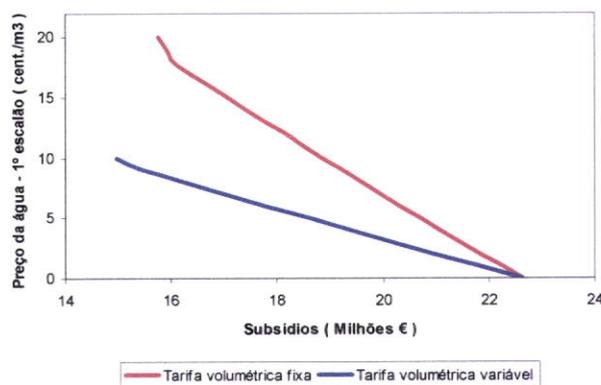
Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.23 – Subsídios (milhões de euros) para diferentes tarifas variáveis de água.

O declive da curva dos subsídios pagos aos agricultores em função da tarifa variável de água aplicada apresenta-se constante até à tarifa de 8 centímetros/m³ no primeiro escalão (18 centímetros/m³ no segundo e 27 centímetros/m³ no terceiro escalão), enquanto se observa a redução da área cultivada da principal cultura da região (o milho).

A partir desta tarifa, a redução relativa dos subsídios é menor, dado que a redução relativa da área cultivada também é menor.

Também para esta variável se observa um impacto superior na tarifação volumétrica variável do que na tarifação volumétrica fixa (ver Figura 5.24).



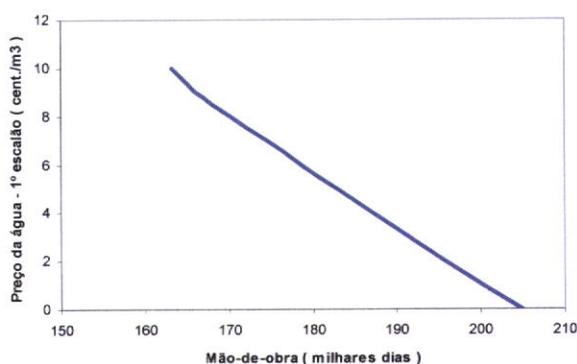
Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.24 – Comparação dos subsídios (milhões de euros) para diferentes métodos de tarifação da água.

Até à tarifa de 9 centímetros/m³ na tarifa fixa e de 9 centímetros/m³ no primeiro escalão (18 centímetros/m³ no segundo e 27 centímetros/m³ no terceiro escalão) na tarifa variável, a redução dos subsídios pagos é cerca de 2,1 vezes mais intensa no segundo método do que no primeiro. Aos 10 centímetros/m³ na tarifa fixa e 10 centímetros/m³ no primeiro escalão (20 centímetros/m³ no segundo e 30 centímetros/m³ no terceiro escalão) na tarifa variável, como já não há área de culturas do grupo das arvenses com o método variável, o impacto da aplicação do segundo método decresce ligeiramente, passando a ser 2,0 vezes superior à aplicação do primeiro.

5.6.6 – Mão-de-obra

Observa-se uma redução contínua e regular das necessidades de mão-de-obra à medida que se aumenta a tarifa variável aplicada, conforme se pode verificar na Figura 5.25.

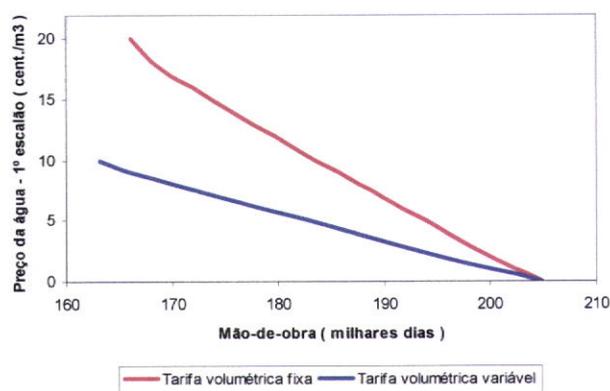


Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.25 – Necessidades de mão-de-obra (milhares de dias) para diferentes tarifas variáveis de água.

A aplicação da tarifa de 1 centímetro/m³ no primeiro escalão (2 centímetro/m³ no segundo e 3 centímetro/m³ no terceiro escalão) reduz as necessidades de mão-de-obra em 2,3%. Esta redução ultrapassa os 10% com uma tarifa de 5 centímetro/m³ no primeiro escalão (10 centímetro/m³ no segundo e 15 centímetro/m³ no terceiro escalão) e os 20% com uma tarifa de 10 centímetro/m³ no primeiro escalão (20 centímetro/m³ no segundo e 30 centímetro/m³ no terceiro escalão), valores muito elevados em termos absolutos de dias de trabalho não necessários (21 990 e 41 750, respectivamente).

Em comparação com o método volumétrico fixo, este método é mais penalizador, reduzindo mais intensamente as necessidades de mão-de-obra (conferir com a Figura 5.26).



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.26 – Comparação das necessidades de mão-de-obra (milhares de dias) para diferentes métodos de tarifação da água.

Uma redução superior a 5% nas necessidades de mão-de-obra (que corresponde a menos de 194 655 dias de trabalho) é alcançada logo com uma tarifa variável de 3 centímetro/m³ no primeiro escalão (6 centímetro/m³ no segundo e 9

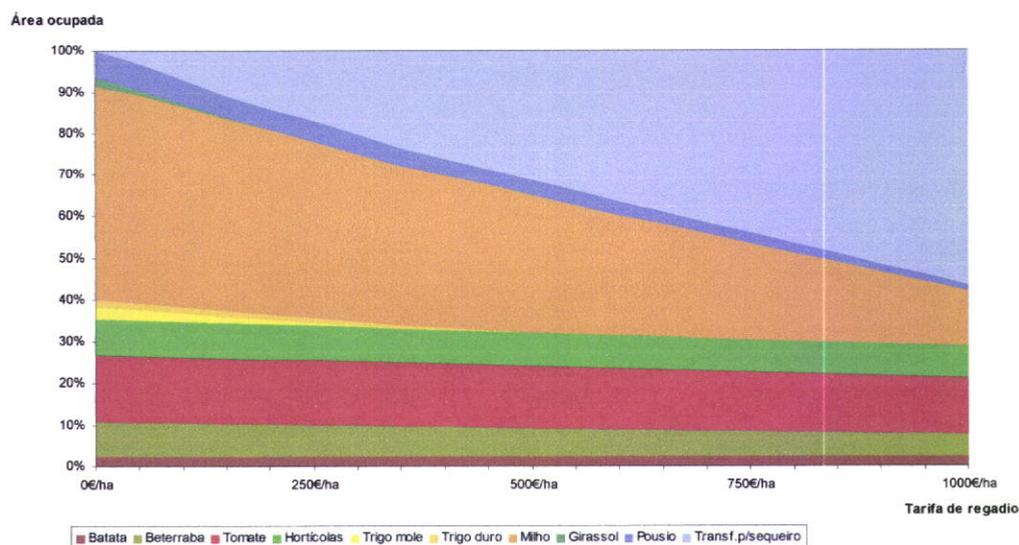
cêntimos/m³ no terceiro escalão), ao passo que esse patamar só se alcança com uma tarifa fixa de 5 cêntimos/m³.

Para reduções na ordem dos 10% nas necessidades de mão-de-obra (ou, dito de outra forma, para necessidades de mão-de-obra em redor dos 184 400 dias), a tarifa variável só tem que se situar nos 5 cêntimos/m³ no primeiro escalão (10 cêntimos/m³ no segundo e 15 cêntimos/m³ no terceiro escalão), enquanto que a tarifa fixa tem que ser de 10 cêntimos/m³.

5.7 – Método com tarifa fixa por superfície

Este método de tarifação não volumétrico tem as vantagens de ser, simultaneamente, mais simples e mais barato de aplicar e operar.

Tal como com a aplicação de outros métodos, a tarifação fixa por hectare (ou tarifa de regadio) conduz a um rearranjo das áreas ocupadas pelas culturas regadas, conforme se pode constatar na Figura 5.27.



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.27 – Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis de tarifas de regadio (euros/ha).

Também neste caso, de forma semelhante ao sucedido com a aplicação do método com tarifa volumétrica fixa ou do método com tarifa volumétrica variável, verifica-se que existe uma separação entre as culturas do grupo arvenses e as do grupo

horto-industriais, apesar de algumas diferenças de reacção das culturas aos diferentes métodos.

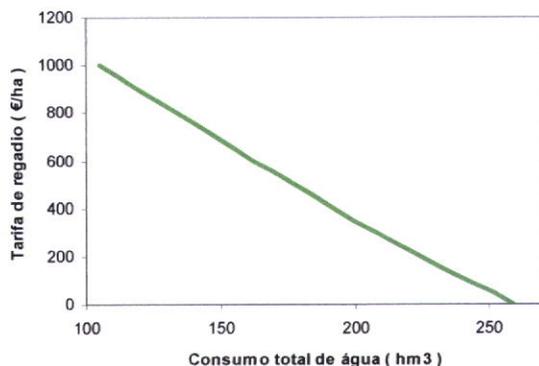
Para uma tarifa de regadio de 100 €/ha, a redução da área das culturas do grupo das arvenses foi muito elevada (a área de trigo mole reduziu-se em 28,5%, a do trigo duro em 19% e a do girassol em 62,5%) com excepção do milho, que teve uma redução de 6,3%. Por outro lado, no grupo das culturas horto-industriais, essa tarifa teve efeitos muito reduzidos nas áreas (a batata baixou a área de cultivo em 0,9%, o tomate em 1,6% e as hortícolas em 1,1%) com excepção da beterraba, onde se observou uma quebra de 3,5% na área cultivada. Esta diferença em relação aos métodos de tarifação anterior, observada na menor redução relativa da área de milho e na maior redução relativa da área de beterraba, deve-se ao facto de, com a aplicação desta tarifa fixa ao hectare, não haver um efectivo incentivo à não produção de culturas muito exigentes em água. O agricultor que decida fazer uma cultura de regadio, paga uma taxa fixa por área de regadio que realizar, independentemente da cultura que aí fizer (já não terá que pagar qualquer tarifa suplementar em relação à quantidade de água que utilizar). Desta maneira, a cultura do milho é relativamente menos prejudicada que as restantes pertencentes ao grupo das arvenses (dado que, sendo mais rentável que as outras e não sendo penalizada pelo elevado consumo de água, sofre um impacto relativo menor com a aplicação de uma tarifa igual para todas as culturas). No sentido oposto, a beterraba é relativamente mais prejudicada que as outras culturas do grupo das horto-industriais (sendo a menos rentável das horto-industriais, o facto de consumir menos água que qualquer das restantes não lhe traz qualquer benefício relativo quando a tarifa de regadio é igual para todas).

Com uma tarifa de regadio de 200 €/ha o girassol já não é produzido (conforme se tinha referido anteriormente – conferir com Figura 5.4), acontecendo o mesmo ao trigo mole com uma tarifa de 400 €/ha e ao trigo duro aos 600 €/ha.

Com uma tarifa de 1000 €/ha (limite máximo imposto pelo autor baseado em razões de puro bom-senso), a área de milho é reduzida em 74,0% (dos 23685 ha iniciais passou-se para os 6166 ha); as horto-industriais também sofrem reduções significativas na área cultivada (a batata reduz em 8,8%, o tomate em 16,0% e as hortícolas em 11,2%) ou muito significativas (pelas razões referidas anteriormente, a beterraba reduz a sua área de cultivo em 35,1%).

5.7.1 – Consumo de água

Observa-se uma redução gradual e quase constante do consumo de água com o aumento da tarifa de regadio (vide Figura 5.28).



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.28 – Consumo total de água (hm^3) para diferentes tarifas de água.

Uma tarifa de regadio de 100 €/ha provoca uma redução de 6,5% no consumo de água. Com 200 €/ha essa redução aumenta para os 13,4%, atingindo os 19,7% com uma tarifa de 300€/ha (consegue-se uma poupança de água que ronda os 50 hm^3).

Para tarifas próximas do máximo considerado, observam-se reduções muito significativas no consumo de água: com tarifas superiores a 830 €/ha a redução da água consumida ultrapassa os 50%.

Há, no entanto, e no que diz respeito ao consumo de água com a aplicação deste método, um aspecto muito importante a referir. Como já tinha sido referido anteriormente, a escolha das culturas a efectuar na área de regadio não penaliza as mais gastadoras em termos de utilização de água de rega. De igual modo, como neste método não se contabilizam os consumos de água de rega, o agricultor, após ter decidido efectuar uma determinada cultura de regadio e sabendo, à partida, que o valor que irá pagar pela utilização da água será fixo, não tem nenhum incentivo posterior para a gestão racional da água de rega. Gaste a quantidade que gastar, o que paga pelo serviço e utilização da água é o mesmo. Desta forma, e ao contrário dos métodos de tarifa fixa ou variável por metro cúbico, o consumo de água calculado teoricamente pode divergir

substancialmente do consumo realmente efectuado após a aplicação duma política de preço da água que adopte este método.

Quanto à eficiência da aplicação deste método, quando comparado com o método de tarifa volumétrica fixa³¹, esta pode ser aferida pela consulta do Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação do consumo de água.

Método de tarifação		Variação percentual do consumo total de água														
		0%	-1%	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-20%	-30%	-40%	-50%
Tarifa por superfície	(€/ha)	0	18	36	53	66	80	94	107	121	135	148	305	474	651	830
	Elasticidade	-	n.d.	-0,01	-0,02	-0,04	-0,05	-0,06	-0,08	-0,08	-0,09	-0,11	-0,10	-0,23	-0,38	-0,61
Tarifa volumétrica fixa	(cêntimos/m ³)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	4,3	6,6	8,9	11,3
	Elasticidade	-	n.d.	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,09	-0,09	-0,11	-0,23	-0,41	-0,62

Fonte: resultados do modelo.

Este quadro compara as tarifas por superfície e volumétricas fixas aplicadas que determinam variações percentuais no consumo de água, assim como a elasticidade da curva do consumo de água nesses pontos (face a variações reduzidas das tarifas).

A evolução do consumo de água com a aplicação de ambos os métodos é muito semelhante, conforme se pode constatar pela comparação dos valores das elasticidades.

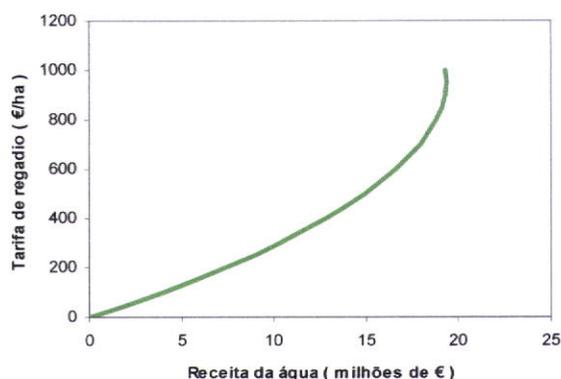
5.7.2 – Receita da água

A Figura 5.29 mostra a evolução da receita da água em função da tarifa de regadio aplicada.

A curva da receita da água sofre acréscimos decrecentes até uma tarifa de 950 €/ha, tarifa a partir da qual o valor da diminuição da área cultivada é superior ao acréscimo do valor da tarifa.

A receita total da água atinge valores interessantes para tarifas relativamente baixas. Uma tarifa de regadio de 50 €/ha tem como receita da água 2,1 milhões de euros. Se for de 100 €/ha essa receita sobe para os 4,0 milhões de euros.

³¹ Não houve necessidade de comparar com o método de tarifação volumétrica variável dado que a comparação entre este e o método de tarifação volumétrica fixa já foi apresentado anteriormente, sendo óbvia a transferência de conclusões.



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.29 – Receita total da água (milhões de euros) para diferentes tarifas de regadio.

Para valores mais elevados, como por exemplo 225 €/ha (valor que corresponde a 50% do valor médio de arrendamento do hectare de regadio nesta região), a receita ascende aos 8,2 milhões de euros, chegando aos 13,9 milhões de euros com uma tarifa de 450 €/ha (valor médio de arrendamento do hectare de regadio nesta região). O valor máximo que atinge é de 19,4 milhões de euros, com uma tarifa de 950 €/ha.

Como se pode constatar, a receita deste método de tarifação por superfície é muito elevada. Para além disso, como dispensa a instalação de aparelhos de aferição dos volumes consumidos, é um método menos dispendioso que os volumétricos, podendo os custos de operação e manutenção do sistema de utilização da água ser recuperados com a aplicação de tarifas mais baixas, ou, aplicando tarifas um pouco superiores, conseguindo-se recuperar, por ventura, uma boa fatia dos custos ambientais e sociais.

Quando comparado com o método de tarifação volumétrica fixa, a tarifação por superfície comporta-se de forma semelhante para valores da receita total da água inferiores a 10 milhões de euros (Quadro 5.2).

Quadro 5.2 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à receita total da tarifação da água.

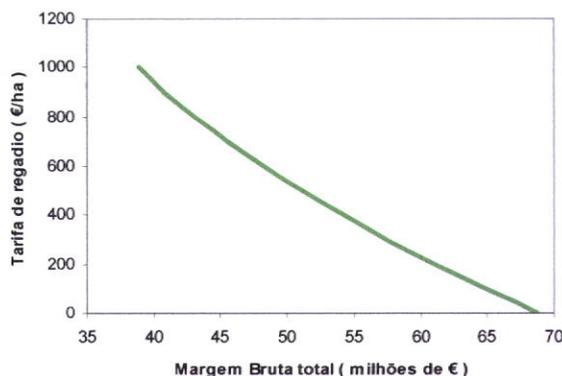
Método de tarifação		Receita total da água (Milhões de €)																			
		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	2	3	4	5	7,5	10	12,5	15	17,5
Tarifa por superfície	(€/ha)	0	2	5	7	10	12	14	17	19	22	24	48	74	100	128	202	287	387	505	665
	Elasticidade	-	n.d.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,92	0,89	0,86	0,79	0,72	0,66	0,53
Tarifa volumétrica fixa	(cêntimos/m ³)	0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,8	1,2	1,7	2,2	3,5	5,0	7,2	n.d.	n.d.
	Elasticidade	-	n.d.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	0,85	0,78	0,57	n.d.	n.d.

Fonte: resultados do modelo.

A divergência ocorre para valores superiores de receita (atingindo a tarifação por superfície valores que não são alcançados na tarifação volumétrica).

5.7.3 – Margem bruta total dos agricultores

A margem bruta total dos agricultores apresenta quebras consideráveis com a aplicação de tarifas de regadio (Figura 5.30).



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.30 – Margem bruta total (milhões de euros) para diferentes tarifas de regadio.

A tendência geral é para uma diminuição da margem bruta, com decréscimos ligeiramente crescentes até à tarifa de 100 €/ha e ligeiramente decrescentes a partir dessa tarifa, à medida que se aumenta a tarifa de regadio por hectare.

Tarifas de 50 €/ha e 100 €/ha provocam uma diminuição 2,5% e de 5,5% na margem bruta total, respectivamente.

Com a tarifa de regadio correspondente a 50% do valor médio de arrendamento, i.e., 225 €/ha, a diminuição do rendimento situa-se nos 12,4% (8,5 milhões de euros de quebra no rendimento total dos agricultores).

Com uma tarifa de 450 €/ha os agricultores deixam de ganhar 16,1 milhões de euros.

A variação da margem bruta por aplicação do método de tarifas por superfície ou do método de tarifas volumétricas fixas segue padrões muito semelhantes (quadro 5.3).

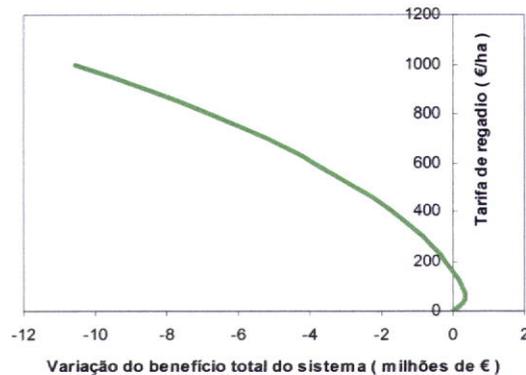
Quadro 5.3 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação da margem bruta.

Método de tarifação		Variação percentual da Margem Bruta													
		0%	-1%	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-15%	-20%	-25%
Tarifa por superfície	(€/ha)	0	20	40	59	75	92	109	127	144	162	180	275	376	486
	Elasticidade	-	n.d.	-0,01	-0,02	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11	-0,16	-0,21
Tarifa volumétrica fixa	(cêntimos/m ³)	0,0	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	4,5	6,2	8,2
	Elasticidade	-	n.d.	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,08	-0,10	-0,16	-0,19

Fonte: resultados do modelo.

5.7.4 – Variação do benefício total do sistema

A VBTS, com a aplicação deste método de tarifação, tem a particularidade de, em tarifas relativamente baixas, apresentar um valor positivo (Figura 5.31).



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.31 – Variação do benefício total do sistema (milhões de euros) para diferentes tarifas de regadio.

A aplicação de tarifas por superfície inferiores a 159 €/ha geram, para o sistema *agricultor – entidade gestora*, um fluxo positivo de benefícios. Isto significa que, ao contrário do que sucedia com os outros métodos, existe um ganho no benefício total do sistema e não uma perda.

Uma tarifa de 50 €/ha origina uma VBTS de 357 000 €; uma de 100 €/ha gera uma VBTS de 241 000 € e uma de 150€/ha ainda apresenta uma VBTS positiva de 42 000 €.

A partir dos 159 €/ha existe uma VBTS negativa, que diminui, quando se aumenta a tarifa de regadio, com decréscimos crescentes.

Como se pode constatar no Quadro 5.4, a evolução da VBTS quando se aplica o método de tarifação por superfície ou quando se aplica o método de tarifação volumétrica fixa é muito diferente.

Quadro 5.4 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação do benefício total do sistema.

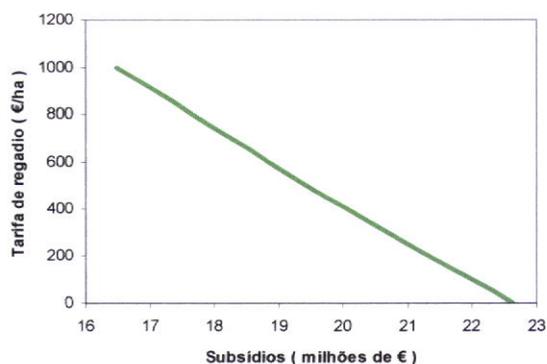
Método de tarifação		Variação do benefício total do sistema (Milhões de €)														
		0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1	-2	-3	-4	-5
Tarifa por superfície	(€/ha)	159	180	201	218	235	251	265	279	293	306	317	431	525	609	683
	Elasticidade	-	n.d.	8,63	5,93	4,29	3,52	3,61	3,18	2,87	2,85	2,89	2,79	2,29	2,09	2,06
Tarifa volumétrica fixa	(cêntimos/m ³)	0,0	1,2	1,7	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,6	3,8	4,1	5,9	7,2	8,4	9,4
	Elasticidade	-	n.d.	2,24	2,05	2,24	1,93	1,94	2,10	1,94	1,82	1,87	2,26	2,15	2,11	2,08

Fonte: resultados do modelo.

Considerando, para a tarifa por superfície, valores acima dos 159 €/ha (quando a VBTS apresenta valores negativos), pode-se referir que, até valores que rondam os -3 milhões de euros, a curva da VBTS é muito mais reactiva a variações das tarifas no método de tarifação por superfície, tomando um padrão muito semelhante ao do método de tarifação volumétrica fixa para valores de VBTS inferiores.

5.7.5 – Subsídios

Os subsídios pagos em função das tarifas de regadio aplicadas apresentam uma redução constante, conforme se pode confirmar na Figura 5.32.



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.32 – Subsídios (milhões de euros) para diferentes tarifas de regadio.

Constata-se que, ao longo da curva, um aumento de 50€/ha na tarifa de regadio provoca, grosso modo, uma diminuição de 1,4% nos subsídios pagos (em relação ao que é pago inicialmente). Com 350 €/ha de tarifa de regadio a diminuição dos subsídios pagos é de 10,0% (menos 2,26 milhões de euros), atingindo-se os 12,7% com uma tarifa de 450 €/ha.

Em relação ao método de tarifação volumétrica fixa, as reduções nos subsídios observadas por deste método são muito semelhantes, como se pode ver no Quadro 5.5.

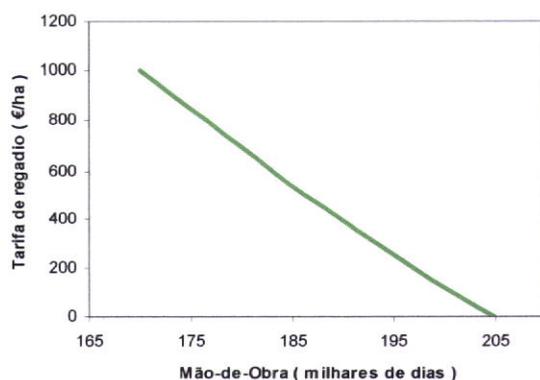
Quadro 5.5 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação dos subsídios.

Método de tarifação		Variação percentual dos subsídios													
		0%	-1%	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-15%	-20%	-25%
Tarifa por superfície	(€/ha)	0	38	72	105	138	172	207	243	279	314	350	536	726	917
	Elasticidade	-	n.d.	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,10	-0,17	-0,24
Tarifa volumétrica fixa	(cêntimos/m ³)	0	0,6	1,2	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	9,0	12,1	15,3
	Elasticidade	-	n.d.	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,11	-0,17	-0,24

Fonte: resultados do modelo.

5.7.6 – Mão-de-obra

As necessidades de mão-de-obra reduzem-se de forma quase constante à medida que aumenta a tarifa de regadio aplicada (Figura 5.33).



Fonte: resultados do modelo.

Figura 5.33 – Necessidades de mão-de-obra (milhares de dias) para diferentes tarifas de regadio.

Fixando a tarifa em 50€/ha a redução das necessidades de mão-de-obra é de 1,0%. Aos 225€/ha essa redução é de 4,4% e aos 450 €/ha de tarifa de regadio é de 8,2% (16860 dias de trabalho a menos).

Os resultados observados com a aplicação deste método ou com método da tarifa volumétrica fixa quanto à variação da mão-de-obra necessária seguem um padrão muito semelhante, conforme se constata no Quadro 5.6.

Quadro 5.6 – Comparação de métodos de tarifação por superfície e volumétrica fixa quanto à variação da mão-de-obra utilizada.

Método de tarifação		Variação percentual da mão-de-obra utilizada											
		0	-1%	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-15%
Tarifa por superfície	(€/ha)	0	48	99	150	206	263	318	376	436	497	558	872
	Elasticidade	-	n.d.	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10
Tarifa volumétrica	(cêntimos/m ³)	0	0,8	1,7	2,6	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6	8,6	9,6	14,8
	Elasticidade	-	n.d.	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10

Fonte: resultados do modelo.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 – Conclusões

O Ribatejo e a agricultura são indissociáveis. Desde tempos imemoriais que está documentada a prática do cultivo dos campos marginais ao Tejo, fazendo uso das oportunidades que a elevada fertilidade dos solos e a possibilidade de irrigação ofereciam³². São precisamente essas características (aliadas à proximidade dos centros de consumo dos produtos agrícolas e à disponibilidade de mão-de-obra qualificada e conhecedora da realidade agrícola local) que, ainda hoje, continuam a diferenciar positivamente a Lezíria do Tejo das restantes regiões agrícolas portuguesas.

Os condicionalismos políticos, económicos e ambientais impostos (ou a impor) na produção agrícola fazem com que, de forma cada vez mais premente, seja necessário analisar a resposta dos agricultores aos mesmos. Uma análise, *a posteriori*, das consequências da introdução de uma política agrícola não substitui, nem tão pouco dispensa, um estudo das alternativas à sua aplicação. A programação matemática é um instrumento muitíssimo valioso para os técnicos e para os responsáveis políticos no sentido de lhes proporcionar uma visão geral do sector, bem como prever a sua reacção perante a adopção de políticas ou perante alterações das variáveis económicas.

Os modelos sectoriais adaptados a uma determinada região, como é o caso do desenvolvido no âmbito da realização desta dissertação, permitem avaliar o previsível efeito que a introdução de uma determinada política terá sobre esse sector nessa região. Concertizando, o MALTe é um modelo construído para possibilitar a obtenção de um conjunto de resultados que permitem a avaliação dos efeitos da introdução de políticas no sector agrícola.

Neste trabalho propôs-se obter repostas a um conjunto de questões formuladas no Capítulo 1, e que, genericamente, diziam respeito aos efeitos que uma política de preço da água teria sobre a agricultura da Lezíria do Tejo.

³² Gabriel Sionita, célebre autor árabe da época da ocupação moura da Península Ibérica, citado por LOPES, 1937, refere que nas margens do Tejo “...o trigo se recolhe aos quarenta dias depois de semeado, e responde a cento por hum.”, confirmando a extraordinária fertilidade dos terrenos.

Para alcançar tal objectivo, e recorrendo ao MALTe, avaliaram-se os efeitos da aplicação de três métodos distintos de tarifação da água de rega na afectação óptima da terra de regadio às culturas disponíveis, tendo também em atenção aspectos económicos (rendimento dos agricultores, receita da água, subsídios e variação do benefício total do sistema), aspectos sociais (necessidades de mão-de-obra) e aspectos ambientais (consumo de água).

Verificou-se que, em qualquer dos métodos aplicados, a resposta das culturas arvenses era completamente distinta das culturas horto-industriais. Enquanto que a área das culturas arvenses é afectada para valores relativamente baixos de tarifação da água, as horto-industriais reduzem a área cultivada duma forma muito menos intensa, tanto a essas tarifas como a tarifas superiores. A elevada margem bruta destas últimas permite aos agricultores a manutenção da área cultivada, ou a redução pouco significativa, apesar da introdução de um custo suplementar.

De uma forma geral, os métodos testados apresentaram efeitos semelhantes em todos os aspectos, se bem que com níveis de resposta diferenciados. As particularidades de cada método de tarifação, descritas no Capítulo 3, foram replicadas pelo modelo de forma clara.

Como seria de esperar, o método de tarifa volumétrica variável é o mais penalizador, reduzindo muito rapidamente a área cultivada das culturas mais consumidoras de água. Os objectivos ambientais da introdução de uma política de preço da água seriam, certamente, mais facilmente alcançados com este método, embora com custos económicos e sociais elevados. Por outro lado, o método de tarifa fixa por superfície, apesar de ser o de mais fácil implementação, é aquele que tem menor impacto, quer em termos de afectação da terra às culturas quer nos aspectos ambientais, sociais e económicos. Como neste método não há distinção entre culturas com maiores ou menores consumos de água, a redução na área de milho, presentemente a cultura com maior expressão na região, dá-se de forma menos expressiva do que com os métodos anteriores, resultando daí a diminuição relativa do impacto.

O método de tarifas volumétricas fixas revelou-se, simultaneamente, mais equilibrado que o método de tarifa fixa por superfície e menos penalizador que o método de tarifas volumétricas variáveis. Conseguindo atingir os objectivos ambientais de um consumo sustentável da água (com reduções consideráveis dos consumos mesmo com tarifas baixas), este método não é tão complexo na sua aplicação como o de tarifas volumétricas variáveis, sendo mais eficaz que o de tarifa fixa por superfície.

A aplicação de qualquer dos métodos conduz a uma utilização economicamente racional da água, fazendo com que o consumo de água pelas culturas passe a ser um dos critérios utilizados na afectação da terra disponível às culturas a realizar. Os impactos negativos, quer sejam em termos económicos ou sociais, devem ser relevantes para a escolha do método a aplicar.

Observam-se impactos negativos na aplicação destes métodos, nomeadamente no que diz respeito à redução da margem bruta dos agricultores, à redução das necessidades de mão-de-obra, aos subsídios pagos e à redução do benefício total do sistema. Estes impactos são menores no método de tarifação fixa por superfície, aumentando no método de tarifação volumétrica variável. Também neste caso, o método de tarifação volumétrica fixa se revelou intermédio.

Apesar de não haver dados relativos às necessidades de financiamento de uma futura agência regional gestora dos recursos hídricos, a contribuição para o seu orçamento da tarifação da água utilizada pelos agricultores será, em qualquer dos métodos, muito significativa. Não sendo, certamente, o critério que mais peso específico teria na escolha de um dos métodos de tarifação, nem, tão pouco, o principal objectivo da aplicação de uma política de preço da água, a receita da água apresenta valores muito elevados na tarifação fixa por superfície (que, seguramente, seria a menos dispendiosa de aplicar), sendo esses valores um pouco menores nos restantes métodos.

Concluindo, pode-se referir que o objectivo principal da aplicação de uma política de preço da água, o da imposição da utilização sustentável da água, é inteiramente alcançado qualquer que seja o método de tarifação (já que o modelo, sustentado na teoria económica, valoriza o recurso em função do seu custo marginal – preço – e do valor da sua produtividade marginal), e, apesar das vantagens específicas inerentes a cada um dos outros métodos, o método de tarifação volumétrica fixa aparenta ser o mais adequado, aliando eficiência a equilíbrio. O ajustamento cultural que os agricultores seriam obrigados a efectuar, bem como os impactos sócio-económicos e ambientais, seriam função da tarifa estabelecida por metro cúbico de água utilizada na rega. O estabelecimento do preço da água teria que, numa situação em que a maioria dos regadios da região são privados (e, conseqüentemente, são os agricultores que suportam a totalidade dos custos de fornecimento), visar essencialmente a internalização das externalidades económicas e ambientais e os custos de oportunidade por se utilizar a água na agricultura e excluir o seu uso noutras actividades, no sentido de equilibrar o valor da água e os seus custos totais.

6.2 – Recomendações

O apertado calendário disponível para a realização deste estudo obrigou à selecção dos aspectos, considerados pelo autor, de maior relevância para a análise do impacto da introdução de uma política de preço da água na Lezíria do Tejo. Houve, naturalmente, que limitar o número de cenários possíveis analisados. Quanto aos cenários que não foram objecto de estudo neste trabalho, destacam-se, pela eventual relevância que a sua aplicação poderia vir a ter, a introdução de políticas de preço da água baseadas em tarifas mistas (superfície e volumétrica) ou em tarifas variáveis de superfície (com tarifas diferenciadas consoante os consumos hídricos das culturas). O primeiro método contorna a limitação das tarifas de superfície de não evitarem o desperdício de água, ao passo que o segundo, apesar de não incentivar directamente o não desperdício de água, pode surgir como regulador das preferências culturais para uma determinada região. Seria muito interessante analisar os efeitos da aplicação destes métodos na Lezíria do Tejo.

Por outro lado, não foi possível concluir qual a tarifa, dentro do método sugerido, que melhor se adequava à realidade concreta da agricultura na Lezíria do Tejo. Foram apenas indicadas as consequências sócio-económicas e ambientais que as tarifas causariam na actividade agrícola, facultando uma ferramenta de análise para o decisor antes da implementação da tarifa escolhida. Haveria, no entanto, todo o interessante em estimar a parcela dos custos das externalidades económicas e ambientais e os custos de oportunidade associados à prática do regadio nesta região, por forma a poder estabelecer um preço da água que os tivesse em consideração (ou, pelo menos, que se ficasse a saber qual a fracção desses custos que, estabelecendo-se um determinado preço, caberia ao utilizador e qual a que o Estado iria suportar).

O MALTe foi construído especificamente para a realização deste trabalho. Sendo um modelo regional, que utiliza dados regionais agregados, apresenta algumas limitações, concretamente no que diz respeito à definição das práticas culturais tipo realizadas pelos agricultores nesta região. Esta questão é muito importante porque a escolha dessas práticas culturais tipo reflectia-se directamente na margem bruta do agricultor, influenciando, a partir daí, o desenvolvimento do modelo. Não será de excluir, em estudos futuros, uma possível separação da Lezíria do Tejo nos seus sub-territórios, por forma a conseguir uma maior homogeneidade territorial e de práticas

culturais. Este procedimento poderia, contudo, conduzir a uma ainda maior dificuldade na obtenção de dados para a realização de estudos: os dados disponíveis referem-se, quase sempre, às unidades territoriais previamente definidas, sendo, a partir desses dados, impossível de fazer qualquer tipo de desagregação. Por outro lado, e tendo em conta os obstáculos pseudo-burocráticos (leia-se laxistas) que se erguem à investigação, por impedirem o acesso a dados que, em princípio, deveriam ser do domínio público (e só uma visão muito retorcida poderia considerar que o seu acesso seria uma violação do direito à privacidade de dados pessoais), antevê-se que seja uma tarefa hercúlea a obtenção dos dados relativos às ocupações culturais dos diferentes sub-territórios.

O desenvolvimento contínuo de um modelo é uma das consequências naturais da sua construção. A introdução de alternativas culturais permanentes e de actividades animais, tornaria, neste caso particular, o modelo mais rico e alargaria o leque de possibilidades de estudos realizados com recurso ao mesmo. Apesar das suas limitações, o MALTe apresenta-se promissor como modelo regional do sector agrícola, confirmando, uma vez mais, as potencialidades da programação matemática positiva como método eficaz de calibração de modelos.

6.3 – Comentário final

A notícia da futura introdução de mais uma taxa ou tarifa (de forma ainda não regulamentada), desta vez sobre a utilização da água para o regadio, provocou sobre a maioria da população agrícola um, quiçá fundado, receio de uma possível degradação das suas condições económicas, fruto do aumento dos custos com a actividade. Num sector cada vez mais (pelo menos aparentemente) descurado pela administração central, o que tende a amplificar o pessimismo intrínseco da natureza humana de grande parte dos agricultores portugueses, o cenário de abandono da actividade agrícola foi o apontado por muitos como a solução possível face a tal realidade. Por outro lado, os sectores ambientalistas da sociedade, seguramente acompanhados pela maioria da população, consideram oportuna, justa e urgente a aplicação de uma política que proteja um recurso tão precioso como a água dos abusos que, conscientemente ou não, alguns sectores da actividade económica (ou parte desses sectores) praticam sobre o mesmo.

Este estudo permite afastar os receios mais pessimistas quanto à dimensão das implicações negativas que uma política de preço da água acarretará sobre o

equilíbrio das contas das explorações agrícolas na Lezíria do Tejo, partindo do princípio que o bom senso será a principal linha orientadora das entidades responsáveis pela sua implementação (obrigatória e inevitável). Consegue, igualmente, sossegar os espíritos dos mais preocupados com as questões ambientais, tornando evidente os benefícios ambientais da utilização sustentável da água na agricultura.

Torna-se, contudo, necessário alertar para o facto de, numa primeira fase de adaptação à nova realidade de ter que se pagar pela água utilizada, o Estado dever suportar parte dos custos da água, transferindo para o agricultor apenas uma pequena parcela sob a forma de uma tarifa reduzida, para que os impactos não sejam demasiado penalizadores, permitindo que os ajustamentos às actividades culturais se façam de forma gradual. Uma política consertada, que utilizasse parte da receita da água (ou dos subsídios que o Estado poupa com a introdução desta política) em campanhas de sensibilização junto dos agricultores para os aspectos ambientais da actividade agrícola, de certo que tornaria a interiorização do seu papel de protectores da Natureza muito mais fácil de alcançar, reduzindo significativamente a oposição à implementação desta e doutras políticas ambientais.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AAR, *Plano de Regionalização*, Boletim Informativo da Associação dos Agricultores do Ribatejo, n.º171, Associação dos Agricultores do Ribatejo, Santarém, Outubro 1998.

AAR, *Culturas Arvenses – Campanha de Comercialização 1999/2000 – Preços e Ajudas*, Boletim Informativo da Associação dos Agricultores do Ribatejo, n.º172, Associação dos Agricultores do Ribatejo, Santarém, Dezembro 1998a.

AAR, *Tomate – Campanha 1999/2000*, Boletim Informativo da Associação dos Agricultores do Ribatejo, n.º178, Associação dos Agricultores do Ribatejo, Santarém, Julho 1999.

AAR, *Tomate de Indústria – A Produção Face às Condições Climatéricas*, Boletim Informativo da Associação dos Agricultores do Ribatejo, n.º203, Associação dos Agricultores do Ribatejo, Santarém, Janeiro de 2003.

AAR, *A Nova Lei da Água*, Boletim Informativo da Associação dos Agricultores do Ribatejo, n.º220, Associação dos Agricultores do Ribatejo, Santarém, Março de 2006.

ARBVS, *Área Cultivada*, Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Sorraia, no sítio: www.arbvs.pt/index.php?sid=9.1 (acedido em 15/07/2007).

ARFINI, Filippo, *Mathematical Programming Models Employed in the Analysis of the Common Agricultural Policy*, Working Paper n.º9, Istituto Nazionale di Economia Agraria, Setembro 2001.

ARRANJA, C. e Francisco Avillez, *Agricultura de Regadio em Portugal: Que Futuro?*, II Congresso Nacional de Rega e Drenagem, 26-28 Junho, Fundão, 2007, disponível *online* no sítio: www.cotr.pt/informacao/web/artigos/13.pdf (acedido em 20/09/2007).

BADER, Esam, *Mathematical Programming Models for Optimising Irrigation Water Management in Egypt*, Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades, Institut für Agrarökonomie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, 2004.

BLANCO FONSECA, Maria, Eva Iglesias Martinez e José M. Sumpsi, *Environmental and Socioeconomic Effects of Water Pricing Policies: Key Issues in the Implementation of the Water Framework Directive*, 13th Annual EAERE Conference, 25-28 Junho, Budapest, 2004.

BLANCO FONSECA, Maria e Eva Iglesias Martinez, *Modelling New EU Agricultural Policies: Global Guidelines, Local Strategies*, 89th EAAE Seminar: “Modelling agricultural policies: state of the art and new challenges”, 3-5 Fevereiro, Parma, 2005.

CARLES, Roland *et al.*, *Nouveaux Outils pour Analyser les Effects de la Prochaine Réforme de la PAC sur les Exploitations Agricoles*, Economie Rurale, n.º 242, Janeiro – Fevereiro 1998.

CARVALHO, Maria Leonor P. M. V. S., *Efeitos da Variabilidade das Produções Vegetais na Produção Pecuária – Aplicação em Explorações Agro-pecuárias do Alentejo: Situações Actual e Decorrente da Nova PAC*, Dissertação para a obtenção do Grau de Doutor, Universidade de Évora, Évora, 1994.

CHIANG, Alpha C., *Matemática para Economistas*, McGraw-Hill, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

CORNISH, G., B. Bosworth, C. Perry e J. Burke, *Water Charging in Irrigated Agriculture – An Analysis of International Experience*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2004.

CULT, *Região – Municípios Associados*, Comunidade Urbana da Lezíria do Tejo, publicação *on-line* no sítio: www.cult.pt/cult/regiao/municipiosassociados/ (acedido em 16/07/2007).

DECRETO-LEI N.º 47/94, *Estabelece o Regime Económico e Financeiro da Utilização do Domínio Público Hídrico, sob Jurisdição do Instituto da Água*, Diário da República 44/94, Série I-A, 22 de Fevereiro de 1994.

DECRETO-LEI N.º 269/82, *Define e Classifica as Obras de Fomento Hidroagrícola*, Diário da República 157/82, Série I, 10 de Julho de 1982.

DECRETO-LEI N.º 196/89, *Defende e Protege as Áreas de Maior Aptidão Agrícola*, Diário da República 134/89, Série I, 14 de Junho de 1989.

DGRF, *Carta de Uso do Solo na Lezíria do Tejo*, Direcção-Geral dos Recursos Florestais, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, publicação *on-line* no sítio: www.dgrf.min-agricultura.pt/v4/dgf/area.php?areaid=DSPE (acedido em 15/07/2007).

DIRECTIVA 2000/60/EC, *Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, que Estabelece um Quadro de Acção Comunitária no Domínio da Política da Água*, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Série L Número 327 de 22 de Dezembro de 2000: 1-72, 2000.

DINAR, A. e A. Subramanian, *Water Pricing Experiences. An International Perspective*, World Bank, Technical Paper No. 386, Washington DC, 1997.

EUROSTAT, *Selling Prices of Crop Products (Absolute Prices) – Annual – Old Codes – Data from 1969 to 2005*, EuroStat, Agriculture and Fisheries Data, European Commission, publicação *on-line* no sítio: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136206,0&_dad=portal&_schema=PORTAL (acedido a 26/11/2006).

FAUCONNIER, Isabelle, *The Privatization of Residential Water Supply and Sanitation Services: Social Equity Issues in the California and International Contexts*, Berkeley Planning Journal (1999), vol.13: 33-73, University of California, Berkeley, 1999.

FEIO, Mariano, *Clima e Agricultura*, Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Lisboa, 1991.

FITZPATRICK, E. A., *Soils – Their Formation, Classification and Distribution*, Longman Group Limited, London, 1983.

FRAGOSO, Rui M. S. e Carlos A. F. Marques, *A Gestão Económica da Água na Agricultura: Perspectivas de Utilização no Alentejo*, Universidade de Évora, Évora, 2007.

FRAGOSO, Rui M. S. e Carlos A. F. Marques, *A Revisão da Política de Tarifas de Água no Uso Agrícola: Um Estudo de Caso no Sul de Portugal*, XLIV Congresso SOBER, 2007.

FRAGOSO, Rui, *Perspectivas Futuras para a Exploração do Aproveitamento Hidro-Agrícola da Vigia Face À Política de Preço da Água*, 4º Congresso Nacional dos Economistas Agrícolas – Secção Agricultura e Ambiente, Faro, 2004.

GOHIN, Alexandre, *Positive Mathematical Programming and Maximum Entropy: Economic Tools for Applied Production Analysis*, INRA Seminar on Production Economics, 28-29 Novembro, Paris, 2000.

GOHIN, Alexandre e Frédéric Chantreuil, *La Programmation Mathématique Positive dans les Modeles d'Exploitation Agricole*, INRA – ESR, Rennes, 1999.

GÓMEZ-LIMON, J. A., Manuel Arriaza e Julio Berbel, *Conflicting Implementation of Agricultural and Water Policies in Irrigated Areas in the EU*, Journal of Agricultural Economics, vol. 53, número 2: 259-281, 2002.

GUERREIRO, Ezequiel, *Microeconomia: Elasticidade*, Departamento de Economia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná, publicação *on-line* no sítio: www.uepg.br/uepg_departamentos/deecon/disciplinas/EzequielGuerreiro/introducao_economia (acedido a 22/07/2007).

HAZELL, Peter B. R. e Roger D. Norton, *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*, Macmillan Publishing Company, New York, 1986.

HECKELEI, Thomas, *Calibration and Estimation of Programming models for Agricultural Supply Analysis*, Tese de Habilitação, Universidade de Bonn, Bonn, 2002.

HECKELEI, Thomas e Wolfgang Britz, *Models Based on Positive Mathematical Programming: State of the Art and Further Extensions*, 89th EAAE Seminar: “Modelling agricultural policies: state of the art and new challenges”, 3-5 Fevereiro, Parma, 2005.

HECKELEI, Thomas e Wolfgang Britz, *Positive Mathematical Programming with Multiple Data Points: A Cross-Sectional Estimation Procedure*, Cahiers d'économie et sociologie rurales, número 57, 2000.

HECKELEI, Thomas e Hendrik Wolff, *A Methodological Note on the Estimation of Programming Models*, Working Paper 104 do International Marketing Program for Agricultural Commodities & Trade (IMPACT), Washington State University, Pullman, 2001.

HELMING, Johannes, *A Model Of Dutch Agriculture Based on Positive Mathematical Programming with Regional and Environmental Applications*, PhD Thesis, Wageningen University, 2005.

HENRIQUES, António Gonçalves e Cristina A. West, *Instrumentos Económicos e Financeiros para a Gestão Sustentável da Água. Parte 1 – Aspectos Conceptuais e Obrigações Estabelecidas pela Directiva-Quadro da Água*, 5º Congresso da Água, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Lisboa, 2000.

HENRIQUES, António Gonçalves e Cristina A. West, *Instrumentos Económicos e Financeiros para a Gestão Sustentável da Água. Parte 2 – Aplicação em Portugal*, 5º Congresso da Água, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Lisboa, 2000a.

HENRIQUES, Pedro Damião, Manuel C. Branco, Rui S. Fragoso e Maria Leonor S. Carvalho, *Direito de Acesso À Água – Princípios Económicos para seu Usufruto na Agricultura*, in *Economia com Compromisso – Ensaio em Memória de José Dias Sena*, coordenado por Manuel Couret Branco, Maria Leonor da Silva Carvalho e Maria da Conceição Rego, CEFAG e Universidade de Évora (Editores), Évora, 2006.

HENRY DE FRAHAN, Bruno, *PMP, Extensions and Alternative Methods: Introductory Review of the State of the Art*, XIth EAAE Congress: “The Future of Rural Europe in the Global Agri-Food System”, sessão: “PMP, Extensions and Alternative Methods”, 23-27 de Agosto, Copenhagen, 2005.

HENRY DE FRAHAN, Bruno, J. Buysse, P. Polomé, B. Fernagut, O. Harmignie, L. Lauwers, G. Van Huylenbroeck e J. Van Meensel, *Positive Mathematical Programming for Agricultural and Environmental Policy Analysis: Review and Practice*, em “*Management of Natural Resources: a Handbook of Operations Research Models, Algorithms, and Implementations.*”, A. Weintraub, T. Bjorndal, R. Epstein e C. Romero (Editores), Kluwer’s International Series in Operations Research and Management Science, Frederick S. Hillier, Series Editor, Kluwer Academic Publishers, 2005.

HENSELER, Martin, Alexander Wirsig e Tatjana Krimly, *An Agro-Economic Regional Model for the Neckar River Basin – First Results of Politic Scenario Calculations*, International Conference on Regional and Urban Modeling, 1-2 Junho, Bruxelas, 2006, disponível on-line no sítio: www.ecomod.org/files/papers/1245.pdf (acedido em 27/02/2007).

HOWITT, Richard E., *Positive Mathematical Programming*, American Journal of Agricultural Economics, n.º 77: 329-342, Maio 1995.

HOWITT, Richard E., *Agricultural and Environmental Policy Models: Calibration, Estimation and Optimization*, rascunho de pré-publicação do livro, disponível *on-line* no sítio: www.agecon.ucdavis.edu/facultypages/howitt/howitt.htm (acedido em 05/03/2007).

HOWITT, Richard E., *PMP Based Production Models – Development and Integration*, XIth EAAE Congress: “The Future of Rural Europe in the Global Agri-Food System”, sessão: “PMP, Extensions and Alternative Methods”, 23-27 de Agosto, Copenhaga, 2005.

HUSSAIN, Intizar e Deeptha Wijerathna, *Implications of Alternate Water Charging Policies for the Poor Farmers in Developing Asia: A Comparative Analysis*, International Water Management Institute, Colombo, 2004.

IA, *Carta de Capacidade de Uso de Solo na Lezíria do Tejo*, Instituto do Ambiente, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, publicação *on-line* no sítio: www.iambiente.pt/atlas/din/viewer.htm (acedido em 15/07/2007).

IA(a), *Carta de Solos – Unidades Pedológicas na Lezíria do Tejo*, Instituto do Ambiente, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, publicação *on-line* no sítio: www.iambiente.pt/atlas/din/viewer.htm (acedido em 15/07/2007).

IDRHA, *Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Sorraia*, Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, publicação *on-line* no sítio: www.idrha.min-agricultura.pt/a_hidroagricolas/exploracao/ahsorraia.htm (acedido em 21/7/2007).

IDRHA(a), *Necessidades Hídricas das Culturas*, Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, publicação *on-line* no sítio: www.idrha.min-agricultura.pt/hidrologia/necessidades/inecini.htm (acedido em 21/7/2007).

IFAP, *Montantes Unitários das Ajudas – Campanha 2005/2006*, Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas, E.P., Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, publicação *on-line* no sítio: www.ifap.min-agricultura.pt/portal/page/portal/ifap_publico/GC_ajudas/GC_montantes/GC_montante_05 (acedido a 15/04/2007).

INAG, *Plano Nacional da Água*, Volume I, Instituto Nacional da Água, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Lisboa, 2002.

INE, *Recenseamento Geral da Agricultura 1999 – Ribatejo e Oeste*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 2001.

INE, *Estatísticas Agrícolas 2005*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 2006.

INMG, *O Clima de Portugal – Normais Climatológicas da Região do Ribatejo e Oeste Correspondentes a 1941-1970*, Fascículo XL, Volume 2 – 2ª Região, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa, 1988.

JOHANSSON, C. Robert, *Pricing Irrigation Water: A Literature Survey*, Policy Research Working Paper 2449, The World Bank Rural Development Department, The World Bank, Washington, DC., 2000.

JOHANSSON, C. Robert, Yacov Tsur, Terry L. Roe, Rachid Doukkali e Ariel Dinar, *Pricing Irrigation Water: A Review of Theory and Practice*, Water Policy, vol. 4, n.º2: 173-199, 2002.

JÚDEZ, Lucinio, Marta Piniés, José Ángel Amorós, Rosario de Andrés e Elvira Urzainqui, *Influence of Decoupling Measures on the Effects of the New CAP in Castilla – La Mancha*, 89th EAAE Seminar: “Modelling agricultural policies: state of the art and new challenges”, 3-5 Fevereiro, Parma, 2005.

LEI N.º 58/2005, *Aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas*, Diário da República 249/2005, Série I-A, 29 de Dezembro de 2005.

LOPES, Júlio, *Os Campos de Valada*, Boletim Oficial das Festas do 1.º de Maio do Concelho do Cartaxo, Edição da Comissão Central, Cartaxo, 1937.

MARQUES, Carlos Alberto F., *A Programação Linear: Conceitos, Interpretação Económica e Exercícios de Aplicação no Planeamento da Empresa Agrícola*, vol. I – *Conceitos e Interpretação Económica*, Manuais da Universidade de Évora, Área Departamental de Ciências Económicas e Empresariais, Universidade de Évora, Évora, 1996.

MILLER, Roger LeRoy, *Microeconomia – Teoria, Questões e Aplicações*, McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1981.

NOÉME, Carlos, Rui Fragoso e Leonor Coelho, *Avaliação da Política de Preço da Água no Uso Agrícola no Âmbito da Directiva Quadro da Água*, IV Congresso Ibérico sobre Gestão e Planificação da Água, 9-11 Dezembro, Tortosa, 2004, disponível *on-line* em: www.congreso.us.es/ciberico/archivos_word/227b.doc (acedido em 2-11-2006).

PEARCE, David W. e R. Kerry Turner, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, New York, 1990.

PARIS, Quirino e R.E.Howitt, *An Analysis of Ill-Posed Production Problems Using Maximum Entropy*, American Journal of Agricultural Economics, n.º 80(1): 329-342, 1998.

PINTO, B. e A. Alves, *Economia da Água do Plano Nacional da Água*, Instituto Nacional da Água (ed.), Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, 2004.

RIBEIRO, Luís, *Recursos Hídricos Subterrâneos de Portugal Continental*, Instituto Nacional da Água (ed.), Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, 2004.

ROGERS, Peter, Ramesh Bhatia e Annette Huber, *Water as a Social and Economic Good: How to Put the Principle into Practice*, Global Water Partnership, Technical Advisory Committee (TAC) Background Papers, N.º 2, Stockholm, 1998.

RÖHM O. e S. Dabbert, *Integrating Agri-Environmental Programs into Regional Production Models: An Extension of Positive Mathematical Programming*, American Journal of Agricultural Economics, n.º 85(1): 254-265, 2003.

ROSENTHAL, Richard E., *GAMS – A User's Guide*, GAMS Development Corporation, Washington, DC, 2006.

SAMUELSON, Paul A. e William D. Nordhaus, *Economia*, 14ª edição, McGraw Hill de Portugal L.ª, Lisboa, 1993.

SARAIVA, J. Paulo, *Avaliação da Agricultura de Regadio em Duas Regiões de Portugal Face À Implementação da Directiva Quadro da Água*, Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2003.

SILVA, F. Gomes, *Beterraba de Sementeira Outonal – Alguns Princípios para Melhorar os Resultados*, in Produzir Beterraba, Outono 2001, disponível *on-line* no sítio: www.dai-sa.pt/pdfs/info_tecnica/sementeira_outonal.pdf. (acedido em 29/07/2007).

TIETENBERG, Tom, *Environmental and Natural Resources Economics. Cap.4 – Property Rights, Externalities, and Environmental Problems*, 5ª edição, Addison Wesley Longman, Inc., USA, 2000.

UNO, *Agenda 21 – Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*, Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 3-14 de Junho, Rio de Janeiro, 1992, disponível *on-line* no sítio: www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LI_21463_1_0002.htm. (acedido em 20/04/2007)

UNO, *Substantive Issues Arising in the Implementation of the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights. General Comment N.º 15*, Committee on Economic, Social and Cultural Rights, United Nations Organization, 19-29 Novembro, 2002, disponível *on-line* no sítio: www.unhchr.ch/html/menu2/6/gc15.doc. (acedido em 20/04/2007)

UNO, *Johannesburg Plan of Implementation – IV. Protecting and Managing the Natural Resource Base of Economic and Social Development*, United Nations Department for Economic and Social Development, United Nations Organization, 2002a, disponível *on-line* no sítio: www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIChapter4.htm. (acedido em 20/04/2007)

VARELA, João Luís B. S., *Condução Tática da Rega na Cultura do Milho: Tentativa de Utilização do Modelo EPICTPR*, Trabalho de Fim de Curso, Universidade de Évora, Évora, 1996.

VARENNE, Amarilis de, *Produtividade dos Solos e Ambiente*, Escolar Editora, Lisboa, 2003.

WIBORG, Torben, Bruce McCarl, Svend Rasmussen e Uwe Schneider, *Aggregation and Calibration of Agricultural Sector Models Through Crop Mix Restrictions and Marginal Profit Adjustments*, XIth EAAE Congress: "The Future of Rural Europe in the Global Agri-Food System", sessão: "PMP, Extensions and Alternative Methods", 23-27 de Agosto, Copenhagen, 2005.

WONNACOTT, Paul, Ronald Wonnacott, Yeda Crusius e Carlos Crusius, *Economia*, McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1982.

YATES, C. M. e T. Rehman, *Development of a Partial Equilibrium Model of the EU12 Agriculture Using Positivistic Mathematical Programming*, Department of Agriculture, University of Reading, Reading, 2002.

ANEXOS

ANEXO A – DESCRIÇÃO DO MODELO PRIMAL E VARIÁVEIS DUAIS ASSOCIADAS

Introdução

No presente anexo faz-se uma descrição detalhada do modelo inicial de programação linear (PL) que, após calibração, deu origem ao modelo não-linear usado neste trabalho (o MALTe). Este anexo tem a seguinte estrutura: descrição do modelo primal de PL; descrição do modelo dual de PL.

Modelo primal

A função-objectivo do modelo primal de PL assume que o objectivo do agricultor é a maximização da margem bruta. Neste caso, e trabalhando com dados agregados relativos à totalidade dos agricultores que operam na Lezíria do Tejo, o objectivo é alargado para a maximização da margem bruta total na Lezíria do Tejo. A função objectivo é a seguinte:

$$\begin{aligned}
 \max Z = & \overbrace{\sum_j (r_j p_j + ac_j cr_j + r_j cof_j + comp_j - c_j) X_j}^1 + \\
 & + \overbrace{\sum_k (r_k p_k + ac_k cr_k + r_k cof_k + comp_k - c_k) Y_k}^2 + \\
 & + \overbrace{\sum_{sa} U_{sa} ac_{sa} cr_{sa}}^3
 \end{aligned} \tag{A.1}$$

O índice j refere-se ao conjunto de actividades (culturas) não sujeitas ao pousio obrigatório; o índice k refere-se ao conjunto de actividades (culturas) sujeitas ao pousio obrigatório; o índice sa refere-se ao pousio obrigatório (tratado como actividade independente).

As variáveis, parâmetros e coeficientes, conforme sejam exógenos ou endógenos, encontram-se representados em letras minúsculas ou maiúsculas, respectivamente, e são definidos da seguinte forma:

Z margem bruta total da Lezíria do Tejo;
 r rendimento médio da actividade (ton/ha);
 p preço médio pago ao produtor pela actividade (€/ton);
 ac ajuda compensatória paga à actividade (€/ton);
 cr classe de rendimento dos solos onde se cultiva a actividade (ton/ha);
 cof ajuda co-financiada paga à actividade (€/ton);
 $comp$ ajuda complementar paga à actividade (€/ha);
 c custos variáveis da actividade (€/ton);
 X, Y área da actividade agrícola (ha);
 U_{sa} área de pousio obrigatório (ha);
 ac_{sa} ajuda compensatória paga ao pousio obrigatório (€/ton);
 cr_{sa} classe de rendimento dos solos em pousio obrigatório (ton/ha).

A parcela identificada com (1) permite calcular a margem bruta total das actividades não sujeitas a pousio obrigatório. A identificada com (2) calcula a margem bruta total das actividades sujeitas a pousio obrigatório. Tanto para o caso das culturas sujeitas como para as não sujeitas a pousio obrigatório, a margem bruta resulta da diferença entre o total das receitas da actividade e os custos variáveis da actividade. O total das receitas da actividade é dado pela soma das receitas da venda da produção (produto do rendimento médio da actividade pelo preço médio pago ao agricultor pela actividade) com o total das ajudas (ajuda compensatória – resultado do produto da ajuda compensatória paga à actividade pela classe de rendimento dos solos onde se cultiva a actividade –, ajuda co-financiada – produto da ajuda co-financiada paga à actividade pelo rendimento médio da actividade – e ajuda complementar). A parcela identificada com (3) inclui na função-objectivo o total da ajuda compensatória ao pousio obrigatório. A ajuda compensatória ao pousio obrigatório é resultado do produto da ajuda compensatória paga ao pousio obrigatório pela classe de rendimento dos solos em pousio obrigatório.

De referir que este modelo de PL, que servirá de base para a utilização da PMP, ainda não incorpora nos seus custos variáveis quaisquer custos relativos ao uso da água³² (exceptuando os relativos à energia eléctrica para captação e rega). Mais adiante, e consoante as necessidades específicas das simulações a realizar, explicar-se-ão as alterações efectuadas ao modelo para passar a reflectir esses custos.

³² Não é necessário especificá-los já porque os mesmos não existiam no ano base de referência dos dados.

O recurso fixo limitante neste caso de um modelo com dados agregados é a disponibilidade da terra. Esta restrição é formalizada por:

$$\sum_j \overbrace{a_{ij} X_j}^1 + \sum_k \overbrace{a_{ik} Y_k}^2 + \sum_{sa} \overbrace{a_{isa} U_{sa}}^3 \leq re_i, \quad \forall j, k, sa \quad [\lambda_i] \quad (A.2)$$

O índice i diz respeito ao recurso fixo terra disponível.

O coeficiente a_{ij} indica o uso do recurso terra por cada unidade de actividade cultural j ; a_{ik} indica o uso do recurso terra por cada unidade de actividade cultural k ; a_{isa} indica o uso do recurso terra por cada unidade de pousio obrigatório; re_i é a disponibilidade da terra.

A restrição obriga a que a soma das áreas ocupadas pelas culturas não sujeitas a pousio obrigatório (1) com as áreas ocupadas pelas culturas sujeitas a pousio obrigatório (2) e com a área de pousio obrigatório (3) seja menor ou igual que a área de terra disponível.

Esta restrição dá origem à variável dual do recurso fixo terra (λ_i). Esta variável dual dá a indicação da valorização económica justa do recurso fixo terra, i.e., qual o valor máximo pelo qual o agricultor poderia adquirir, num sentido lato (por exemplo arrendar), uma unidade suplementar de terra.

Outra restrição considerada é a relativa ao pousio obrigatório:

$$\sum_k \overbrace{0.1(Y_k + U_{sa})}^1 = \sum_{sa} \overbrace{U_{sa}}^2, \quad \forall k, sa \quad [\mu_{sa}] \quad (A.3)$$

Neste caso existe a obrigatoriedade de que a área de pousio obrigatório (2) seja 10% da soma da área ocupada pelas culturas sujeitas a pousio obrigatório com a área de pousio obrigatório (1). Dá origem à variável dual do pousio obrigatório (μ_{sa}). Esta variável dual (μ_{sa}) indica qual o aumento na função objectivo se o agricultor pudesse pôr em pousio obrigatório mais um hectare.

A condição de não-negatividade traduz-se por:

$$X_j, Y_k, U_{sa} \geq 0, \quad \forall j, k, sa \quad (A.4)$$

que implica que a área ocupada pelas culturas não sujeitas a pousio obrigatório (X_j), a área ocupada pelas culturas sujeitas a pousio obrigatório (Y_k) e ainda a área de pousio obrigatório (U_{sa}) sejam não negativas.

ANEXO B – CALIBRAÇÃO DO MODELO

Introdução

Neste anexo faz-se uma descrição da calibração do modelo MALTe usando a técnica da PMP.

PMP – Restrições de calibração

A Fase 1 da PMP passa pela introdução, no modelo original de PL, de restrições de calibração que reproduzam os níveis observados das actividades (culturas). O modelo passa a ter então a seguinte formulação (os índices, as variáveis, os parâmetros, os coeficientes e a descrição das parcelas encontram-se explicados no Anexo A):

$$\begin{aligned} \max Z = & \sum_j (r_j p_j + ac_j cr_j + r_j cof_j + comp_j - c_j) X_j + \\ & + \sum_k (r_k p_k + ac_k cr_k + r_k cof_k + comp_k - c_k) Y_k + \\ & + \sum_{sa} U_{sa} ac_{sa} cr_{sa} \end{aligned} \quad (B.1)$$

sujeito a:

$$\sum_j a_{ij} X_j + \sum_k a_{ik} Y_k + \sum_{sa} a_{isa} U_{sa} \leq re_i, \quad \forall j, k, sa \quad [\lambda_i] \quad (B.2)$$

$$\sum_k 0.1(Y_k + U_{sa}) = \sum_{sa} U_{sa}, \quad \forall k, sa \quad [\mu_{sa}] \quad (B.3)$$

$$X_j \leq ar_j + 0.01, \quad \forall j \quad [\rho_j] \quad (B.4)$$

$$Y_k \leq ar_k + 0.01, \quad \forall k \quad [\rho_k] \quad (B.5)$$

$$X_j, Y_k, U_{sa} \geq 0, \quad \forall j, k, sa \quad (B.6)$$

A novidade em relação ao modelo PL inicial foi a introdução das equações (B.4) e (B.5). ar_j representa a área observada no ano base de referência da cultura j não sujeita a pousio obrigatório; ar_k representa a área observada no ano base de referência

da cultura k sujeita a pousio obrigatório. A equação (B.4) limita a área da actividade agrícola j não sujeita ao pousio obrigatório à área observada no ano base de referência mais uma pequena perturbação (0.01). A equação (B.5) limita a área da actividade agrícola k sujeita ao pousio obrigatório à área observada no ano base de referência mais uma pequena perturbação (0.01). Estas restrições dão origem às variáveis dual de calibração ρ_j e ρ_k , relativas às actividades não sujeitas a pousio obrigatório e às actividades sujeitas a pousio obrigatório, respectivamente.

As variáveis dual de calibração, cujo significado económico já foi discutido no Capítulo 4, serão usadas na *Fase 2* da PMP para especificar os parâmetros da função de custos variáveis não-linear.

PMP – Ajustamento das variáveis dual de calibração

Como já foi referido anteriormente no Capítulo 4, e por forma a evitar que a função de custos variáveis das actividades *marginais* (que não esgotam as restrições de calibração) seja linear, procede-se à modificação do valor das variáveis dual de calibração. Para tal calcula-se o desvio relativo (δ) da variável dual do recurso fixo terra (λ_i) em relação ao preço-sombra observado do recurso fixo terra (λ_i^*), de acordo com a fórmula:

$$\delta = \frac{\lambda_i - \lambda_i^*}{\lambda_i}, \quad \forall i \quad (\text{B.7})$$

Posteriormente, procede-se à modificação das variáveis dual de calibração, usando:

$$\rho_j' = \rho_j + a_{ij}\delta\lambda_i, \quad \forall i, j \quad (\text{B.8})$$

e

$$\rho_k' = \rho_k + a_{ik}\delta\lambda_i, \quad \forall i, k \quad (\text{B.9})$$

ρ_j' representa a variável dual de calibração modificada da actividade j não sujeita a pousio obrigatório e ρ_k' representa a variável dual de calibração modificada da actividade k sujeita a pousio obrigatório.

PMP – Especificação dos parâmetros α e β

Os parâmetros α e β são especificados neste modelo de acordo com o método do custo médio. Assim, para o cálculo dos parâmetros α_j e β_j da actividade j não sujeita a pousio obrigatório:

$$\alpha_j = c_j - \rho_j', \quad \forall j \quad (\text{B.10})$$

e

$$\beta_j = \frac{2\rho_j'}{ar_j}, \quad \forall j \quad (\text{B.11})$$

e, para o cálculo dos parâmetros α_k e β_k da actividade k sujeita a pousio obrigatório:

$$\alpha_k = c_k - \rho_k', \quad \forall k \quad (\text{B.12})$$

e

$$\beta_k = \frac{2\rho_k'}{ar_k}, \quad \forall k \quad (\text{B.13})$$

PMP – Modelo primal não-linear

A função linear dos custos variáveis é agora substituída por uma expressão não-linear conforme se representa de seguida:

$$\begin{aligned} \max Z = & \sum_j \left[r_j p_j + ac_j cr_j + r_j cof_j + comp_j - (c_j - \rho_j') - \frac{2\rho_j'}{ar_j} X_j \right] X_j + \\ & + \sum_k \left[r_k p_k + ac_k cr_k + r_k cof_k + comp_k - (c_k - \rho_k') - \frac{2\rho_k'}{ar_k} Y_k \right] Y_k + \\ & + \sum_{sa} U_{sa} ac_{sa} cr_{sa} \end{aligned} \quad (\text{B.14})$$

sujeito a:

$$\sum_j a_{ij} X_j + \sum_k a_{ik} Y_k + \sum_{sa} a_{isa} U_{sa} \leq re_i, \quad \forall j, k, sa \quad [\lambda_i] \quad (\text{B.15})$$

$$\sum_k 0.1(Y_k + U_{sa}) = \sum_{sa} U_{sa}, \quad \forall k, sa \quad [\mu_{sa}] \quad (\text{B.16})$$

$$X_j, Y_k, U_{sa} \geq 0, \quad \forall j, k, sa \quad (\text{B.17})$$

Note-se que se retiram as restrições de calibração e que o modelo não-linear vai reproduzir quase perfeitamente os níveis das actividades observados no ano de referência que serviu de base para a calibração.

ANEXO C – ADAPTAÇÕES DO MODELO

Introdução

Depois de realizada a calibração³³, e para satisfazer os objectivos deste estudo, efectuaram-se algumas adaptações no modelo não-linear MALTe.

Custo da água

A fim de testar as diversas possibilidades de tarifação da água de rega, houve necessidade de introduzir algumas modificações no modelo, em particular na função dos custos variáveis, conforme se apresenta:

$$\begin{aligned} \max Z = & \sum_j \left[r_j p_j + ac_j cr_j + r_j cof_j + comp_j - \left(c_j + \overbrace{h_j ch_j + th_j}^1 - \rho_j \right) - \frac{2\rho_j}{ar_j} X_j \right] X_j + \\ & + \sum_k \left[r_k p_k + ac_k cr_k + r_k cof_k + comp_k - \left(c_k + \overbrace{h_k ch_k + th_k}^2 - \rho_k \right) - \frac{2\rho_k}{ar_k} Y_k \right] Y_k + \\ & + \sum_{sa} U_{sa} ac_{sa} cr_{sa} \end{aligned} \quad (C.1)$$

sujeito a:

$$\sum_j a_{ij} X_j + \sum_k a_{ik} Y_k + \sum_{sa} a_{isa} U_{sa} \leq re_i, \quad \forall j, k, sa \quad [\lambda_i] \quad (C.2)$$

$$\sum_k 0.1(Y_k + U_{sa}) = \sum_{sa} U_{sa}, \quad \forall k, sa \quad [\mu_{sa}] \quad (C.3)$$

$$X_j, Y_k, U_{sa} \geq 0, \quad \forall j, k, sa \quad (C.4)$$

³³ Neste caso a ordem pela qual se realiza a calibração e a posterior modificação/adaptação do modelo não tem qualquer influência no resultado final, já que no ano base o custo da água é igual a zero, não alterando o valor dos custos variáveis. No entanto, antes de fazer a calibração, é necessário ter em atenção a estrutura do modelo de PL inicial de forma a verificar se não serão necessárias novas recalibrações se se efectuar qualquer alteração no modelo.

Neste modelo introduziram-se na função objectivo (equação C.1) as parcelas identificadas por 1 e 2. O índice j representa actividades não sujeitas a pousio obrigatório; o índice k representa actividades sujeitas a pousio obrigatório. h_j representa o consumo de água da actividade j (m^3/ha), ch_j o custo da água consumida pela actividade j ($€/m^3$), th_j a tarifa de regadio aplicada à actividade j ($€/ha$). h_k representa o consumo de água da actividade k (m^3/ha), ch_k o custo da água consumida pela actividade k ($€/m^3$), th_k a tarifa de regadio aplicada à actividade k ($€/ha$). A parcela identificada por 1 acrescenta aos custos variáveis da actividade j os custos da utilização da água de regadio. A parcela identificada por 2 faz o mesmo para a actividade k .

A forma escolhida para estruturar o modelo permite, apesar de não se ter utilizado esta funcionalidade neste estudo, diferenciar os preços da água em função das culturas, já que se opta por introduzir na função objectivo as variáveis ch_j e ch_k , em vez de uma constante obrigatoriamente igual para todas as culturas. Esta particularidade permite testar incentivos ao cultivo de determinadas actividades, em detrimento de outras, por diferenciação dos custos com o regadio.

Para introduzir tarifas escalonadas no consumo da água, com diferentes valores para diferentes consumos, é necessária uma alteração no modelo, conforme se mostra de seguida:

$$\begin{aligned} \max Z = & \sum_j \left[r_j p_j + ac_j cr_j + r_j cof_j + comp_j - \left(c_j + \overbrace{h1_j ch1_j + h2_j ch2_j + h3_j ch3_j}^1 + th_j - \rho_j \right) - \frac{2\rho_j}{ar_j} X_j \right] X_j + \\ & + \sum_k \left[r_k p_k + ac_k cr_k + r_k cof_k + comp_k - \left(c_k + \overbrace{h1_k ch1_k + h2_k ch2_k + h3_k ch3_k}^2 + th_k - \rho_k \right) - \frac{2\rho_k}{ar_k} Y_k \right] Y_k + \\ & + \sum_{sa} U_{sa} ac_{sa} cr_{sa} \end{aligned} \quad (C.5)$$

sujeito a:

$$\sum_j a_{ij} X_j + \sum_k a_{ik} Y_k + \sum_{sa} a_{isa} U_{sa} \leq re_i, \quad \forall j, k, sa \quad [\lambda_i] \quad (C.6)$$

$$\sum_k 0.1(Y_k + U_{sa}) = \sum_{sa} U_{sa}, \quad \forall k, sa \quad [\mu_{sa}] \quad (C.7)$$

$$X_j, Y_k \geq 0, \quad \forall j, k \quad (C.8)$$

$h1_j$, $h2_j$ e $h3_j$ representam os consumos de água (m^3/ha) da cultura j no primeiro, segundo e terceiro escalão de consumo, respectivamente. $ch1_j$, $ch2_j$ e $ch3_j$

representam os preços da água (€/m^3) para a cultura j no primeiro, segundo e terceiro escalão de consumo, respectivamente. $h1_k$, $h2_k$ e $h3_k$ representam os consumos de água (m^3/ha) da cultura k no primeiro, segundo e terceiro escalão de consumo, respectivamente. $ch1_k$, $ch2_k$ e $ch3_k$ representam os preços da água (€/m^3) para a cultura k no primeiro, segundo e terceiro escalão de consumo, respectivamente. Como anteriormente, a parcela identificada por 1 representa os custos da utilização da água de regadio da actividade j . A parcela identificada por 2 faz o mesmo para a actividade k .

Outras variáveis calculadas pelo modelo

O modelo permite, com a adição de algumas equações, calcular um conjunto de variáveis que ajudam a analisar o impacto dos cenários testados neste trabalho. São elas:

- *Consumo total de água*

$$\sum_j h_j X_j + \sum_k h_k Y_k = CTA, \quad \forall j, k \quad (\text{C.9})$$

CTA representa o consumo total de água (m^3) de todas as actividades.

- *Consumo total de água – caso de consumos escalonados*

$$\sum_j (h1_j + h2_j + h3_j) X_j + \sum_k (h1_k + h2_k + h3_k) Y_k = CTA, \quad \forall j, k \quad (\text{C.10})$$

- *Receita da venda da água*

$$\sum_j (h_j ch_j + th_j) X_j + \sum_k (h_k ch_k + th_k) Y_k = RVA, \quad \forall j, k \quad (\text{C.11})$$

RVA representa a receita total obtida pela entidade gestora da utilização da água (€).

- *Receita da venda da água – caso de consumos escalonados*

$$\begin{aligned} & \sum_j (h1_j ch1_j + h2_j ch2_j + h3_j ch3_j + th_j) X_j + \\ & + \sum_k (h1_k ch1_k + h2_k ch2_k + h3_k ch3_k + th_k) Y_k = RVA, \quad \forall j, k \end{aligned} \quad (\text{C.12})$$

- *Total dos subsídios*

$$\sum_j (ac_j cr_j + r_j cof_j + comp_j) X_j + \sum_k (ac_k cr_k + r_k cof_k + comp_k) Y_k + \sum_{sa} (ac_{sa} cr_{sa}) U_{sa} = SUB, \quad \forall j, k, sa \quad (C.13)$$

SUB representa o total dos subsídios atribuídos aos agricultores em resultado das actividades culturais efectuadas (€).

- *Total da mão-de-obra utilizada*

$$\sum_j (m_j) X_j + \sum_k (m_k) Y_k = MDO, \quad \forall j, k \quad (C.14)$$

MDO representa o total da mão-de-obra utilizada para a realização das actividades culturais (dias). m_j representa a mão-de-obra necessária para a cultura j (dias/ha) e m_k a mão-de-obra necessária para a cultura k (dias/ha).

Parâmetros α e β

Foram ainda introduzidas equações que indicam os valores dos parâmetros α e β das diferentes actividades.

- *Parâmetros α e β*

$$c_j - \rho_j = ALFA_j, \quad \forall j \quad (C.19)$$

$$c_k - \rho_k = ALFA_k, \quad \forall k \quad (C.20)$$

$$\frac{2\rho_j}{ar_j} = BETA_j, \quad \forall j \quad (C.21)$$

$$\frac{2\rho_k}{ar_k} = BETA_k, \quad \forall k \quad (C.22)$$

$ALFA_j$ e $ALFA_k$ representam os parâmetros α das actividades j e k , respectivamente. $BETA_j$ e $BETA_k$ representam os parâmetros β das actividades j e k , respectivamente.

Matriz simplificada do modelo PNL-PMP

Como foi referido no Capítulo 4, a apresentação em forma de *tableau* confere uma facilidade de análise da estrutura do modelo. No Quadro C.1 apresenta-se a matriz simplificada do modelo, com algumas adaptações em função da não-linearidade do modelo.

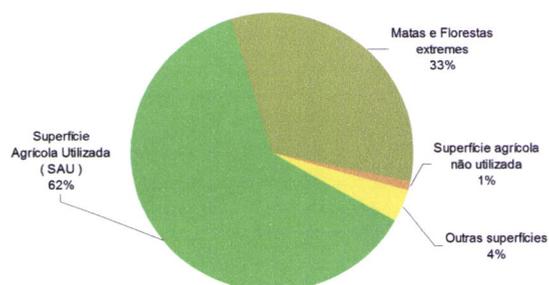
Quadro C.1 – Matriz simplificada do modelo

Actividades Objectivo e Restrições	Culturas não sujeitas a pousio obrigatório X_j			Culturas sujeitas a pousio obrigatório Y_k			Pousio Obrigatório	Sinal da restrição	RHS
	Margem líquida except. subsídios e custo da água	Fracção correspondente aos subsídios	Custo da água de regadio	Margem líquida except. subsídios e custo da água	Fracção correspondente aos subsídios	Custo da água de regadio			
	Função-Objectivo	$r_j p_j - c_j + \rho_j - \frac{2\rho_j}{ar_j}$	$[ac_j cr_j + r_j cof_j + comp_j] - [h_j ch_j + th_j]$		$r_k p_k - c_k + \rho_k - \frac{2\rho_k}{ar_k}$	$[ac_k cr_k + r_k cof_k + comp_k] - [h_k ch_k + th_k]$		$ac_{sa} cr_{sa}$	Maximização
Terra	a_{ij}			a_{ik}			a_{isa}	\leq	$r_i c_i$
Pousio Obrigatório							0.1	=	U_{sa}
Consumo Total de Água		h_j			h_k			=	CTA
Receita da venda da água		$h_j ch_j + th_j$			$h_k ch_k + th_k$			=	RVA
Total dos Subsídios		$ac_j cr_j + r_j cof_j + comp_j$			$ac_k cr_k + r_k cof_k + comp_k$		$ac_{sa} cr_{sa}$	=	SUB
Mão-de-obra total		m_j			m_k			=	MDO

ANEXO D – COMPLEMENTOS À CARACTERIZAÇÃO DA LEZÍRIA DO TEJO

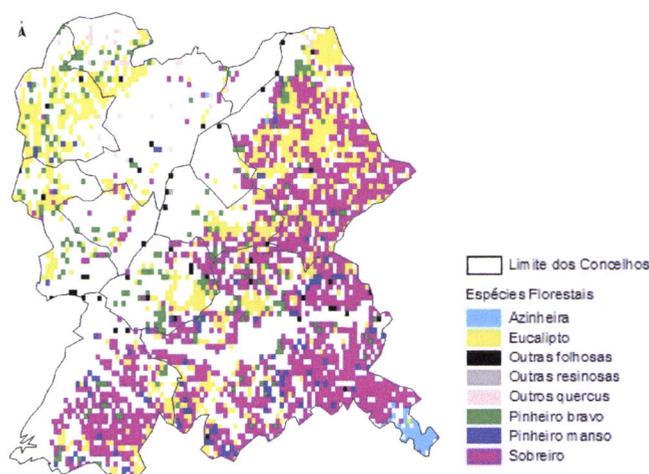
Este anexo apresenta, de forma mais detalhada, alguns aspectos já abordados no Capítulo 2, referente à caracterização da Lezíria do Tejo.

No que diz respeito à ocupação da superfície total de 351 706 ha, a Figura D.1 distingue a área que é superfície agrícola utilizada da área de matas e florestas, bem como da superfície agrícola não utilizada e de outras superfícies (ocupadas nas explorações por construções, habitações, áreas comuns, caminhos, etc.). De referir que, apesar da predominância da agricultura nesta região, as matas e florestas (essencialmente montados de sobreiros no sub-território *Charneca* e plantações de eucaliptos na sub-território *Bairro*, conforme se constata na Figura D.2) representam um terço da superfície total das explorações agrícolas da Lezíria do Tejo.



Fonte: INE (2001)

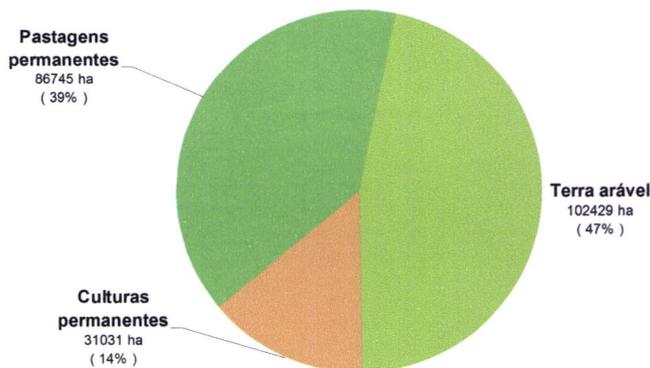
Figura D.1 – Ocupação da superfície total das explorações agrícolas da Lezíria do Tejo.



Fonte: DGRF (s.d.).

Figura D.2 – Distribuição das espécies florestais na Lezíria do Tejo.

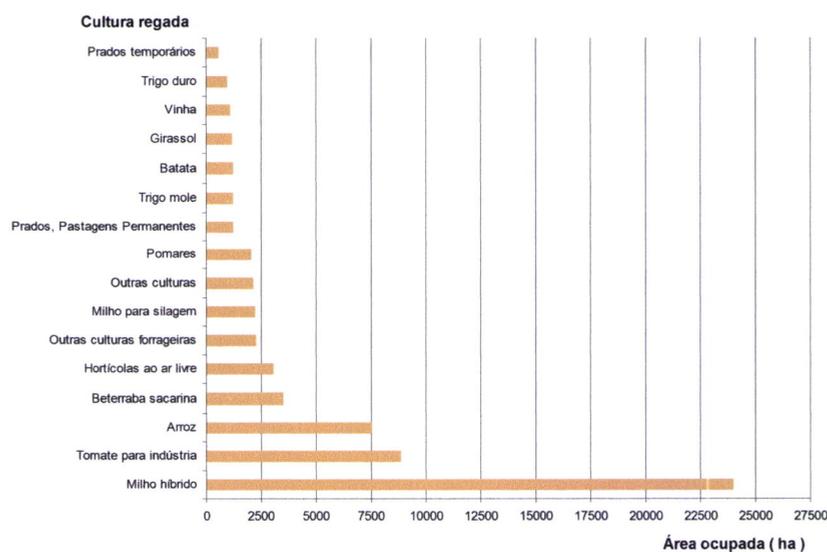
A SAU tem uma ocupação conforme a Figura D.3.



Fonte: INE (2001).

Figura D.3 – Ocupação da superfície agrícola utilizada.

Em relação às culturas regadas estas ocuparam, segundo INE (2001) uma área de 63 161 ha (73,5% dos 85 979 ha de superfície irrigável disponível), encontrando-se distribuídas conforme a Figura D.4.



Fonte: INE (2001).

Figura D.4 – Culturas regadas na Lezíria do Tejo.

Três culturas distinguem-se das outras pela área que ocupam: o milho, o tomate para a indústria e o arroz. As boas condições edáfo-climáticas associadas às disponibilidades hídricas abundantes e a incentivos económicos interessantes tornaram a cultura do milho como a preferida dos agricultores desta região, sendo cultivada, não raras vezes, de forma contínua nos mesmos terrenos, não havendo qualquer rotação. O tomate é o principal produto hortícola da Lezíria do Tejo, sendo a maior parte da cultura

destinada à transformação (concentrado), aproveitando a existência de unidades transformadoras na região (Azambuja, Benavente e Rio Maior). O grau de profissionalização e especialização dos agricultores que praticam esta cultura é muito elevado. O arroz é uma cultura tradicional da Lezíria do Tejo, aproveitando os terrenos facilmente inundáveis e já estruturados para a cultura do arroz. Também neste caso a especialização dos agricultores é elevada, associada a uma longa experiência de realização da cultura.

Das outras culturas destaca-se a beterraba sacarina, cultura que surgiu como potencial substituta do milho nas rotações culturais, tal como sucede nas explorações agrícolas da maioria dos países europeus, e que se tem afirmado na região, em parte impulsionada pela presença de uma unidade local de transformação da beterraba (em Coruche) em açúcar branco, melaço e polpa de beterraba (para alimentação animal). As hortícolas ao ar livre, com particular relevância para o pimento, o melão e as couves (bróculos, couve-flor) também são um grupo com relativa importância dentro das culturas regadas da região.

Em relação às culturas que foram objecto deste estudo, a área que ocupam nos concelhos da Lezíria do Tejo é apresentada no Quadro D.1.

Quadro D.1 – Superfície ocupada pelas culturas regadas objecto do estudo nos concelhos da Lezíria do Tejo.

<i>Nut III</i>	<i>Concelho</i>	<i>Trigo mole</i>	<i>Trigo duro</i>	<i>Milho híbrido</i>	<i>Batata</i>	<i>Beterraba sacarina</i>	<i>Girassol</i>	<i>Tomate para indústria</i>	<i>Hortícolas ao ar livre</i>
		<i>(ha)</i>	<i>(ha)</i>	<i>(ha)</i>	<i>(ha)</i>	<i>(ha)</i>	<i>(ha)</i>	<i>(ha)</i>	<i>(ha)</i>
	Lezíria do Tejo	1 227	968	23 975	1 211	3 496	1 190	8 846	3 076
	Almeirim	...	...	719	21	120	39	1 261	450
	Alpiarça	55	...	1 558	8	233	...	805	576
	Azambuja	131	-	1 806	6	92	169	586	114
	Benavente	197	522	2 911	371	371	322	1 104	307
	Cartaxo	60	58	1 251	6	279	74	853	198
	Chamusca	101	31	1 773	45	173	...	374	169
	Coruche	...	...	4 475	64	356	324	1 512	189
	Golegã	...	...	3 142	162	453	...	162	214
	Rio Maior	34	32	482	20	22	-	476	72
	Salvaterra de Magos	...	...	2 061	501	87	33	986	444
	Santarém	609	226	3 797	7	1 310	204	727	343

Fonte: INE (2001).

Se se tiver em conta que o número médio de blocos com SAU por exploração é de 3,26, é possível estabelecer a área média ocupada pelas culturas objecto do estudo nos blocos das explorações. Estes valores encontram-se apresentados no Quadro D.2.

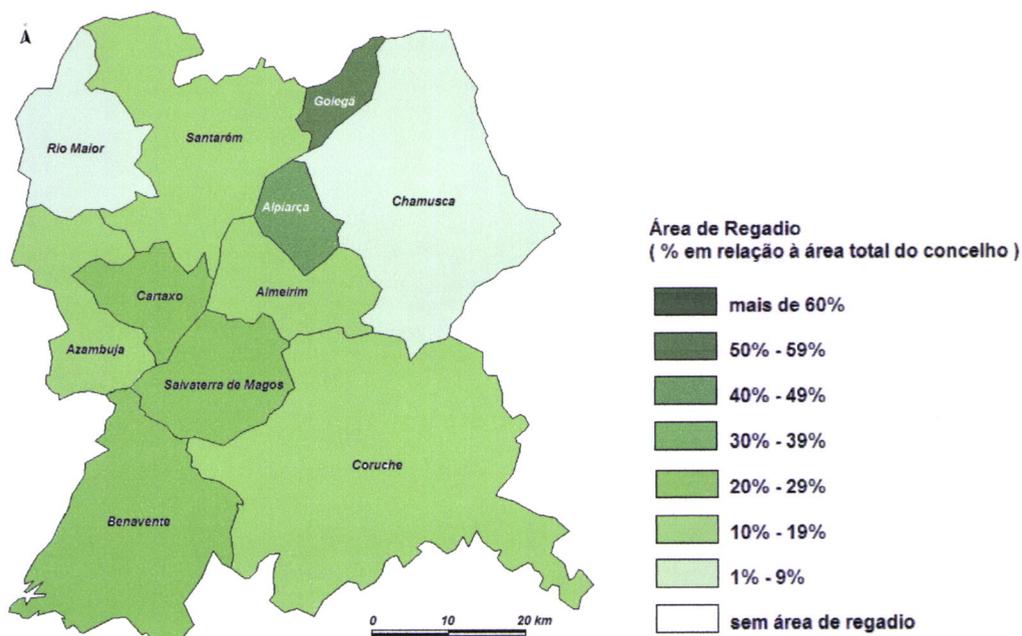
Quadro D.2 – Área média das culturas por bloco de exploração.

Cultura	Área total (ha)	N.º de explorações	N.º de blocos	Área média / bloco (ha)
Trigo mole	1 227	106	346	3,55
Trigo duro	968	56	183	5,30
Milho	23 975	2 108	6 872	3,49
Girassol	1 190	124	404	2,94
Tomate	8 846	1 253	4 085	2,17
Beterraba	3 496	248	808	4,32
Batata	1 211	636	2 073	0,58
Hortícolas	3 076	1 320	4 303	0,71

Fonte: INE (2001).

Os blocos culturais são, regra geral, de dimensão média superior aos dois hectares, à excepção da batata e das hortícolas (com dimensão média inferior a um hectare), podendo indicar tanto um menor grau de profissionalização como um maior risco associado à realização destas duas últimas culturas.

Quanto à área total de regadio nos concelhos da Lezíria do Tejo, quase todos, à excepção da Chamusca e de Rio Maior, apresentam percentagens de superfícies de regadio (em relação à área total do concelho) superiores a 10%, conforme se pode constatar pela Figura D.5.

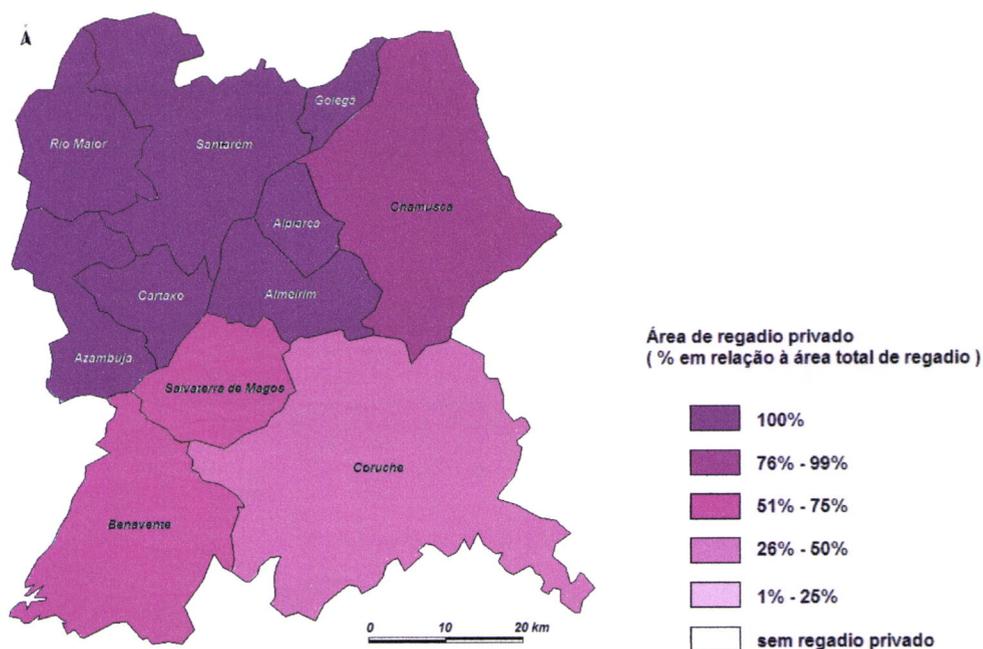


Fonte: IDRHA (s.d.); CULT (s.d.); INE (2001).

Figura D.5 – O Regadio na Lezíria do Tejo.

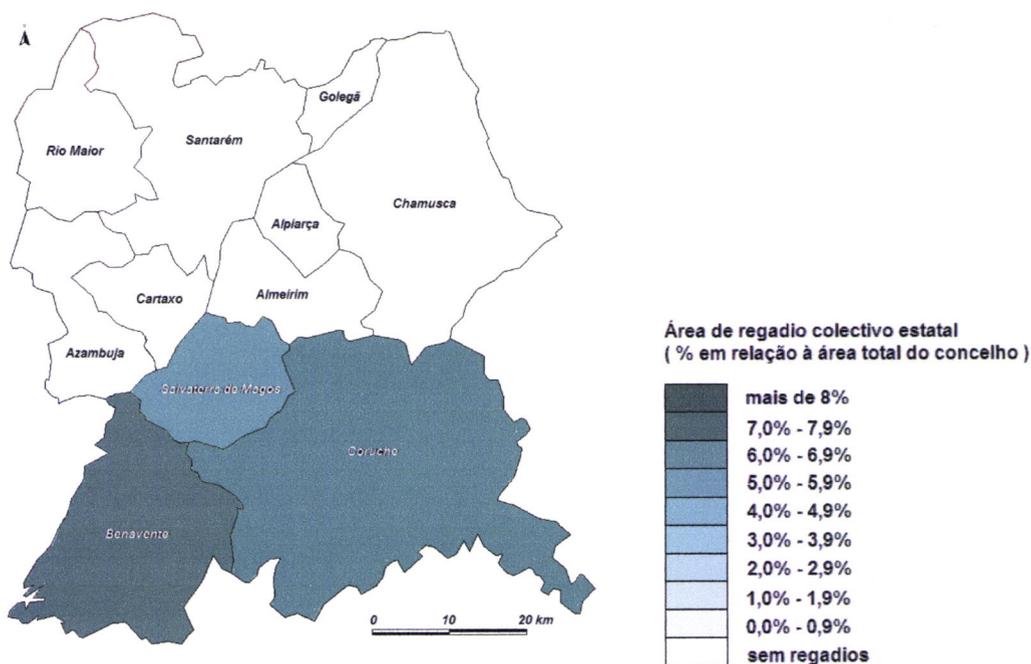
Como já foi referido anteriormente, a maioria das áreas regadas são-no a partir de regadios privados, com captações ou pequenas charcas na exploração. As

excepções são o regadio do Vale do Sorraia (estatal) e o de Ulme e Chamusca (tradicional). As Figuras D.6, D.7 e D.8 reflectem essas realidades.



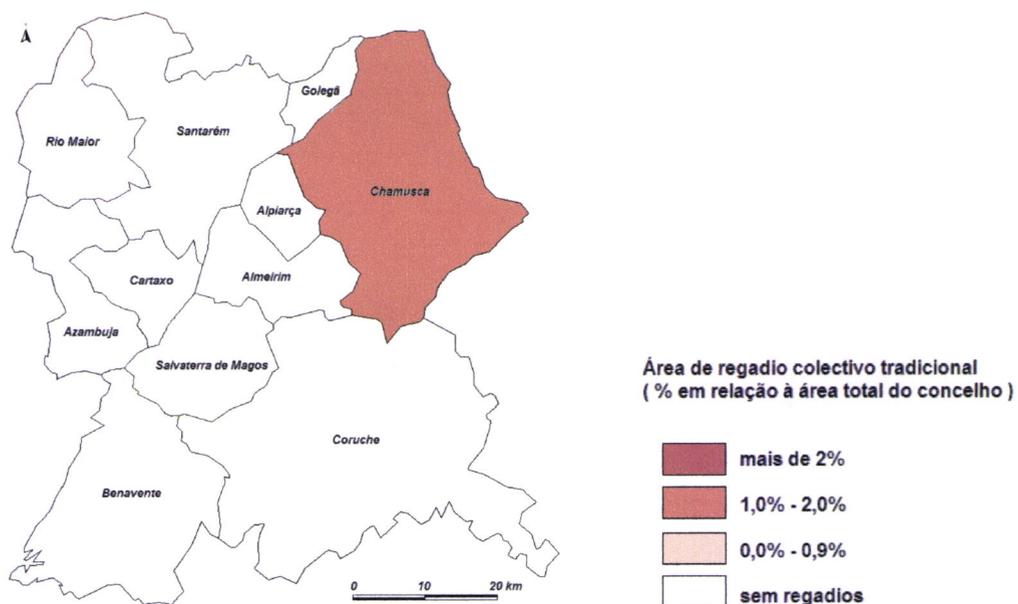
Fonte: ARBVS (s.d); IDRHA (s.d.); INE (2001).

Figura D.6 – O Regadio Privado na Lezíria do Tejo.



Fonte: IDRHA (s.d); INE (2001); CULT (s.d.).

Figura D.7 – O Regadio Colectivo Estatal na Lezíria do Tejo.



Fonte: IDRHA (s.d); INE (2001); CULT (s.d).

Figura D.8 – O Regadio Colectivo Tradicional na Lezíria do Tejo.

ANEXO E – DADOS

Introdução

Os modelos de programação matemática são, regra geral, muito exigentes em termos de dados. A PMP tem a vantagem, entre outras já referidas anteriormente, de necessitar de um conjunto de dados não muito extenso, conseguindo reproduzir de forma correcta a realidade apoiando-se numa relativamente reduzida base de dados.

Apresenta-se um conjunto de quadros que compilam e organizam os dados recolhidos para a construção do modelo, bem como os necessários à realização deste trabalho. As fontes consultadas para a sua realização encontram-se indicadas em cada quadro, sendo a sua apresentação e estruturação da responsabilidade do autor.

Dados relativos à ocupação cultural na Lezíria do Tejo

Os quadros seguintes apresentam a área ocupada pelas culturas regadas na área irrigável da Lezíria do Tejo, assim como a sua distribuição, por concelho pertencente a esta região.

Quadro E.1 – Culturas regadas da Lezíria do Tejo.

<i>Cultura regada</i>	<i>Número de explorações</i>	<i>Área regada (ha)</i>
Trigo mole	106	1 227
Trigo duro	56	968
Milho híbrido	2 108	23 975
Milho regional	169	375
Arroz	240	7 563
Milho para silagem	173	2 225
Milharada	24	19
Outras culturas forrageiras	284	2 273
Prados temporários	60	572
Batata (exc. horta familiar)	636	1 211
Beterraba sacarina	248	3 496
Girassol	124	1 190
Tomate para indústria	1 253	8 846
Hortícolas (ar livre)	1 320	3 076
Prados e pastagens permanentes	131	1 242
Pomares (excepto citrinos)	1 158	1 087
Citrinos	1 906	975
Vinha (uva de mesa)	66	142
Vinha (vinho)	486	945
Olival	124	507
Outras (exc. horta familiar)	264	1 247

Fonte: INE (2001).

Quadro E.2 – Área de regadio na Lezíria do Tejo.

<i>Concelho</i>	<i>Área do concelho (ha)</i>	<i>Área de regadio</i>							
		<i>Total</i>		<i>Estatais</i>		<i>Tradicionais</i>		<i>Privados</i>	
		<i>(ha)</i>	<i>(% conc.)</i>	<i>(ha)</i>	<i>(% conc.)</i>	<i>(ha)</i>	<i>(% conc.)</i>	<i>(ha)</i>	<i>(% conc.)</i>
Almeirim	22 210	3 925	17,7	0	0	0	0	3 925	17,7
Alpiarça	9 540	4 026	42,2	0	0	0	0	4 026	42,2
Azambuja	26 165	3 968	15,2	0	0	0	0	3 968	15,2
Benavente	52 150	11 818	22,6	4 132	7,9	0	0	7 679	14,7
Cartaxo	15 820	3 288	20,8	0	0	0	0	3 288	20,8
Chamusca	74 600	4 812	6,5	0	0	772	1,0	4 040	5,4
Coruche	112 020	11 926	10,6	7 702	6,9	0	0	4 224	3,8
Golegã	7 660	4 241	55,4	0	0	0	0	4 241	55,4
Rio Maior	27 280	1 555	5,7	0	0	0	0	1 555	5,7
S. Magos	24 200	5 451	22,5	1 359	5,6	0	0	4 092	16,9
Santarém	56 030	8 158	14,6	0	0	0	0	8 158	14,6

Fonte: INE (2001); ARBVS (s.d.); CULT (s.d.); IDRHA (s.d.).

Quadro E.3 – Regadios na Lezíria do Tejo.

Concelho	Área de regadio							
	Total		Estatais		Tradicionais		Privados	
	(ha)	(%)	(ha)	(% do total)	(ha)	(% do total)	(ha)	(% do total)
Almeirim	3 925	100,0	0	0	0	0	3 925	100,0
Alpiarça	4 026	100,0	0	0	0	0	4 026	100,0
Azambuja	3 968	100,0	0	0	0	0	3 968	100,0
Benavente	11 811	100,0	4 132	34,5	0	0	7 679	65,5
Cartaxo	3 288	100,0	0	0	0	0	3 288	100,0
Chamusca	4 812	100,0	0	0	772	16,0	4 040	84,0
Coruche	11 926	100,0	7 702	64,6	0	0	4 224	35,4
Golegã	4 241	100,0	0	0	0	0	4 241	100,0
Rio Maior	1 555	100,0	0	0	0	0	1 555	100,0
S. Magos	5 451	100,0	1 359	24,9	0	0	4 092	75,1
Santarém	8 158	100,0	0	0	0	0	8 158	100,0

Fonte: INE (2001); ARBVS (s.d.); IDRHA (s.d.).

Dados relativos à caracterização geral agrícola da Lezíria do Tejo

Neste ponto apresentam-se os dados relativos à natureza das explorações (jurídica, de forma de exploração, tipo de exploração e ocupação da terra) e à população afectada à agricultura nesta região.

Quadro E.4 – Dados gerais da caracterização da Lezíria do Tejo.

<i>DADOS</i>	<i>Número de Explorações</i>	<i>Valor</i>
Explorações	15 153	351 706 ha
Natureza jurídica da exploração - Produtor singular autónomo	13 082	84 617 ha
Natureza jurídica da exploração - Produtor singular empresário	1 474	86 311 ha
Natureza jurídica da exploração – Sociedades	559	170 039 ha
Natureza jurídica da exploração - Estado e pessoas públicas	16	8 370 ha
Natureza jurídica da exploração – Outras	22	2 369 ha
Superfície agrícola utilizada (SAU)	14 868	220 205 ha
Superfície agrícola utilizada (SAU) - Por conta própria	14 147	155 724 ha
Superfície agrícola utilizada (SAU) – Arrendamento	1 655	44 822 ha
Superfície agrícola utilizada (SAU) - Outras formas	896	19 659 ha
Matas e florestas sem cult. Sob-coberto	4 386	114 795 ha
Superfície agrícola não utilizada	1 602	3 014 ha
Outras superfícies	13 611	13 692 ha
SAU por exploração	-	14,53 ha/expl.
Blocos com SAU por exploração	-	3,26 /expl.
Superfície irrigável	7 507	85 979 ha
População agrícola	-	39 422

Fonte: INE (2001).

Quadro E.5 – Caracterização do capital humano (produtor singular autónomo).

<i>PRODUTOR AGRÍCOLA SINGULAR</i>	<i>Nº de Indivíduos</i>	<i>%</i>
Produtores	14 556	
Sexo: Homens	12 175	83,6%
Sexo: Mulheres	2 381	16,4%
Idade: <25	93	0,6%
Idade: 25 a <40 anos	1 252	8,6%
Idade: 40 a <55 anos	3 744	25,7%
Idade: 55 a <65 anos	4 085	28,1%
Idade: >=65 anos	5 382	37,0%
Nível de instrução - Nenhum	3 832	26,3%
Nível de instrução - Básico	9 699	66,6%
Nível de instrução - Secundário	535	3,7%
Nível de instrução - Superior	490	3,4%
Tempo de trabalho agrícola, >0 a <50%	9 087	62,4%
Tempo de trabalho agrícola, >=50% a <100%	3 672	25,2%
Tempo de trabalho agrícola, Tempo completo	1 797	12,3%
Actividade exterior remunerada - Principal	5 332	
Actividade exterior remunerada - Secundária	266	

Fonte: INE (2001).

Quadro E.6 – Ocupação da terra na Lezíria do Tejo.

	Lezíria do Tejo	Almetrim	Alpiarça	Azambuja	Benavente	Cartaxo	Chamusca	Coruche	Golegã	Rio Maior	Subvaterra de Magos	Santarém
Superfície Total	351 706	14 795	11 812	15 479	46 106	9 150	94 146	87 452	7 051	14 543	14 018	37 154
Superfície Agrícola Utilizada (SAU)	220 209	9 224	9 669	11 317	36 668	8 075	22 131	67 464	5 584	7 820	11 370	30 887
Terra arável	102 429	3 939	4 159	7 288	19 959	4 836	6 046	21 974	4 593	4 509	7 197	17 929
Terra arável limpa	89 537	3 938	4 151	6 416	14 952	4 763	6 008	15 281	4 567	4 499	7 154	17 808
Culturas temporárias	76 519	3 268	3 760	5 218	13 932	3 861	5 314	13 405	4 298	2 766	6 240	14 457
Pousio (com e sem ajuda)	12 132	586	348	1 129	982	876	650	1 746	265	1 550	850	3 150
Horta familiar	890	83	42	68	40	28	44	128	4	181	64	208
Culturas sob-coberto matas e florestas	12 894	...	8	873	5 008	72	40	6 692	...	10	43	121
Culturas temporárias	8 606	-	...	871	1 569	70	37	5 880	...	...	...	110
Pousio (com e sem ajuda)	4 289	...	...	...	3 438	...	...	813	...	8	...	11
Culturas permanentes	31 031	4 408	2 354	3 405	441	2 420	1 468	1 536	351	2 925	699	11 024
Sem culturas sob-coberto	25 126	4 399	2 351	3 235	419	2 369	1 420	1 450	261	2 163	696	6 363
Com culturas temporárias	2 693	...	-	33	6	36	29	9	83	255	2	2 239
Com pousio (com e sem ajuda)	2 120	...	-	4	-	...	...	...	...	415	-	1 689
Com horta familiar	74	4	2	6	3	1	6	...	...	10	-	35
Com pastagens permanentes	1 020	...	...	126	12	12	11	68	...	86	-	699
Pastagens permanentes	86 745	877	3 157	623	16 266	818	14 617	43 954	640	384	3 476	1 933
Em terra limpa	11 217	773	809	446	3 167	370	1 166	2 440	285	272	413	1 076
Sob-coberto de matas e florestas	75 533	...	2 348	176	13 101	448	13 449	41 516	...	113	3 064	858
Matas e florestas sem culturas sob-coberto	114 794	4 134	1 558	3 147	8 177	645	68 045	15 208	1 323	5 866	1 965	4 726
Superfície Agrícola não utilizada	3 019	35	14	656	71	158	358	224	11	479	130	883
Outras superfícies	13 687	1 399	571	359	1 190	274	3 611	4 556	134	380	551	662

Fonte: INE (2001).

Dados relativos às contas de cultura das actividades

Os Quadros E.7 e E.8 apresentam um resumo dos dados relativos aos custos variáveis das diferentes actividades (em 1999 e 2005), à produção média esperada de cada actividade, e à utilização de mão-de-obra e de fitofármacos e adubos em cada cultura.

Quadro E.7 – Resumo das contas de cultura das actividades (1999).

Actividade	Custos variáveis ^{a)}		Produção (ton/ha)	Uso de mão-de-obra (dias/ha)	Consumo de pesticidas ^{b)} (unidades/ha)	Consumo de adubos		
	(€/ha)	(£/ha)				Azotados (kg/ha)	Fosfatados (kg/ha)	Potássicos (kg/ha)
Trigo mole e duro	641,34		6,0	0,73	4,6	61,5	16,8	21,0
Milho	1 097,12		10,0	0,59	7,7	157,8	89,25	45,0
Girassol	533,97		3,0	0,59	0,0	14,2	81,63	31,2
Beterraba	1 430,98		60,0	1,07	9,1	104,8	69,85	84,75
Tomate	2 815,20		70,0	3,32	10,2	160,2	50,52	123,3
Batata	2 440,36		45,0	31,75 ^{c)}	13,6	144,7	66,15	88,5
Hortícolas	1 932,95		30,0	31,75 ^{c)}	9,3	142,0	56,25	88,5

Fonte: Agricultores.

Notas:

- a) Os custos variáveis foram calculados a partir de contas de cultura de 2005, assumindo uma variação média anual dos preços da mão-de-obra de 2%, dos materiais de 1,5% e dos combustíveis de 3%. Os valores indicados são a preços correntes.
- b) O consumo de pesticidas é meramente indicativo da quantidade de fitofármacos utilizados, não tendo em conta a toxicidade inerente aos diferentes tipos de produtos. As unidades estão expressas em quilos e/ou litros.
- c) A quantidade de mão-de-obra utilizada pelas actividades batata e hortícolas deve-se, essencialmente, à colheita manual realizada na maioria das explorações que têm estas culturas, dado que a área média por bloco de exploração é relativamente baixa (Quadro D.2 – Anexo D). Só em casos excepcionais (grandes extensões de batata com contratos com fábricas de transformação) é que a colheita é mecânica.

Quadro E.8 – Resumo das contas de cultura das actividades (2005).

Actividade	Consumo de pesticidas ^{a)}							Consumo de adubos	
	Custos variáveis (€/ha)	Produção (ton/ha)	Uso de mão-de-obra (dias/ha)	Consumo de pesticidas ^{a)} (unidades/ha)	Azotados (kg/ha)	Fosfatados (kg/ha)	Potássicos (kg/ha)		
Trigo mole e duro	705,43	6,0	0,73	4,6	61,5	16,8	21,0		
Milho	1 203,11	10,0	0,59	7,7	157,8	89,25	45,0		
Girassol	587,23	3,0	0,59	0,0	14,2	81,63	31,2		
Beterraba	1 567,98	60,0	1,07	9,1	104,8	69,85	84,75		
Tomate	3 086,26	70,0	3,32	10,2	160,2	50,52	123,3		
Batata	2 697,32	45,0	31,75 ^{b)}	13,6	144,7	66,15	88,5		
Hortícolas	2 142,06	30,0	31,75 ^{b)}	9,3	142,0	56,25	88,5		

Fonte: Agricultores.

Notas:

- a) O consumo de pesticidas é meramente indicativo da quantidade de fitofármacos utilizados, não tendo em conta a toxicidade inerente aos diferentes tipos de produtos. As unidades estão expressas em quilos e/ou litros.
- b) A quantidade de mão-de-obra utilizada pelas actividades batata e hortícolas deve-se, essencialmente, à colheita manual realizada na maioria das explorações que têm estas culturas, dado que a área média por bloco de exploração é relativamente baixa (Quadro D.2 – Anexo D). Só em casos excepcionais (grandes extensões de batata com contratos com fábricas de transformação) é que a colheita é mecânica.

Dados relativos às ajudas

O Quadro E.9 resume os montantes das ajudas em vigor na campanha de comercialização 1999/2000, para as culturas em estudo.

Para o cálculo da ajuda compensatória por hectare (calculada pelo produto do valor da ajuda compensatória por tonelada com a classe de rendimento dos solos) utilizaram-se os dados apresentados nos Quadros E.10 e E.11. Como o estudo se baseia em dados agregados relativos à totalidade da Lezíria do Tejo, e apesar de se verificarem algumas variações quanto à classe de rendimento nessa região, optou-se por introduzir no modelo os dados da classe de rendimento relativos à maioria dos concelhos, conforme o Quadro E.11.

O montante das ajudas da campanha de comercialização 2005/2006 apresenta-se no Quadro E.12.

O Quadro E.13 apresenta a classe de rendimento para a região para o cálculo do pagamento do pousio.

Quadro E.9 – Montante das ajudas (campanha de comercialização 1999/2000).

<i>Produtos</i>	<i>Ajuda Compensatória (€/ton)</i>	<i>Ajuda co-financiada (€/ton)</i>	<i>Ajuda complementar (€/ha)</i>
Trigo mole	54,32	53,00	-
Trigo duro	54,32	-	344,50
Milho	54,32	24,95	-
Girassol	94,22	-	-
Pousio obrigatório	81,45	-	-
Pousio não obrigatório	68,83	-	-
Beterraba sacarina	-	5,99	-

Fonte: AAR (1998a).

Quadro E.10 – Classes de rendimento de acordo com o Plano de regionalização (1999).

Concelho	Freguesia	Classe de rendimento (ton/ha)			
		Sequeiro	Regadio		
			Milho	Outros cereais	Oleaginosas e Pousio
Almeirim	Almeirim* e Benfica do Ribatejo*	1,10	7,00	3,80	5,05
	Fazendas de Almeirim e Raposa	1,10	7,00	3,80	5,05
Alpiarça	Alpiarça*	1,10	7,00	3,80	5,05
Azambuja	Aveiras de Baixo*, Azambuja* e Vila Nova da Rainha*	2,05	7,00	3,80	5,05
	Restantes freguesias	2,05	7,00	3,80	5,05
Benavente	Benavente*, Samora Correia* e Barrosa*	1,10	7,00	3,80	5,05
	Santo Estevão	1,10	7,00	3,80	5,05
Cartaxo	Cartaxo*, Vila Chã de Ourique* e Vale da Pedra*	2,05	7,00	3,80	5,05
	Valada	3,20	8,80	4,60	6,95
	Restantes freguesias	2,05	7,00	3,80	5,05
Chamusca	Chamusca*, Pinheiro Grande*, Vale de Cavalos* e Carregueira*	1,10	7,00	3,80	5,05
	Restantes freguesias	1,10	7,00	3,80	5,05
Coruche	Coruche*, Fajarda* e Biscainho*	1,10	7,00	3,80	5,05
	Restantes freguesias	1,10	7,00	3,80	5,05
Golegã	Todas as freguesias	3,20	8,80	4,60	6,95
Rio Maior	Azambujeira*	2,05	7,00	3,80	5,05
	Restantes freguesias	2,05	7,00	3,80	5,05
Salvaterra de Magos	Muge*, Salvaterra de Magos* e Foros de Salvaterra*	1,10	7,00	3,80	5,05
	Restantes freguesias	1,10	7,00	3,80	5,05
Santarém	Alcanhões*, Marvila*, Póvoa da Isenta*, Santa Iria da Ribeira*, São Nicolau*, São Salvador*, São Vicente do Paúl*, Vale Figueira*, Vale de Santarém* e Várzea*	2,60	7,00	3,80	5,05
	Pombalinho	3,20	8,80	4,60	6,95
	Almoster*, Moçarria* e restantes freguesias	2,05	7,00	3,80	5,05

NOTA: as freguesias assinaladas com * apresentam, numa parte do seu território, as seguintes classes de rendimento: em sequeiro, 3,2 ton/ha; em regadio, 8,80 ton/ha para o milho; em regadio, 4,60 ton/ha para outros cereais; em regadio, 6,95 ton/ha para pousio e oleaginosas.

Fonte: AAR (1998).

Quadro E.11 – Classes de rendimento considerado para o modelo.

Classe de rendimento (ton/ha) – Regadio		
Milho	Outros cereais	Oleaginosas e Pousio
7,00	3,80	5,05

Fonte: AAR (1998).

Quadro E.12 – Montante das ajudas (campanha de comercialização 2005/2006).

<i>Produtos</i>	<i>Ajuda</i>			
	<i>Pagamento complementar à comercialização (€/ton)</i>	<i>Pagamento complementar (€/ton)</i>	<i>Prémio específico à qualidade (€/ha)</i>	<i>Ajuda às culturas energéticas (€/ha)</i>
Trigo mole	6,7	-	-	-
Trigo duro	-	-	40	-
Girassol	6,7	-	-	45
Milho	6,7	-	-	45
Tomate	34,5	-	-	-
Beterraba	4,16	-	-	-
Batata	-	-	-	-
Hortícolas	-	-	-	-
Pousio	-	50	-	-

Fonte: IFAP (s.d.); AAR (2003).

Quadro E.13 – Classes de rendimento para pagamento complementar.

<i>Classe de rendimento (ton/ha) – Regadio</i>		
<i>Milho</i>	<i>Outros cereais</i>	<i>Oleaginosas e Pousio</i>
7,00	3,80	5,05

Fonte: AAR (1998).

Dados relativos aos preços dos produtos

O Quadro E.14 apresenta os preços dos produtos vegetais pagos ao agricultor, nos anos 1999 e 2005, a preços correntes.

Quadro E.14 – Preços dos produtos vegetais no agricultor (1999 e 2005).

Produtos	Preço pago à produção (€/ton)	
	Ano 1999	Ano 2005
Trigo mole	124,7	137,3
Trigo duro	142,2	137,8
Girassol	209,5	183,2
Milho	129,7	142,2
Tomate	100,0	45,0
Beterraba	47,2	47,79
Batata	194,05 ^{a)}	174,6 ^{b)}
Hortícolas	400,0 ^{a)}	512,9 ^{b)}

Fonte: Eurostat (s.d.), excepto: ^{a)} Agricultores e ^{b)} INE (2006)

Dados relativos à irrigação

Os dados relativos às necessidades de rega das culturas foram obtidos a partir da utilização do CropWat 4 Windows 4.3. Este programa, desenvolvido pela Land and Water Development Division da FAO, é um sistema de suporte à decisão, através do desenvolvimento e gestão de esquemas de irrigação.

Os cálculos são suportados por dados (inseridos pelo utilizador) relativos às variáveis climáticas da região (calculando a evapotranspiração de referência das culturas pelo método Penman-Monteith), relativos ao solo e por critérios de decisão definidos pelo utilizador quanto à oportunidade da rega.

Os esquemas de rega foram depois comparados com as indicações sugeridas na literatura referentes às necessidades de rega das culturas nesta região, procedendo-se a pequenos ajustamentos quando necessário.

Quadro E.15 – Esquema de rega das culturas.

Cultura	Regas (data; mm)																			Total (mm)	Eficácia de campo (%)	Total necessário (mm)	Valor assumido (m³/ha)
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª				
Trigo mole e trigo duro	15-3	25-3	5-4	12-4	19-4	26-4	3-5	10-5	17-5	24-5	1-6	8-6	-	-	-	-	-	-	-	260	75	346,7	3450
Milho	23	19	20	20	16	23	26	23	24	22	24	20	-	-	-	-	-	-	-	563	75	750,7	7500
Girassol	27-4	24-5	6-6	12-6	18-6	24-6	1-7	6-7	12-7	18-7	24-7	2-8	10-8	18-8	26-8	-	-	-	-	353	75	470,7	4700
Tomate	10	38	45	30	29	36	36	40	41	42	41	50	50	44	31	-	-	-	-	479	96	499	5000
Beterraba	1-5	1-6	13-6	25-6	6-7	18-7	30-7	11-8	25-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115	75	153,3	1500
Batata	5	43	49	49	50	44	46	48	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	299	75	398,7	4000
Hortícolas	10-4	20-4	7-5	24-5	1-6	7-6	13-6	19-6	25-6	1-7	7-7	13-7	19-7	25-7	1-8	-	-	-	-	550	96	572,9	5730
	19	8	25	40	31	29	36	33	36	37	39	41	41	35	29	-	-	-	-				
	20-3	4-4	18-4	2-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	24	23	26	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	20-4	7-5	24-5	1-6	13-6	25-6	1-7	7-7	13-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	19	24	39	31	36	36	36	39	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	12-4	24-4	6-5	16-5	26-5	6-6	16-6	21-6	26-6	1-7	6-7	11-7	16-7	21-7	26-7	2-8	8-8	14-8	20-8				
	23	12	18	21	27	33	40	27	27	27	30	30	32	32	31	36	35	35	34				

Fonte: cálculos do CropWat 4 Windows 4.3

Quadro E.16 – Necessidades de rega das culturas – valores indicativos, valores calculados e valores assumidos para o modelo.

Cultura	Valores indicativos (m³/ha)	Valores calculados CropWat 4 Windows 4.3 (m³/ha)	Valores assumidos para o modelo (m³/ha)
Trigo mole e Trigo duro	3 500 (Alentejo)	3 467	3 450
Milho	7 080	7 507	7 500
Girassol	6 120 (Alentejo)	4 707	4 700
Tomate	5 900	4 990	5 000
Beterraba	1 380	1 533	1 500
Batata	6 160	3 987	4 000
Hortícolas	3 300 (Alentejo)	5 729	5 730
	5 940		

Fonte: cálculos do CropWat 4 Windows 4.3; IDRHA(a) (s.d.); SILVA (2001).

Quadro E.17 – Escalões de consumo de água de rega das culturas.

<i>Cultura</i>	<i>Consumo de água</i>		
	<i>1º escalão (m³)</i>	<i>2º escalão (m³)</i>	<i>3º escalão (m³)</i>
Trigo mole e Trigo duro	3 000	450	0
Milho	3 000	2 000	2 500
Girassol	3 000	1 700	0
Tomate	3 000	2 000	0
Beterraba	1 500	0	0
Batata	3 000	1 000	0
Hortícolas	3 000	2 000	730

Fonte: elaboração do autor.

Dados relativos à calibração do modelo

Os dados relativos à calibração do modelo encontram-se listados nos quadros seguintes.

O Quadro E.18 apresenta a solução das variáveis do modelo de programação linear primal, bem como o preço-sombra das restrições de calibração (ρ).

No Quadro E.19 apresenta-se o valor de arrendamento da terra (o recurso limitante) observado na região, que permite calcular o preço-sombra modificado das restrições de calibração (Quadro E.20), de acordo com o que foi apresentado no Capítulo 4.

Quadro E.18 – Solução do modelo de programação linear.

<i>Variável</i>	<i>Nível</i> <i>(ha)</i>	<i>Limite superior</i> <i>(ha)</i>	<i>Preço-sombra (ρ)</i> <i>(€)</i>
Terra	47 029,000	47 029,000	554,439
Trigo mole	1 227,010	1 227,010	60,935
Trigo duro	968,010	968,010	192,435
Milho	23 975,010	23 975,010	568,579
Girassol	1 189,937	1 190,010	-
Tomate	8 846,010	8 846,010	3 630,361
Beterraba	3 496,010	3 496,010	1 205,981
Batata	1 211,010	1 211,010	5 737,451
Hortícolas	3 076,010	3 076,010	3 076,010
Pousio	3 039,993	3 039,993	-

Fonte: cálculos do modelo.

Quadro E.19 – Renda observada do recurso limitante – terra.

<i>Recurso limitante</i>	<i>Preço de arrendamento observado (1999)</i> <i>(€/ha)</i>
Terra	450

Fonte: Agricultores.

Quadro E.20 – Preço-sombra modificado (ρ').

<i>Variável</i>	<i>Preço-sombra (ρ)</i> <i>(€)</i>	<i>Fracção δ</i>	<i>Preço-sombra</i> <i>modificado (ρ')</i> <i>(€)</i>
Trigo mole	60,935	0,188369	165,374
Trigo duro	192,435	0,188369	296,874
Milho	568,579	0,188369	673,018
Girassol	-	0,188369	104,439
Tomate	3 630,361	0,188369	3 734,80
Beterraba	1 205,981	0,188369	1 310,42
Batata	5 737,451	0,188369	5 841,89
Hortícolas	3 512,611	0,188369	3 617,05

Fonte: cálculos do modelo.

ANEXO F – RESULTADOS

Introdução

Neste anexo apresentam-se os resultados das simulações efectuadas, dos quais foram extraídos os mais importantes para a apresentação feita no Capítulo 5.

Resultados Gerais

Quadro F.1 – Área ocupada pelas actividades em 1999 e 2005.

<i>Actividade</i>	<i>Ano</i>	
	<i>1999</i>	<i>2005</i>
Batata	1 211	1 140
Beterraba	3 496	3 814
Tomate	8 846	7 358
Hortícolas	3 076	3 899
Trigo mole	1 227	1 306
Trigo duro	968	858
Milho	23 975	23 685
Girassol	1 190	911
Pousio	3 040	2 973
Transf.p/sequeiro	0	1 085

Fonte: resultados do modelo.

Resultados da utilização de tarifas volumétricas fixas

Quadro F.2 – Área ocupada pelas atividades para diferentes tarifas volumétricas fixas.

Atividades	Tarifa volumétrica fixa (cêntimos/m ³)																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Batata	1 140	1 136	1 132	1 128	1 123	1 120	1 115	1 111	1 107	1 103	1 099	1 095	1 091	1 086	1 082	1 078	1 074	1 070	1 066	1 062	1 057
Beterraba	3 814	3 794	3 774	3 754	3 734	3 714	3 694	3 674	3 654	3 634	3 614	3 594	3 574	3 554	3 534	3 514	3 494	3 474	3 454	3 434	3 414
Tomate	7 358	7 299	7 240	7 181	7 122	7 062	7 003	6 944	6 885	6 826	6 766	6 707	6 648	6 589	6 530	6 470	6 411	6 352	6 293	6 233	6 174
Hortícolas	3 899	3 874	3 850	3 825	3 801	3 777	3 752	3 728	3 704	3 679	3 655	3 631	3 606	3 582	3 557	3 533	3 509	3 484	3 460	3 436	3 411
Trigo mole	1 306	1 178	1 050	922	794	666	538	410	282	154	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trigo duro	858	802	746	689	633	577	521	465	408	352	296	240	183	127	71	15	0	0	0	0	0
Milho	23 685	22 349	21 313	19 977	18 641	17 006	15 969	14 633	13 297	11 962	10 326	9 290	7 954	6 618	5 282	3 647	2 610	1 275	0	0	0
Girassol	911	644	376	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pousio	2 973	2 774	2 609	2 410	2 230	2 027	1 892	1 723	1 554	1 385	1 183	1 059	904	749	595	407	290	143	0	0	0
Transf.p/seqreiro	0	2 094	3 854	5 950	7 866	9 995	11 460	13 256	15 053	16 849	18 979	20 328	21 984	23 639	25 293	27 280	28 556	30 146	31 671	31 779	31 888

Fonte: resultados do modelo.

Quadro F.3 – Valores das variáveis em estudo para diferentes tarifas volumétricas fixas.

Variável	Unidade	Tarifa volumétrica fixa (cêntimos/m ³)																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Consumo água	hm ³	258,8	246,41	234,01	221,62	209,97	198,83	187,7	176,56	165,42	154,29	143,15	132,36	121,67	110,97	100,28	89,583	79,031	68,53	60,733	60,25	59,768
Receita da água	x10 ⁶ €	0	2,4641	4,6802	6,6485	8,3988	9,9417	11,262	12,359	13,234	13,886	14,315	14,56	14,6	14,427	14,039	13,438	12,645	11,65	10,932	11,448	11,954
Mão-de-obra	x10 ³ dias	204,9	202,38	200,18	197,97	195,86	193,82	191,77	189,73	187,68	185,64	183,59	181,62	179,67	177,71	175,76	173,81	171,89	169,97	168,28	167,15	166,03
Subsídios	x10 ⁶ €	22,624	22,232	21,839	21,446	21,068	20,7	20,333	19,965	19,597	19,229	18,861	18,5	18,141	17,782	17,423	17,064	16,71	16,357	16,059	15,911	15,763
Margem bruta	x10 ⁶ €	68,735	66,209	63,807	61,529	59,373	57,328	55,396	53,575	51,865	50,266	48,779	47,402	46,132	44,968	43,912	42,963	42,119	41,382	40,746	40,141	39,541
Margem bruta	€/ha	1 496	1 441	1 389	1 339	1 292	1 248	1 206	1 166	1 129	1 094	1 062	1 032	1 004	979	956	935	917	901	887	874	861
VBTS	x10 ⁶ €	0,000	-0,062	-0,248	-0,557	-0,963	-1,465	-2,077	-2,801	-3,636	-4,583	-5,641	-6,773	-8,003	-9,340	-10,784	-12,334	-13,971	-15,703	-17,057	-17,146	-17,240

Fonte: resultados do modelo.

Resultados da utilização de tarifas volumétricas variáveis

Quadro F.4 – Área ocupada pelas atividades para diferentes tarifas volumétricas variáveis.

Atividades	Tarifa volumétrica variável – 1º escalão-2º escalão-3º escalão (cêntimos/m³)													
	0-0-0	1-2-3	2-4-6	3-6-9	4-8-12	5-10-15	6-12-18	7-14-21	8-16-24	9-18-27	10-20-30			
Batata	1 140	1 132	1 124	1 115	1 107	1 099	1 091	1 082	1 074	1 066	1 057			
Beterraba	3 814	3 794	3 774	3 754	3 734	3 714	3 694	3 674	3 654	3 634	3 614			
Tomate	7 358	7 205	7 051	6 897	6 743	6 589	6 435	6 281	6 127	5 973	5 819			
Hortícolas	3 899	3 843	3 788	3 733	3 677	3 622	3 567	3 512	3 456	3 401	3 346			
Trigo mole	1 306	1 161	1 016	872	727	582	437	293	148	4	0			
Trigo duro	858	795	731	668	604	540	477	413	350	286	223			
Milho	23 685	21 102	18 520	15 937	13 354	10 772	8 189	5 606	3 024	441	0			
Girassol	911	547	182	0	0	0	0	0	0	0	0			
Set-aside	2 973	2 623	2 272	1 942	1 632	1 321	1 011	701	391	81	25			
Transf.sequeiro	0	3 742	7 486	11 026	14 366	17 705	21 043	24 382	27 720	31 058	31 860			

Fonte: resultados do modelo.

Quadro F.5 – Valores das variáveis em estudo para diferentes tarifas volumétricas variáveis.

Variável	Unidade	Tarifa volumétrica variável – 1º escalão-2º escalão-3º escalão (cêntimos/m³)													
		0-0-0	1-2-3	2-4-6	3-6-9	4-8-12	5-10-15	6-12-18	7-14-21	8-16-24	9-18-27	10-20-30			
Consumo água	hm³	258,8	235,85	212,9	190,8	169,57	148,33	127,09	105,85	84,612	63,374	58,684			
Receita da água	x10⁶€	0	4,1421	7,4393	9,9264	11,638	12,552	12,668	11,984	10,503	8,2233	8,3056			
Mão-de-obra	x10³ dias	204,9	200,14	195,7	191,37	187,14	182,91	178,69	174,46	170,23	166,01	163,15			
Subsídios	x10⁶€	22,624	21,8	20,977	20,17	19,38	18,59	17,8	17,01	16,22	15,431	14,979			
Margem bruta	x10⁶€	68,735	63,763	59,226	55,119	51,426	48,144	45,273	42,812	40,762	39,123	37,764			
Margem bruta	€/ha	1 496	1 388	1 289	1 200	1 119	1 048	985	932	887	852	822			
VBTS	x10⁶€	0,000	-0,830	-2,070	-3,690	-5,671	-8,039	-10,794	-13,939	-17,470	-21,389	-22,665			

Fonte: resultados do modelo.

Resultados da utilização de tarifas fixas por superfície

Quadro F.6 – Área ocupada pelas actividades para diferentes tarifas fixas por superfície.

Actividade	Tarifa fixa por superfície (€/ha)																				
	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Batata	1 140	1 135	1 130	1 125	1 120	1 115	1 110	1 105	1 100	1 095	1 090	1 085	1 080	1 075	1 070	1 065	1 060	1 055	1 050	1 045	1 040
Beterraba	3 814	3 748	3 681	3 614	3 547	3 480	3 413	3 346	3 279	3 212	3 145	3 078	3 011	2 944	2 877	2 810	2 743	2 676	2 609	2 542	2 475
Tomate	7 358	7 299	7 240	7 181	7 122	7 063	7 004	6 945	6 886	6 827	6 768	6 709	6 650	6 591	6 532	6 473	6 414	6 355	6 296	6 237	6 178
Hortícolas	3 899	3 877	3 856	3 835	3 813	3 791	3 769	3 747	3 725	3 703	3 681	3 659	3 637	3 615	3 593	3 571	3 549	3 527	3 505	3 483	3 461
Trigo mole	1 306	1 120	934	749	564	379	194	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trigo duro	858	777	695	614	532	450	368	286	204	122	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Milho	23 685	23 094	22 203	21 313	20 422	19 531	18 640	17 749	16 858	15 967	15 076	14 185	13 294	12 403	11 512	10 621	9 730	8 839	7 948	7 057	6 166
Girassol	911	626	342	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pousio	2 973	2 846	2 687	2 526	2 391	2 262	2 133	2 005	1 896	1 788	1 680	1 576	1 477	1 378	1 279	1 181	1 082	983	884	785	686
Transf.p/sequeiro	0	1 422	3 176	4 930	6 433	7 873	9 313	10 752	11 996	13 230	14 464	15 652	16 795	17 938	19 081	20 223	21 366	22 509	23 652	24 795	25 938

Fonte: resultados do modelo.

Quadro F.7 – Valores das variáveis em estudo para diferentes tarifas fixas por superfície.

Variável	Unidade	Tarifa fixa por superfície (€/ha)																				
		0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
Consumo água	hm ³	258,8	251,6	242,09	232,61	224,21	216,07	207,93	199,79	192,26	184,76	177,27	169,9	162,68	155,46	148,24	141,03	133,81	126,59	119,37	112,15	104,94
Receita da água	x10 ⁶ €	0	2,08	4,0082	5,7731	7,4241	8,9526	10,35	11,617	12,823	13,92	14,905	15,798	16,608	17,315	17,916	18,414	18,807	19,096	19,281	19,361	19,337
Mão-de-obra	x10 ³ dias	204,9	202,77	200,77	198,77	196,91	195,08	193,26	191,43	189,73	188,04	186,35	184,68	183,05	181,42	179,78	178,15	176,52	174,88	173,25	171,62	169,99
Subsídios	x10 ⁶ €	22,624	22,326	21,982	21,637	21,314	20,996	20,679	20,361	20,055	19,75	19,445	19,144	18,848	18,551	18,255	17,959	17,662	17,366	17,07	16,773	16,477
Margem bruta	x10 ⁶ €	68,735	67,012	64,968	63,004	61,115	59,291	57,534	55,841	54,21	52,635	51,117	49,654	48,244	46,886	45,58	44,326	43,125	41,976	40,878	39,833	38,84
Margem bruta	€/ha	1 496	1 459	1 414	1 371	1 330	1 291	1 252	1 215	1 180	1 146	1 113	1 081	1 050	1 021	992	965	939	914	890	867	845
VBTS	x10 ⁶ €	0,000	0,357	0,241	0,042	-0,196	-0,491	-0,851	-1,277	-1,702	-2,180	-2,713	-3,283	-3,883	-4,534	-5,239	-5,995	-6,803	-7,663	-8,576	-9,541	-10,558

Fonte: resultados do modelo.