

**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia**

**Mestrado em Engenharia Zootécnica**

Dissertação

**Caracterização do modo de produção biológico e seu efeito  
na qualidade de carcaça e da carne de suínos**

Lourenço Maia Sanches Laginha

Orientador(es) | José Manuel Martins

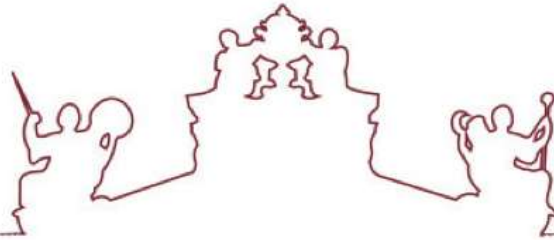
Évora 2022

---

---

---

---



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia**

**Mestrado em Engenharia Zootécnica**

Dissertação

**Caracterização do modo de produção biológico e seu efeito  
na qualidade de carcaça e da carne de suínos**

**Lourenço Maia Sanches Laginha**

Orientador(es) | José Manuel Martins

Évora 2022

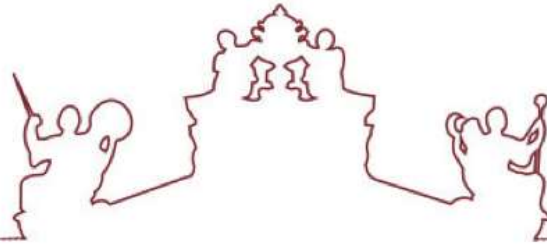
---

---

---

---

---



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Fernando Paulo Marques (Universidade de Évora)

Vogais | José Alberto Neves (Universidade de Évora) (Arguente)  
José Manuel Martins (Universidade de Évora) (Orientador)





## **Agradecimentos**

Ao Professor Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins pela orientação, pela disponibilidade e flexibilidade, assim como o conhecimento técnico e científico transmitidos.

Ao Professor Doutor José Alberto Feijão Macedo Neves e à D. Margarida Romão pela ajuda, disponibilidade e atenção durante o período experimental no laboratório de Nutrição e Metabolismo da Universidade de Évora.

Ao meu amigo e colega de trabalho David Silva, sem ele este trabalho não teria sido possível.

À minha namorada, que sempre me aturou durante o meu percurso no mestrado e que tanto me apoio e ajudou naquilo que estava ao seu alcance.

Aos meus amigos de infância e da universidade, pela amizade.

A toda a minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão, pela união pelo apoio incondicional e por estarem sempre presentes.

## Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de um sistema de produção em modo biológico nas características de carcaça e peças de talho, assim como na composição química, perfil de ácidos gordos e características de qualidade tecnológica do músculo *Longissimus lumborum* (LL) de suínos fêmeas e machos castrados, abatidos a uma média de 120 kg peso vivo (PV). O ensaio teve uma duração de cerca de quatro meses, correspondendo ao período de engorda dos animais. Os animais do ensaio estavam inseridos num grupo maior, do qual foram selecionados 16 animais, 8 machos castrados e 8 fêmeas, levando em consideração o seu PV. Os animais selecionados foram posteriormente divididos em dois grupos distintos (n=8) de acordo com o seu sexo. O grupo das fêmeas (F) foi abatido com um PV final ligeiramente superior ao grupo dos machos castrados (MC), o que se traduziu num peso de carcaça e rendimento superiores. No entanto, os valores para a relação de peças magras/peças gordas foram significativamente superiores ( $P < 0,001$ ) no grupo MC, o que pode representar uma vantagem do ponto de vista económico. Quanto à composição química, foi detetada uma tendência para os níveis de lípidos intramusculares serem superiores no grupo F. O teor de colagénio total foi superior no grupo MC, para além de apresentar uma menor proporção de colagénio solúvel. A análise ao perfil de ácidos gordos (AG) do músculo LL revelou uma composição mais desejável no grupo dos MC, com um maior teor em AG polinsaturados (POLI) e uma melhor relação de POLI/AG saturados, para além de índices de saturação e trombogénicos mais baixos. Os resultados deste ensaio foram ainda comparados a resultados obtidos por outros autores em estudos realizados no âmbito da qualidade da carne de porco produzida em modo de produção biológico.

**Palavras-chave:** Sistemas de produção animal; Produção em modo biológico; Produção de suínos ao ar livre; Qualidade de carcaça; Qualidade da carne.

## **Title: Characterization of organic production and its effect on pig carcass and meat quality**

### **Abstract**

The present study aimed to evaluate the effects of an organic pig production system on carcass and meat cuts characteristics, as well as on the chemical composition, fatty acid profile and technological quality characteristics of the *Longissimus Lumborum* (LL) muscle of female and castrated male pigs, slaughtered at 120 kg of bodyweight (BW). The trial had an approximate duration of four months, corresponding to the pig's fattening period. The tested animals were raised in a larger group of pigs, of which 16 animals were selected, 8 castrated males and 8 gilts, based on their BW. The selected animals were later divided into two different groups (n=8), according to their gender. The female (F) group was slaughtered with a slightly higher final BW than the castrated males (CM), which led to a higher hot carcass weight and carcass yield. Nonetheless, the relation of lean cuts/fat cuts were significantly higher ( $P<0,001$ ) on the CM group. This could be an interesting advantage, from an economic point of view. As for the chemical composition, the F group revealed higher values of intramuscular lipids. The collagen content was greater on the CM group, which also presented a higher insoluble collagen portion. The fatty acid (FA) profile analysis of the LL muscle revealed a more desirable composition on the CM group, with a higher polyunsaturated (POLI) FA and a better POLI/saturated FA ratio, besides lower saturation and thrombogenic indexes. The results of this trial were also compared to results obtained by other authors in studies carried out in the scope of organically produced pork and its quality.

**Keywords:** Animal production systems; Organic production; Outdoor pig production; Carcass quality; Meat quality.



## Índice

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>IV</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>V</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>VI</b>
<b>Índice.....</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de tabelas .....</b>	<b>X</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>XI</b>
<b>Índice de Abreviaturas .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>Revisão bibliográfica .....</b>	<b>4</b>
1. A agricultura biológica ou modo de produção biológico .....	4
1.1. O modo de produção biológico – Legislação .....	6
2. Modo biológico aplicado à produção de suínos .....	10
2.1. Regras Gerais .....	10
2.2. Regras específicas .....	12
3. A produção e o consumo da carne de suíno .....	17
4. A produção de suínos em modo biológico .....	19
5. O tecido muscular esquelético .....	20
5.1. Composição química e histológica do tecido muscular esquelético .....	21
5.2. Estrutura e funções da musculatura esquelética .....	22
5.3. A conversão do tecido muscular em carne .....	23
6. O tecido adiposo .....	24
6.1. Estrutura e composição.....	24
6.2. Lípidos do tecido adiposo subcutâneo .....	25

6.3.	Lípidos do tecido muscular .....	25
6.4.	Atividade metabólica do tecido adiposo .....	26
7.	O tecido conjuntivo .....	27
7.1.	Estrutura e composição .....	27
7.2.	Atividade metabólica e solubilidade do colagénio .....	28
<b>Materiais e métodos .....</b>		<b>29</b>
1.	Caracterização do sistema de produção .....	29
1.1.	Localização da exploração .....	30
1.2.	A genética e origem dos animais .....	31
1.3.	Manejo dos animais .....	32
1.4.	Alimentação e abeberamento dos animais .....	34
1.5.	Alojamento dos animais .....	39
1.6.	Período pré-abate .....	40
2.	Desenho experimental .....	42
3.	Rendimento das carcaças .....	42
4.	Classificação das carcaças .....	43
5.	Colheita e processamento das amostras .....	44
6.	Procedimentos analíticos .....	45
6.1.	Perdas por gotejamento .....	45
6.2.	pH .....	46
6.3.	Cor .....	46
6.4.	Pigmentos totais .....	47
6.5.	Matéria Seca .....	48
6.6.	Cinzas totais .....	49

6.7. Colagénio Total .....	50
6.8. Colagénio Solúvel .....	51
6.9. Proteína Total.....	51
6.10. Lípidos Totais e perfil dos ácidos gordos .....	52
7. Análise estatística.....	53
<b>Resultados.....</b>	<b>54</b>
1. Efeito do modo de produção biológico na performance zootécnica e nas características das carcaças.....	54
1.1. Parâmetros zootécnicos e características das carcaças e peças de talho....	54
2. Efeito do modo de produção biológico na composição química e nas características de qualidade da carne, no músculo <i>Longissimus lumborum</i> .....	57
2.1. Composição química .....	57
2.2. pH, perda de água por gotejamento e cor .....	58
2.3. Perfil em ácidos gordos .....	59
<b>Discussão.....</b>	<b>61</b>
1. Efeito do modo de produção biológico sobre a performance zootécnica.....	61
2. Efeito do modo de produção biológico nas características e rendimento de carcaça e peças de talho .....	63
3. Efeito do modo de produção biológico na composição química do tecido muscular	65
4. Efeito do modo de produção biológico nas características tecnológicas da carne	67
5. Conclusões Finais .....	70
<b>Bibliografia .....</b>	<b>XV</b>

## Índice de tabelas

Tabela 1: Superfícies mínimas das áreas interiores e exteriores de alojamentos para suínos em modo de produção biológico.....	14
Tabela 2: Número máximo de animais por hectare em modo de produção biológico..	15
Tabela 3: Consumo mundial de carne por tipo (kg per capita, equivalente a peso de carcaça). .....	19
Tabela 4:Ingredientes e composição química das rações consumidas pelos animais do ensaio .....	35
Tabela 5: Classificação SEUROP .....	43
Tabela 6:Parâmetros zootécnicos e características das carcaças e peças de fêmeas (F) e machos castrados (MC) suínos1 criados em modo biológico dos 30 aos 120 kg PV .....	56
Tabela 7:Composição química do músculo Longissimus lumborum de fêmeas (F) e machos castrados (MC) suínos1 criados em modo de produção biológico dos 30 aos 120 kg PV.....	57
Tabela 8:pH, perda de água por gotejamento e cor do músculo Longissimus lumborum de fêmeas (F) e machos castrados (MC) suínos1 criados em modo de produção biológico dos 30 aos 120 kg PV.....	58
Tabela 9: Perfil em ácidos gordos (%) do músculo Longissimus lumborum de fêmeas (F) e machos castrados (MC) suínos1 criados em modo biológico dos 30 aos 120 kg PV...	60

## Índice de figuras

Figura 1: Logotipo da UE para identificação do modo de produção biológico. ....	9
Figura 2: Número de porcos por km <sup>2</sup> em 2010. ....	18
Figura 3: Estrutura de um músculo esquelético.....	22
Figura 4: Produção de suínos em modo de produção biológico e num sistema extensivo .....	30
Figura 5: Suínos em ensaio em parques ao ar livre. ....	31
Figura 6: Leitões a utilizar o comedouro ao ar livre .....	33
Figura 7: Vacinação dos leitões .....	33
Figura 8: Comedouro para suínos nos parques de engorda .....	37
Figura 9: Reabastecimento dos comedouros.....	37
Figura 10: Suínos em pastoreio .....	38
Figura 11: Charcas usadas para os suínos regularem a temperatura corporal durante o verão .....	39
Figura 12: Abrigo para suínos, existente nos parques de engorda .....	40
Figura 13: Curral para contenção de suínos.....	41
Figura 14: Sala de desmancha do matadouro.....	44
Figura 15: Preparação da amostra para doseamento das perdas por gotejamento (“drip loss”) .....	45
Figura 16: Medição do pH .....	46
Figura 17: Medição da cor com um Minolta C400 .....	47

Figura 18: Espaço de cor CIELAB.....	47
Figura 19: Determinação dos pigmentos totais .....	48
Figura 20: Determinação das cinzas totais em mufla .....	49
Figura 21: Determinação do colagénio total – adição de carbono ativado para posterior filtragem .....	50
Figura 22: Determinação do colagénio solúvel- fase de centrifugação e recolha do sobrenadante.....	51
Figura 23: Determinação da Proteína Total – estimativa da percentagem de azoto total pela técnica de combustão de Dumas, com recurso ao aparelho Leco FP – 528 .....	52

## Índice de Abreviaturas

- AG - Ácidos gordos
- AOAC - Association of Official Agricultural Chemists
- ATF - Área transversal da fibra muscular
- ATP - Adenosina Trifosfato
- CE - Comissão Europeia
- CEE - Comunidade Económica Europeia
- CIE - Commission Internationale de l'Éclairage
- FAO - Food and Agriculture Organization
- GMD - Ganho médio diário
- IV - Ingestão voluntária
- IC - Índice de conversão
- LL - *Longissimus lumborum*
- NP - Norma portuguesa
- NTF - Número total de fibras
- MONO – Ácidos gordos monoinsaturados
- OGM - Organismo geneticamente modificado
- PAC - Política Agrícola Comum
- PCQ - Peso de carcaça quente
- PSE - Pálida, mole e exsudativa (“pale, soft and exsudative”)
- POLI - Ácidos gordos polinsaturados
- PV - Peso vivo
- SAT - Ácidos gordos saturados
- UE - União Europeia

## Introdução

Após a 2ª guerra mundial, a suinicultura europeia foi marcada por um forte processo de industrialização, concentração e especialização, alicerçado no melhoramento genético dos animais, no recurso a alimentos compostos e no controle das condições de exploração. Num contexto produtivo marcado pela intensificação, os sistemas tradicionais de produção de suínos, característicos das regiões do sul da Europa, foram progressivamente marginalizados face à necessidade de obter crescentes incrementos de produtividade (Casabianca, 1996). Segundo Freitas (1998), em Portugal, a partir do final dos anos 50 e até ao início da década de 90 assistiu-se por um lado à diminuição dos efetivos de porco alentejano e ao abandono do sistema de montanha e por outro ao desenvolvimento da suinicultura intensiva baseada na utilização de raças melhoradas, na utilização massiva de alimentos compostos e no avultado investimento em instalações.

A partir de 1987, em França, na Holanda e na Alemanha, sobretudo nas regiões onde a produção suína tradicional tinha perdido importância face à suinicultura intensiva, assistiu-se a um incremento de sistemas de produção alternativos, como os porcos «label», «fermier», «biologic», «lourd» e «traditionnel». Estes sistemas, baseados no *saber fazer tradicional* e em genótipos locais, tinham em vista a salvaguarda dos interesses dos produtores destas regiões desfavorecidas, o fornecimento de um produto de qualidade comprovada e uma melhor imagem do processo produtivo (Nunes, 1987; Gandemer *et al.*, 1990). Este interesse pela extensificação da produção acentuou-se na década de noventa, fruto da atitude dos consumidores face aos produtos animais, das restrições impostas no quadro de uma maior consciencialização ambiental e do bem-estar animal e das implicações da reforma da Política Agrícola Comum (PAC), implementada em Maio de 1992 (Freitas, 2014).

Apesar dos padrões de consumo de carne flutuarem bastante em diferentes países, de acordo com a oferta e procura ao longo do tempo, tornado-se difícil comparações entre países, o consumo de carne sempre foi considerado um aspeto elementar da dieta do ser humano. Todavia, os padrões de consumo de carne estão a sofrer alterações,



estando estas alterações associadas ao estilo de vida dos consumidores e devendo-se em grande parte ao aumento dos seus interesses por questões como a saúde, a conveniência dos produtos, a variedade de produtos e até mesmo a presença de uma “história” que ligue o produto a problemas éticos ou ambientais (Grunert, 2006).

Relativamente a este último aspeto, é de notar um aumento da preocupação por parte dos cidadãos europeus no que diz respeito às consequências éticas da produção animal intensiva, como o aparecimento de resíduos de antibióticos ou hormonas em produtos cárnicos, do aumento dos níveis de OGM’s (organismos geneticamente modificados) nos produtos alimentares, assim como a preocupação pelo bem-estar animal dos animais de produção (European Commission, 2006). Um estudo conduzido por Verbeke *et al.* (2010), em que centenas de cidadãos europeus de diferentes géneros e faixas etárias, de 5 países distintos e com diferentes padrões de consumo, foram questionados quanto às suas atitudes em relação a certos aspetos da produção de suínos, mostrou que em geral as pessoas atribuíram maior importância a aspetos associados ao bem-estar animal, proteção ambiental, ou a intensificação da produção como critério para definirem se as práticas de produção de suínos eram “boas” ou “más”.

Dadas estas tendências, surge o modo de produção biológico desenvolvido e aplicado pela Comissão Europeia em 2007 ao abrigo do Regulamento (CE) nº834/2007 que será substituído em Janeiro de 2022 pelo Regulamento já existente (Regulamento (UE) nº848/2018).

O modo de produção biológico é visto pela Comissão Europeia como uma ferramenta que responde ao aumento das exigências sociais por alimentos de qualidade produzidos com elevados padrões ambientais, de biodiversidade e bem-estar animal. Desta forma, a União Europeia (UE) lançou um plano de ação que tem como objetivo atingir a marca de 25% da superfície agrícola da UE dedicada ao modo de produção biológico até 2030, e assentam em três pilares: fomentar o consumo mantendo a confiança dos consumidores, aumentar a produção e desenvolver a sustentabilidade do setor (European Commission, 2021).

Como resposta a este estímulo, sistemas de produção de suínos alternativos que providenciam novas soluções para questões de bem-estar animal e problemas ambientais, começam a surgir. Com a aparecimento destes novos sistemas de produção mais sustentáveis, surge a questão do seu impacto ao nível da qualidade do produto final, nomeadamente na qualidade nutricional da carne fresca e nos seus atributos sensoriais, bem como nas suas características tecnológicas (a sua aptidão para posterior processamento).

Vários estudos sobre o efeito e influência de diferentes sistemas de produção, incluindo sistemas de produção ao abrigo do modo de produção biológico europeu, na qualidade final da carne de porco, revelam resultados distintos e por vezes contraditórios entre si (Olsson & Pickova, 2005; Lebret, 2007; Edwards, 2005; Hansen *et al.*, 2006). Este trabalho tem como finalidade contribuir para a caracterização do modo de produção biológico aplicado num sistema alternativo de engorda de suínos em Portugal, e averiguar qual o seu efeito na qualidade de carcaça e da carne proveniente de machos castrados e fêmeas.

## Revisão bibliográfica

### 1. A agricultura biológica ou modo de produção biológico

A agricultura biológica é caracterizada como sendo um sistema de produção que sustém a sanidade dos solos, ecossistemas e pessoas. Baseia-se em processos ecológicos, biodiversidade e ciclos adaptados às condições locais, em vez da utilização de fatores de produção com efeitos adversos. Este modo de produção combina tradição, inovação e ciência para beneficiar o ambiente partilhado e promover relações justas e uma boa qualidade de vida para todos os intervenientes (IFOAM, 2008).

O modo de produção biológico é um sistema global de gestão das explorações agrícolas e de produção de géneros alimentícios que combina as melhores práticas em matéria ambiental e climática, um elevado nível de biodiversidade, a preservação dos recursos naturais e a aplicação de normas exigentes em matéria de bem-estar dos animais e em matéria de produção, em sintonia com a procura por parte de um número crescente de consumidores de produtos produzidos através da utilização de substâncias e processos naturais. A produção biológica desempenha, assim, uma dupla função social: por um lado, abastece um mercado específico que responde à procura de produtos biológicos por parte dos consumidores, e por outro, fornece bens disponíveis para o público em geral que contribuem para a proteção do ambiente e do bem-estar dos animais, bem como para o desenvolvimento rural (DGADR, 2021).

O conceito que conhecemos hoje em dia como “agricultura biológica” (ou “organic farming”) é uma amalgama de ideias diferentes, oriundas principalmente de países de língua Inglesa e Alemã. Estas ideias surgiram no fim do século XIX, em especial com o aprofundar do conhecimento da ciência agrícola orientada biologicamente, as intenções de reformas e interesse nos sistemas agrícolas do Médio-Oriente (Vogt, 2007).

É apenas na década de 1980, com o aumento da atenção para o problema de uma crise ambiental e outros impactos do pós-guerra que a agricultura biológica atraiu um interesse amplo de diferentes sociedades, desde consumidores a ativistas, legisladores e agricultores. As estratégias liderantes propunham o uso sustentável da terra,

renúncia de fertilizantes artificiais e pesticidas sintéticos para melhorar a qualidade ambiental e dos alimentos e, por último, conceitos de bem-estar e manejo animal apropriados (Stolze & Lampkin, 2009).

Segundo o Regulamento (CE) nº 834/2007 relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, o modo de produção biológico assenta em princípios gerais, tais como:

- A conceção e gestão adequadas de processos biológicos baseados em sistemas ecológicos que utilizem recursos naturais internos ao sistema através de métodos que empreguem organismos vivos (...) que pratiquem o cultivo de vegetais e produção animal adequados ao solo e excluam a utilização de organismos geneticamente modificados OGM e de produtos obtidos a partir de OGM ou mediante OGM, com exceção dos medicamentos veterinários;
- Restrição da utilização de fatores de produção externos. Quando estes forem necessários, devem ser provenientes de produção biológica, ser substâncias naturais ou derivados de substâncias naturais;
- Estrita limitação de fatores de produção de síntese química.

O modo de produção biológico é também regido por princípios específicos, no que diz respeito à produção animal, nomeadamente:

- A manutenção e reforço da vida dos solos, da sua fertilidade natural e biodiversidade, prevenção e luta contra a sua compactação e erosão, bem como alimentação das plantas essencialmente através do ecossistema dos solos;
- O incentivo à reciclagem e valorização de subprodutos de origem animal e vegetal como fatores de produção, potenciando práticas de economia circular;
- A preservação da saúde animal através da estimulação das defesas imunológicas naturais do animal, bem como da seleção de raças adaptadas ao local e ao solo, e de práticas de criação adequadas;
- A obtenção de produtos animais biológicos a partir de animais que sejam criados em explorações biológicas desde o nascimento e ao longo de toda a sua vida;

- A alimentação dos animais com alimentos biológicos para animais compostos por ingredientes provenientes da agricultura biológica e por substâncias não agrícolas naturais;
- A aplicação de práticas de criação que reforcem o sistema imunitário e aumentem as defesas naturais contra as doenças e que incluam nomeadamente o exercício regular e o acesso a áreas ao ar livre e a terrenos de pastagem, se for caso disso.

### **1.1. O modo de produção biológico – Legislação**

Em reconhecimento ao aumento do interesse dos consumidores na agricultura biológica e nos produtos que dela derivam, assim como a sua potencial contribuição para a redução de excedentes e o desenvolvimento rural e ambiental, alguns governos europeus começaram a criar em meados da década de 1980 as primeiras iniciativas políticas para implementar regulamentações nacionais que definissem a produção em modo biológico, seguidas dos programas nacionais de ajuda à conversão. No início dos anos 90, regulamentos transversais à UE foram então introduzidos, definindo a produção biológica de culturas e disponibilizando suporte para a conversão e continuação da produção em modo biológico.

Os legisladores europeus tornaram-se interessados em apoiar a agricultura biológica por duas razões principais (Dabbert *et al.*, 2001):

Primeiro, esta era vista como um bem público para a sociedade, disponibilizando benefícios ambientais e sociais, que na maior parte dos casos tinham custos que eram apenas parcialmente pagos através do preço normal dos alimentos. Segundo, era uma indústria recente, onde se podiam justificar apoios em termos de expansão das escolhas dos consumidores, permitindo o seu desenvolvimento ao ponto de conseguir competir independentemente, estabelecer mercados e ter uma contribuição positiva para o desenvolvimento rural (Padel *et al.*, 2007).

O desenvolvimento inicial da legislação para o modo de produção biológico, resultou da definição oficial e requisitos de certificação para a produção de culturas em modo de produção biológico, realizada em 1991 (Regulamento CE 2092/91).

A consideração da agricultura biológica nas medidas agro-ambientais (Regulamento CE 2078/92) introduziu a ajuda financeira aplicável à produção em modo biológico, na maior parte dos países da União Europeia. Com as ajudas financeiras à produção biológica, a área destinada à agricultura biológica quase que triplicou de 1993 a 1999 (Foster & Lampkin, 1999).

Devido a esta expansão do setor e ao aumento da procura por produtos provenientes do modo de produção biológico, a UE sentiu a necessidade acrescida de regulamentar o setor. Desta forma, em 2007 o Conselho da UE aprovou o anteriormente referido Regulamento (CE) 834/2007, que estabelece os princípios, os objetivos e as regras gerais da produção biológica e define a forma como os produtos biológicos devem ser rotulados.

Para além das regras gerais aplicadas à produção agrícola, a produção animal é alvo de algumas regras específicas iniciais, quanto à origem dos animais, às práticas de criação e condições de alojamento, à reprodução, aos alimentos para animais, à prevenção de doenças e aos tratamentos veterinários, todas elas dispostas no artigo 14º do referido Regulamento.

Com esta nova regulamentação, deixou de ser possível a aplicação de leis, a nível nacional, específicas para a agricultura biológica. De facto, o Regulamento (CE) 834/2007 estipulou, “para o bem da consistência da legislação comunitária noutras áreas, no caso da produção animal e vegetal, os estados-membros devem ser autorizados a aplicar dentro dos seus territórios leis nacionais de produção mais estritas do que as regras comunitárias de produção em modo biológico, desde que estas leis nacionais também se apliquem à produção não-biológica e estejam em conformidade com a lei comunitária” (Früh *et al.*, 2013).

Em 2008 foi emitida pela Comissão Europeia a regulamentação para estabelecer as normas de execução do Regulamento (CE) nº834/2007, publicada no Regulamento (CE) nº889/2008. Este regulamento estabelece com maior pormenor as leis específicas relativas à produção animal, acrescentando regras em matéria de condições e alojamento e práticas de criação, acesso a áreas ao ar livre, encabeçamentos, proibição da produção animal sem terra, manejo dos animais, alimentos da própria exploração e de outras origens, utilização de certos produtos e substâncias nos alimentos, e tratamentos veterinários, entre outras, dispostas no capítulo 2 deste Regulamento.

Mais recentemente, foi emitido o Regulamento (UE) 848/2018 do Parlamento e do Conselho Europeu, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, o qual revoga o Regulamento (CE) 834/2007 do Conselho Europeu, e é igualmente complementado por vários atos de execução da Comissão Europeia relativos à produção, distribuição e comercialização dos produtos biológicos. Estes atos legislativos constituem a base jurídica para determinar se os produtos - incluindo os produtos importados de países terceiros - podem ser comercializados na União Europeia (UE) como produtos biológicos. Os regulamentos definem igualmente como e quando o logótipo biológico da UE pode ser utilizado.

#### 1.1.1. O logotipo comunitário da produção biológica

O logotipo presente na figura 1 é utilizado desde 2010 e pode ser utilizado na rotulagem, na apresentação e na publicidade dos produtos que satisfazem os requisitos estabelecidos no Regulamento 834/2007. O logotipo comunitário não pode ser utilizado no caso de produtos provenientes de explorações em conversão para o modo de produção biológico. Também podem ser utilizados logotipos nacionais e privados na rotulagem, apresentação e publicidade dos produtos que satisfazem os requisitos estabelecidos no presente regulamento.



*Figura 1: Logotipo da UE para identificação do modo de produção biológico.  
(Fonte: [https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/organic-farming/organic-logo\\_en](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/organic-farming/organic-logo_en))*

### 1.1.2. Horizonte Europa

O Horizonte Europa é o programa que se segue ao programa Horizonte 2020 e será executado entre 2021 e 2027. De acordo com a posição do Parlamento Europeu, o Horizonte Europa deve “acelerar a transição na adoção de abordagens sustentáveis em todas as formas de agricultura, incluindo a agricultura convencional e biológica” (Willer & Lernoud, 2019). Este programa-quadro de investigação da UE pretende acelerar a obtenção de um futuro sustentável, justo e próspero para as pessoas e o planeta, com base em valores europeus (Comissão Europeia, 2019).



## 2. Modo biológico aplicado à produção de suínos

O modo de produção biológico apresenta determinadas regras gerais e específicas, quando aplicado à produção de suínos. Tais regras são apresentadas de seguida.

### 2.1. Regras Gerais

As primeiras linhas gerais que definem as regras associadas à produção animal em modo biológico foram estabelecidas em 2007 pelo Regulamento (CE) nº834/2007. Estas regras incidem sobre diferentes aspetos da produção animal, como a origem dos animais, as práticas de criação e condições de alojamento, a reprodução, a alimentação e prevenção de doenças ou os tratamentos veterinários. Algumas destas regras gerais são, nomeadamente:

- **Quanto à origem dos animais e o período de conversão:**

Este regulamento indica que os animais de criação biológica devem nascer e ser criados em explorações biológicas, podendo ser introduzidos (em condições estritas) animais de origem não biológica. Estes últimos devem ser sujeitos a um período de conversão, em que a partir do momento que seja iniciada a produção biológica, aplicam-se todas as regras do regulamento anteriormente referido, sendo este período ajustado de acordo com o tipo de cultura ou produção animal. Pode ainda ser pedido um período de retroatividade anterior ao início da produção biológica, podendo desta forma o período de conversão ser reduzido, caso sejam reunidas certas condições. Este período de conversão caracteriza-se pelo impedimento da comercialização dos animais ou respetivos produtos com recurso aos elementos de rotulagem e publicidade associados ao modo de produção biológico, tais como os termos “bio” ou “eco”, a utilização do logotipo comunitário para a agricultura biológica, assim como a utilização de logotipos nacionais ou privados que estejam associados a este modo de produção durante a duração do período de conversão. Depois de cumprido este período, os animais e os respetivos produtos podem ser considerados biológicos.

- **Quanto às práticas de criação e às condições de alojamento e bem-estar:**

As práticas de criação, incluindo o encabeçamento, e as condições de alojamento devem garantir que sejam satisfeitas as necessidades de desenvolvimento dos animais, bem como as suas necessidades fisiológicas e etológicas. Assim, os animais devem dispor de acesso permanente a áreas ao ar livre, se possível a pastagens, sempre que as condições meteorológicas e o estado dos terrenos o permitam, a menos que, com base na legislação comunitária, sejam impostas restrições e obrigações relacionadas com a proteção da saúde humana ou animal. O número de animais é limitado com vista a reduzir ao mínimo o sobrepastoreio, o espezinhamento dos solos, a erosão ou a poluição causada pelos animais ou pelo espalhamento do seu estrume. Por fim, qualquer sofrimento, incluindo a mutilação, deverá ser reduzido ao mínimo durante a vida do animal, nomeadamente no momento do abate.

- **Quanto à reprodução:**

A reprodução deverá utilizar métodos naturais. No entanto, é autorizada a inseminação artificial. A reprodução não pode ser induzida por tratamentos com hormonas ou substâncias semelhantes, exceto como forma de tratamento veterinário de animais individuais. Também não podem ser utilizadas outras formas de reprodução artificial, como é o caso da clonagem ou transferência de embriões.

- **Quanto aos alimentos para animais:**

Os alimentos para animais devem provir sobretudo da exploração onde os animais se encontram ou de outras explorações biológicas da mesma região. Os animais têm que ser alimentados com alimentos biológicos que satisfaçam as suas necessidades nutricionais nos vários estádios do seu desenvolvimento. Uma parte da ração pode conter alimentos para animais provenientes de explorações em conversão à agricultura biológica. Os animais devem dispor de acesso permanente a pastos ou a outras forragens. Para a alimentação animal, só podem ser utilizadas matérias não biológicas de origem vegetal, matérias para a alimentação animal de origem animal e mineral, aditivos para a alimentação animal, certos produtos utilizados na nutrição animal e

auxiliares tecnológicos autorizados para utilização na produção biológica, nos termos do artigo 16º do Regulamento 834/2007. Não podem ser utilizados promotores de crescimento nem aminoácidos sintéticos.

- **Quanto à prevenção das doenças e aos tratamentos veterinários:**

A prevenção das doenças baseia-se na seleção de raças e estirpes, nas práticas de gestão da produção animal, na alimentação de elevada qualidade e no exercício, encabeçamento apropriado e alojamento adequado, mantido em boas condições de higiene. Sempre que aparecem casos de doença, estes são tratados imediatamente a fim de evitar sofrimento aos animais. Podem ser utilizados medicamentos veterinários alopatícos de síntese química, incluindo antibióticos, em condições estritas e se necessário, quando a utilização de produtos fitoterapêuticos, homeopáticos e outros não seja adequada. Devem ser definidas, nomeadamente, as restrições relativas aos tratamentos e aos prazos de segurança. Por fim, é permitida a utilização de medicamentos veterinários imunológicos.

## **2.2. Regras específicas**

Após terem sido delineadas as regras gerais para a produção animal no Regulamento (CE) nº834/2007, houve a necessidade de especificar estas mesmas regras para as diferentes espécies de animais de produção através do Regulamento (CE) nº889/2008. É neste âmbito que o capítulo 2 deste último regulamento estabelece as normas de execução referentes à produção de diferentes espécies de animais, incluindo os suínos. Neste capítulo são referenciados outros aspetos da produção animal em modo biológico, como o encabeçamento, o manejo dos animais ou a proibição da produção animal sem terra. No entanto, muitas das temáticas abrangidas por estas novas regras mais específicas são as mesmas do primeiro regulamento (834/2007), ou seja:

- **A origem dos animais para criação biológica (neste caso referindo-se também a animais de criação não biológica), em que:**

Na escolha das raças ou estirpes, são tidas em conta a capacidade de adaptação dos animais às condições locais, a sua vitalidade e a sua resistência às doenças. As raças ou estirpes de animais são, além disso, selecionadas de modo a evitar doenças ou problemas específicos de saúde associados a determinadas raças ou estirpes utilizadas na produção intensiva, como a síndrome do stress dos suínos, síndrome da carne exsudativa (PSE - “pale, soft and exudative”), morte súbita, aborto espontâneo e partos difíceis exigindo cesarianas. É dada preferência às raças e estirpes autóctones.

Os animais de criação não biológica podem ser introduzidos numa exploração para fins de reprodução apenas em caso de indisponibilidade de animais de criação biológica. Estes animais devem ser criados, logo após o desmame, de acordo com as práticas do modo de produção biológico, e no caso dos suínos os leitões devem pesar menos de 35 kg aquando da transição para o modo de produção biológico.

- **Condições de alojamento:**

O isolamento, o aquecimento e a ventilação do edifício devem assegurar que a circulação do ar, o nível de poeiras, a temperatura, a humidade relativa do ar e a concentração em gases se situam dentro de limites que não sejam prejudiciais para os animais. Os edifícios devem permitir uma entrada de luz e uma ventilação naturais suficientes. No entanto, não é obrigatório prever alojamento para os animais em zonas onde as condições climáticas lhes permitam viver ao ar livre.

- **Práticas de criação específicas aplicadas aos mamíferos:**

As áreas interiores e exteriores atribuídas aos diferentes animais deverão respeitar as superfícies mínimas estipuladas (Tabela 1). Os pavimentos dos edifícios que alojam os animais devem ser lisos, mas não derrapantes. Pelo menos metade da superfície interna, conforme especificada no anexo III, deverá ser sólida, isto é, sem grades ou ripas.

*Tabela 1: Superfícies mínimas das áreas interiores e exteriores de alojamentos para suínos em modo de produção biológico.*

	Área interior (superfície líquida disponível para os animais)		Área exterior (área de exercício, com exclusão de pastagens)
	Peso vivo mínimo (kg)	m <sup>2</sup> /cabeça	m <sup>2</sup> /cabeça
Porcas reprodutoras com leitões até 40 dias		7,5	2,5
Porcos de engorda	até 50	0,8	0,6
	até 85	1,1	0,8
	até 110	1,3	1,0
	mais de 110	1,5	1,2
Leitões (até 40 dias)	Até 30	0,6	0,4
Porcos de criação		2,5 por fêmea	1,9
		6 por macho se os compartimentos forem utilizados para a cobrição: 10 por varrasco	8,0

*(Fonte: Regulamento (CE) 889/2008, Anexo III (Commission Regulation (EC), 2008))*

Os edifícios devem dispor de uma área de repouso/cama confortável, limpa e seca, de dimensão suficiente, consistindo numa construção sólida, não engradada. As áreas de dormida devem dispor de camas amplas e secas. As camas são constituídas por palha ou outros materiais naturais adaptados.

As porcas são mantidas em grupos, exceto nas últimas fases da gestação e durante o período de aleitamento. Os leitões não são mantidos em plataformas nem em gaiolas. As áreas de exercício devem permitir o depósito de estrume e o ato de fossar pelos suínos. Para este efeito, podem ser utilizados diversos substratos.

- **Encabeçamento:**

O encabeçamento total não pode conduzir à superação do limite de aplicação/deposição de 170 kg de azoto por ano e por hectare de superfície agrícola. Para determinar o encabeçamento adequado, a autoridade competente fixa o número de cabeças normais equivalente ao limite referido, orientando-se pelos valores constantes do anexo IV (Tabela 2) ou pelas disposições nacionais aplicáveis adotadas em conformidade com a Diretiva 91/676/CEE.

*Tabela 2: Número máximo de animais por hectare em modo de produção biológico.*

Classe ou espécie	Número máximo de animais por hectare equivalente a 170 kg
Leitões	74
Porcas reprodutoras	6,5
Suínos para Engorda	14
Outros Suínos	14

*(Fonte: Adaptado de Regulamento (CE) 889/2008, Anexo IV (Commission Regulation (EC), 2008))*

- **Maneio dos animais:**

Intervenções como o corte da cauda ou de dentes, não podem ser uma prática corrente na agricultura biológica. No entanto, algumas destas operações podem ser autorizadas pela autoridade competente por razões de segurança ou, caso a caso, se forem destinadas a melhorar o estado sanitário, o bem-estar ou a higiene dos animais. O sofrimento dos animais deve ser reduzido ao mínimo através da aplicação de anestésias e/ou analgésias adequadas e da realização das operações apenas na idade mais indicada e por pessoal qualificado. A fim de manter a qualidade dos produtos e as práticas tradicionais de produção, é permitida a castração física, mas apenas nas condições acima definidas.

A carga e a descarga dos animais realizam-se sem recurso a qualquer tipo de estimulação elétrica para os coagir. Por fim, é proibida a utilização de calmantes alopatícos antes ou durante o trajeto a que forem submetidos.

- **Alimentação:**

Nesta área, passaram a ser delineados valores concretos para a alimentação de animais monogástricos em modo de produção biológica, tornando-se um tema menos subjetivo do que no regulamento anterior. No caso dos suínos, pelo menos 20 % dos alimentos devem ser provenientes da própria exploração ou, quando tal não for possível, serem produzidos na mesma região em cooperação com outras explorações ou operadores do setor da alimentação animal que pratiquem a agricultura biológica.

Na alimentação dos mamíferos jovens é dada preferência ao leite materno. No caso dos suínos, estes devem ser amamentados durante um período mínimo de 40 dias.

Devem também ser adicionadas forragens à dieta dos suínos. São ainda estabelecidas restrições quanto às quantidades de alimentos em conversão incorporadas na dieta dos animais, tendo em conta a sua origem. Os produtos e matérias não biológicas para a alimentação animal de origem vegetal ou animal, ou outras matérias para alimentação animal, constam no anexo V do Regulamento 889/2008 (CE).

Surgiu mais recentemente o Regulamento (UE) 848/2018, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, que revogou o Regulamento 834/2007 do Conselho Europeu e cuja novidade é o Anexo I, o qual enumera outros produtos elegíveis para certificação como provenientes de modo de produção biológicos, produtos esses que até à data não eram elegíveis ou que não eram mencionados, como por exemplo, a cera de abelhas, a lã e a cortiça.

Este Regulamento apresenta também um anexo II que vem acrescentar regras pormenorizadas para a produção vegetal e animal. Nesta última categoria, são aprofundados temas que tinham sido pouco desenvolvidos no Regulamento 834/2017 (CE), tais como a conversão de terras em unidades de produção em modo biológico, o período de conversão para as diferentes espécies de interesse pecuário, a utilização de

animais de criação não biológica e a incorporação de alimentos em conversão na alimentação animal.

### 3. A produção e o consumo da carne de suíno

Estima-se que a produção mundial de carne tenha atingido os 335 milhões de toneladas (equivalente em peso de carcaças) em 2019, cerca de 1% abaixo do valor de 2018. Isto marca uma divergência da tendência de crescimento estável alcançado nas últimas duas décadas, sendo devido principalmente ao impacto da Peste Suína Africana na China e à sua disseminação para outros países asiáticos, que levou a uma contração da produção de carne de porco na ordem dos 20%. Na União Europeia são previstos ganhos ao nível da produção de carne de todas as categorias, excetuando na dos bovinos. Estes ganhos são particularmente importantes no que diz respeito à produção de carne de porco, devido a uma procura robusta por parte da China (FAO, 2019).

A China é o país com a maior produção de suínos à escala global, com cerca de 50% da população mundial de suínos. Enquanto a produção de suínos aumentou 15,1% entre 2000 e 2005, os 5 maiores produtores mundiais aumentaram a sua produção a níveis superiores (em percentagem), como é o caso do Brasil (39,3%), do Vietname (27,8%) ou da China (23,2%), sendo isto um efeito da liberalização do comércio global (Orr *et al.*, 2006). A Europa encontra-se entre os maiores produtores do mundo, sendo apenas ultrapassada pela China, e com os EUA logo atrás. A UE, é também o maior exportador a nível mundial (Popescu, 2020). Como se pode confirmar pela Figura 2, as zonas de maior densidade de suínos à escala global situam-se na região do Este e Sudeste asiático, com algumas manchas na Europa e América do Norte.



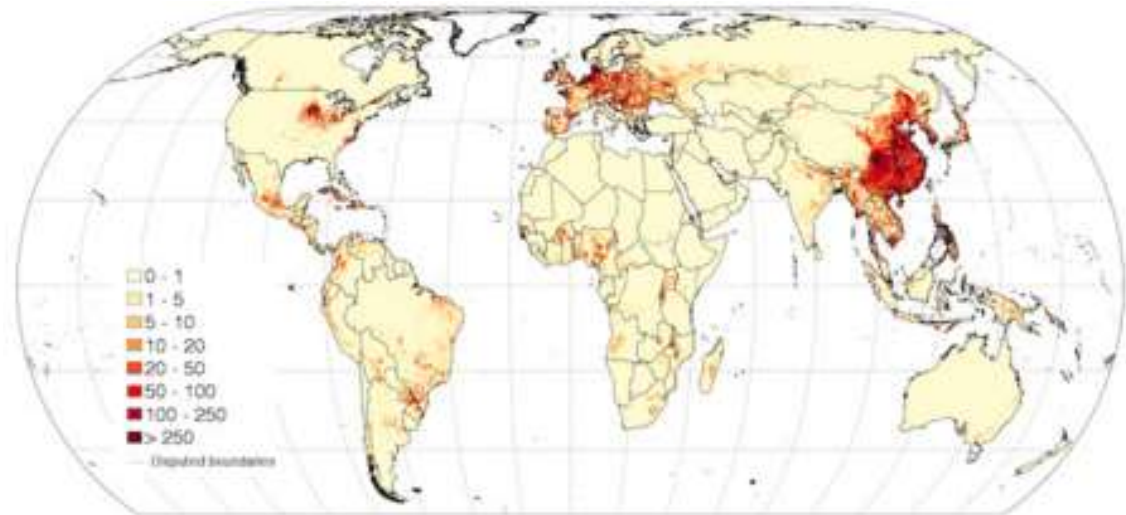


Figura 2: Número de porcos por km<sup>2</sup> em 2010.

(Fonte: <https://www.fao.org/livestock-systems/global-distributions/pigs/en/>)

Segundo Delgado (2003), a quantidade de carne consumida em países em desenvolvimento cresceu 3 vezes mais do que em países desenvolvidos, entre meados da década de 70 e o final dos anos 90, refletindo o aumento dos rendimentos das comunidades mais pobres.

Entre 1990 e 2009, o consumo de carne de bovino *per capita* diminuiu 8% enquanto o consumo de carne de porco aumentou 20% e o de carne de aves 75%, sendo a tendência geral para um aumento do consumo das carnes brancas e diminuição do consumo de carnes vermelhas (Henchion *et al.*, 2014).

Como se pode verificar pela Tabela 3, a carne de porco tem sido ao longo das últimas décadas o tipo de carne mais consumida a nível mundial segundo dados da FAO (Food and Agriculture Organization).

Tabela 3: Consumo mundial de carne por tipo (kg per capita, equivalente a peso de carcaça).

		1974/76	1984/86	1994/96	1997/99	2015	2030
Carne de bovino		11	10,5	9,8	9,8	10,1	10,6
Carne de ovino e caprino		1,6	1,7	1,8	1,8	2,1	2,4
Carne de porco	Incluindo China	10,2	12,1	13,7	14,6	15,3	15,1
	Excluindo China	10,8	11,3	10,4	10,3	9,9	9,7
Carne de aves		4,6	6,4	9,3	10,2	13,8	17,2

(Fonte: Adaptado de *FAO World Agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective (2003)* - <http://www.fao.org/3/y4252e/y4252e05b.htm#TopOfPage> acedido em: 20/04/2021)

A tendência para o consumo de carne a nível mundial é de um aumento limitado nos próximos anos, com uma maior contribuição dos países em desenvolvimento e com pequena margem para incrementos por parte dos países desenvolvidos. Isto deve-se em grande parte ao facto de o consumo de carne estar forte e desproporcionalmente concentrado nos países industrializados. Estes representam 15% da população mundial, mas são responsáveis por 37% do consumo mundial de carne (FAO, 2003).

Contudo, apesar do aumento agregado do consumo de carne se dever em grande parte aos aumentos no consumo da carne de aves e de porco, a tendência é para o consumo de carne de aves ultrapassar a de porco, estando previsto ser o tipo de carne mais consumida no mundo em 2022 (European-Commission, 2012).

#### 4. A produção de suínos em modo biológico

Em 2015, estima-se que o efetivo de suínos em modo de produção biológico tenha atingido as 978 000 cabeças. Os três maiores produtores, Dinamarca, França e Alemanha, dominam o setor e detêm mais de 65% do efetivo. Contudo, o setor biológico ainda representa uma pequena fatia do mercado na UE (Rossi, 2016; Früh *et al.*, 2013).

Apesar de no contexto europeu existirem alguns aspetos comuns na produção de suínos em modo biológico, esta é bastante diversa entre os diferentes países da UE e existe uma certa disparidade entre os sistemas de produção adotados. Isto deve-se a diferentes condições ambientais, padrões nacionais de produção e a utilização de infraestruturas específicas, assim como preferências por parte dos produtores (Edwards *et al.*, 2014). A produção de suínos em zonas de pastagem, ao ar livre, é uma prática que reflete bem os princípios de bem-estar animal da agricultura em modo biológico e vai ao encontro das expectativas dos consumidores. Contudo, o acesso a estas áreas ainda é limitado em muitos sistemas de produção de suínos, até mesmo no modo de produção biológico (Dinesen *et al.*, 2020).

Segundo Bonneau & Lebret (2010) num estudo realizado em 23 países europeus, foram identificados 84 sistemas de produção de suínos dos quais cerca de metade (40) foram considerados convencionais. Os restantes 44 foram identificados como diferenciados, estando na origem desta diferenciação as reivindicações dos produtores que adotam estes sistemas de produção e que os definem como sendo diferenciados com base em diferentes fatores, como a qualidade da carne (“eating quality”) (70% dos sistemas diferenciados), o bem-estar animal (68%), o ambiente (41%), a produção local (30%), ou biológica (25%).

## 5. O tecido muscular esquelético

Em animais de produção de carne, um melhor controlo da qualidade da carne é de grande importância económica para produtores e retalhistas, de modo a satisfazer os requisitos do consumidor por um produto consistente e de qualidade. Vários estudos relativos aos mecanismos biológicos envolvidos na determinação da qualidade sensorial da carne sugerem que os fatores de produção (idade, raça, alimentação, etc.) exercem efeito na qualidade da carne, alterando as características biológicas do tecido muscular, assim como as das fibras musculares em particular (Picard *et al.*, 2000).

Os eventos elementares da miogénese são a solicitação de células do mesênquima precursoras dos mioblastos, a proliferação e apoptose de mioblastos, a diferenciação e fusão de mioblastos e, finalmente, a maturação das fibras musculares. Estes eventos determinam o número de fibras musculares formadas no período pré-natal. Outra população de células originadas dos mioblastos, denominadas de células satélite, matem-se perto das fibras musculares, contribuição pós-nascimento para o crescimento do tamanho das fibras e também em processos de regeneração muscular. Na maior parte dos músculos esqueléticos de mamíferos, o desenvolvimento pré-natal termina com um dado número de fibras musculares, que não aumenta no período pós-natal. Subsequentemente, o aumento da massa muscular esquelética pós-natal resulta essencialmente do aumento do tamanho das fibras (hipertrofia), que é, por sua vez, limitada por fatores genéticos e fisiológicos (Rehfeldt *et al.*, 2000).

### **5.1. Composição química e histológica do tecido muscular esquelético**

Os principais componentes dos músculos são a água, as proteínas e os lípidos. O tecido muscular magro do músculo *Longissimus dorsi* de um suíno, após o *rigor mortis*, consiste em aproximadamente 75% de água, 22% proteína, e quantidades variáveis de lípidos e hidratos de carbono (Monin *et al.*, 1986).

A maior componente de um dado músculo são as fibras musculares que o constituem. O crescimento de tecido muscular e da massa muscular são assim predominantemente determinados pelo número de fibras musculares e pelo tamanho dessas mesmas fibras. Tanto o número como a espessura das fibras estão positivamente correlacionados com a percentagem de massa magra. A morfologia destas fibras é assim um fator determinante no que diz respeito à massa muscular. A morfologia das fibras musculares é representada pelo seu número total de fibras (NTF), área transversal da fibra muscular (ATF) e o comprimento da fibra muscular. O potencial de crescimento muscular está fortemente ligado ao NTF e à ATF (Rehfeldt *et al.*, 2000, Ruusunen & Puolanne, 1997).

Segundo Cardinet (1997) as células do tecido muscular esquelético (miofibras) constituem a maior massa de células no corpo que têm propriedades qualitativas e quantitativas semelhantes. As propriedades protoplasmáticas de contração e

condutividade que caracterizam as miofibras, são uma expressão de organelos sarcoplasmáticos especializados, principalmente membranas e filamentos, que são altamente coordenados e compartimentados para servirem funções que por sua vez incutem morfologias distintas às miofibras.

## 5.2. Estrutura e funções da musculatura esquelética

Para além das miofibras, a musculatura esquelética é composta por tecido conjuntivo, vascular, nervoso e adiposo. As miofibras são constituídas por três grupos de proteínas, classificadas pela sua solubilidade e localização no tecido muscular. São classificadas como proteínas sarcoplasmáticas, miofibrilhares ou estromais (Goll *et al.*, 2008).

As proteínas miofibrilhares constituem a maior fração e representam 60% da proteína total. As proteínas sarcoplasmáticas constituem cerca de 30% das proteínas totais. Esta fração consiste em mioglobina, que é um pigmento muscular, e num conjunto de diferentes enzimas envolvidas no metabolismo energético. As proteínas estromais representam cerca de 10%. Os principais componentes das proteínas estromais são o colagénio e a elastina, que por sua vez são os maiores componentes do tecido conjuntivo (Karlsson *et al.*, 1999).

Cada miofibrilha é constituída por dois tipos de filamentos longitudinais (Figura 3). O tipo de filamento mais grosso, contém principalmente a proteína miosina. A miosina consiste em duas cadeias pesadas iguais e dois pares de cadeias leves.

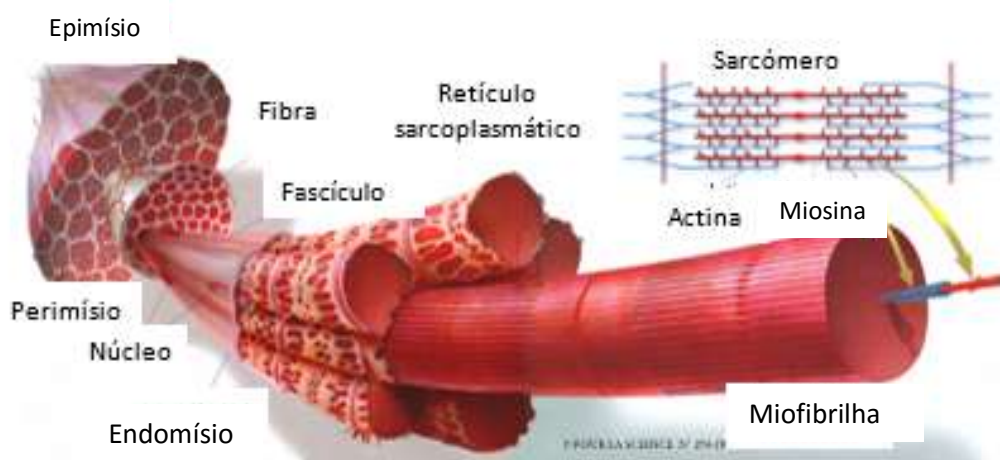


Figura 3: Estrutura de um músculo esquelético  
(Fonte: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2016/3182746/>)

Pequenas projeções numa das cadeias pesadas formam as cabeças, que possuem locais de ligação a ATP (Adenosina Trifosfato), assim como uma capacidade enzimática para hidrolisar ATP. Os filamentos finos contêm as proteínas actina, tropomiosina e troponina (Karlsson *et al.*, 1999).

As miofibrilhas são normalmente categorizadas como sendo do tipo I (contração-lenta), IIA (contração-rápida), ou IIB (contração-rápida). As diferenças entre fibras também se podem descrever pelas suas características metabólicas (oxidativas, oxido-glicolíticas e glicolíticas) (Larzul *et al.*, 1997), sendo as fibras oxidativas do tipo I, ao passo que as fibras glicolíticas e oxido-glicolíticas são essencialmente do tipo II. Ou pela sua cor, podendo ser classificadas como fibras vermelhas, intermédias ou brancas. As fibras vermelhas têm maior atividade de enzimas oxidativas e comparativamente, exibem uma contração mais lenta. Em contraste, as fibras brancas têm tendência a ter propriedades glicolíticas por consumirem glicose em vez de realizarem a respiração mitocondrial. Por fim, as fibras intermédias são intermédias entre as fibras vermelhas e brancas e têm capacidades metabólicas alternativas (Lee *et al.*, 2010).

### **5.3. A conversão do tecido muscular em carne**

A conversão do tecido muscular em carne é o resultado de processos bioquímicos complexos. Estes processos são influenciados pela situação metabólica imediatamente antes do abate, mas também por determinados fatores genéticos, como a composição do músculo e a suscetibilidade da raça ao stress. A variação destes fatores leva subsequentemente à variabilidade da qualidade da carne (Von Lengerken *et al.*, 2002).

Sabemos que as características fisiológicas da musculatura esquelética explicam em parte a variabilidade da resposta metabólica do tecido muscular durante o stress pré-abate e consequentemente o ritmo e extensão da descida do pH *post mortem*. Existe portanto uma forte ligação entre o metabolismo da energia muscular em animais vivos, a resposta metabólica ao abate e a qualidade da carne (Karlsson *et al.*, 1999). É importante referir que a adenosina trifosfato (ATP) é gerada principalmente através da via glicolítica, sendo a glicose armazenada na forma de glicogénio durante a conversão *post mortem* do músculo em carne. Por intermédio de processos naturais, o lactato, que

é o produto final da glicólise, é acumulado no músculo devido à paragem da circulação sanguínea. Músculos com diferentes composições de fibras musculares têm diferentes padrões de mudança *post mortem* durante a conversão do músculo em carne, e podem ter uma conseqüente influência na qualidade final da carne. Se a distribuição de fibras glicolíticas é predominante num dado músculo, como por exemplo no *Longissimus lumborum*, é induzida uma rápida glicólise *post mortem* e a acumulação de lactato resulta num rápido declínio do pH muscular (Ryu & Kim, 2005).

## 6. O tecido adiposo

### 6.1. Estrutura e composição

A gordura corporal é composta por lípidos neutros, principalmente triacilgliceróis, assim como fosfolípidos, como por exemplo lecitinas, cefalinas e esfingomiélinas (Hornstein *et al.*, 1961). A maior parte dos fosfolípidos encontra-se nas membranas das células musculares ou adiposas. A maior deposição de lípidos ocorre nas células adiposas, sendo depositados principalmente como triacilgliceróis. Apesar de existir um aumento de triacilgliceróis com o aumento do teor lipídico, os níveis de fosfolípidos tendem a manter-se estáveis. Contudo, com a diminuição do teor lipídico, o rácio entre estes dois também diminui (Fjelkner-Modig & Tornberg, 1986). De uma forma geral, os fosfolípidos são menos saturados que os triacilgliceróis, por isso a carne com um conteúdo em lípidos intramusculares baixo, tem uma menor proporção de ácidos gordos saturados do que carnes com um teor de lípidos mais elevado (Girard, 1983).

O tecido adiposo na carcaça de suínos, encontra-se distribuído por diferentes regiões anatómicas, podendo denominar-se de visceral, subcutâneo, intermuscular (entre os músculos) ou intramuscular (dentro dos músculos), existindo uma grande variabilidade entre estas diferentes categorias no que diz respeito à sua composição em ácidos gordos (Sink *et al.*, 1964).

Destas três categorias de gordura, a gordura subcutânea é aquela que se encontra em maior abundância, seguida da gordura intermuscular e por último a gordura intramuscular. Apesar das duas primeiras serem facilmente dissecadas e separadas dos restantes tecidos, o mesmo não acontece com a gordura intramuscular, sendo apenas possível analisá-la após a sua extração por solventes (Wood, 1984). Girard *et al.* (1988) indicam que em suínos de raças melhoradas a gordura subcutânea representa 70% da gordura total, a gordura intermuscular 20-25%, a gordura visceral 5% e a gordura intramuscular uma proporção ínfima dos lípidos corporais totais, de 1 a 2%.

## **6.2. Lípidos do tecido adiposo subcutâneo**

A maior componente (>90%) do tecido adiposo são os triacilgliceróis (Wood *et al.*, 2008). Quanto à saturação dos ácidos gordos, alguns autores apontam para um gradiente decrescente de insaturação da camada mais superficial da gordura subcutânea para as camadas mais interiores (Monziols *et al.*, 2007).

## **6.3. Lípidos do tecido muscular**

Apesar da maior parte dos lípidos se encontrarem nos adipócitos do tecido adiposo subcutâneo, estes também se depositam à volta de órgãos e em células adiposas intramusculares. Estas células encontram-se tanto no epimísio como no endomísio (Carpenter *et al.*, 1963).

Aproximadamente 45% do total de células adiposas encontra-se no tecido intramuscular, contudo este tecido apenas representa 12% do peso total da gordura corporal. Por isso, o diâmetro das células adiposas do tecido intramuscular (57 a 65  $\mu\text{m}$ ) é muito inferior ao diâmetro das células adiposas do tecido subcutâneo (108 a 118  $\mu\text{m}$ ) (Lee *et al.*, 1973).

Nos músculos, uma parte significativa do tecido adiposo são fosfolípidos, que têm um conteúdo superior em ácidos gordos polinsaturados, de forma a desenvolverem as suas funções como constituintes das membranas celulares (Wood *et al.*, 2008). Cerca de 35% dos ácidos gordos intramusculares são saturados, 51-56% insaturados e 8-12% poli-insaturados. (Fjelkner-Modig & Tornberg, 1986). Quanto à saturação dos ácidos gordos,



alguns autores apontam para a gordura intramuscular ter a tendência para ser mais pobre em ácidos gordos insaturados do que a gordura subcutânea (Monziols *et al.*, 2007). Tanto o conteúdo como a quantidade de ácidos gordos intramusculares podem ser afetados por fatores ambientais (principalmente pela dieta - Jeremiah, 1982), pelo sexo, pela raça e por variações genéticas, como a capacidade genética para a deposição de gordura (Fjelkner-Modig & Tornberg, 1986).

#### **6.4. Atividade metabólica do tecido adiposo**

A acumulação de lípidos corporais é resultante essencialmente de dois processos, sendo um a deposição de lípidos alimentares e a síntese de ácidos gordos principalmente a partir de glúcidos (hidratos de carbono), e outro, a mobilização através da lipólise de lípidos armazenados (Henry, 1977).

Segundo Nürnberg *et al.* (1998), a deposição de gordura pode caracterizar-se pelo incremento contínuo de lípidos, principalmente na forma de triacilgliceróis, assim como pela diferenciação e hipertrofia dos adipócitos. A composição do tecido adiposo pode ser influenciada por inúmeros fatores, tais como a idade, dieta, peso corporal, género, genética, condições ambientais, local de deposição da gordura e fatores hormonais.

## 7. O tecido conjuntivo

### 7.1. Estrutura e composição

O tecido conjuntivo é considerado a fonte de proteína mais abundante em mamíferos e é composto por polissacáridos e proteínas fibrosas, sendo produzido por fibroblastos. Quando mineralizado pode ser encontrado em tecidos esqueléticos, incluindo ossos, dentes e cartilagem. A porção mole, não mineralizada, de tecido conjuntivo é encontrada no tecido adiposo, na pele, no sangue e tecido linfático, assim como no tecido muscular esquelético (principalmente na matriz extracelular, das fibras). A proteína mais abundante no tecido conjuntivo é o colagénio, mas este contém uma variedade de outras proteínas, tais como a elastina, a laminina, ou fibronectina, assim como proteoglicanos (Astruc, 2014).

Independentemente do tipo de colagénio, a sua unidade estrutural possui uma forma helicoidal e denomina-se de tropocolagénio. Estas moléculas consistem em três cadeias polipeptídicas enroladas umas nas outras e são estabilizadas por ligações entre as cadeias, que formam fibrilhas de cerca de 50 nm de diâmetro. Estas, por sua vez, são estabilizadas por ligações intramoleculares (ligações bissulfito ou pontes de hidrogénio) ou ligações intermoleculares (incluindo a piridinolina ou hidroxissilpiridinolina e a desoxipiridinolina) conhecidas como ligações cruzadas. Existem diferentes tipos de colagénio presentes na musculatura esquelética, sendo os colagénios fibrilares I e III os mais comuns em mamíferos (Listrat *et al.*, 2016). Ao nível muscular, o tecido conjuntivo divide-se em diferentes estruturas, sendo o epimísio aquela que envolve externamente cada músculo individual e aparentemente liga-se com a rede do perimísio (ver Figura 2). Por outro lado, o perimísio divide cada músculo internamente em fascículos ou aglomerados de fibras musculares. Apesar do epimísio e do perimísio terem estruturas diferentes, eles convergem um no outro. Dentro de cada fascículo muscular, o endomísio forma uma rede que liga e unifica todas as fibras musculares individuais dentro dos fascículos. Contudo, ligações entre o perimísio e o endomísio nas porções exteriores dos fascículos são raras e fracas (Lewis e Purslow, 1990; Passerieux *et al.*, 2007).

## 7.2. Atividade metabólica e solubilidade do colagénio

As moléculas de tropocolagénio contém um elevado teor de glicina, prolina e hidroxiprolina. A incorporação de prolina no colagénio é superior a 20 % do total de aminoácidos e quase metade é hidroxilada em 4-hidroxiprolina. A grande quantidade de hidroxiprolina no colagénio é uma característica única desta proteína, chegando a atingir cerca de 14% da matéria seca do colagénio. Por este motivo, os métodos químicos para deteção de colagénio são baseados na determinação da ligação de hidroxiprolina nos tecidos. O conteúdo em hidroxiprolina é mais baixo no colagénio do tipo I (comum em ossos) e mais abundante no colagénio do tipo III, aquele que se encontra em artérias, tecidos embrionários, e músculo liso, entre outros (Etherington & Sims, 1981).

Segundo McCormick (1994), tanto a força de tensão do colagénio como o endurecimento da carne estão ligados ao tipo e concentração de ligações cruzadas. Com a idade e maturação, há uma mudança geral e progressiva do tipo de colagénio (com tendência para o tipo I) e um aumento na concentração de ligações cruzadas maturadas.

Imediatamente após a síntese de fibrilhas de colagénio por parte dos fibroblastos, formam-se ligações cruzadas covalentes intramoleculares, que são necessárias às funções mecânicas do colagénio. Contudo, devido à longa permanência desta proteína no organismo, ocorrem reações de condensação entre ligações cruzadas e maturação das ligações cruzadas à medida que o animal envelhece, dando origem a estas ligações maturadas. A maturação dos tecidos devido ao envelhecimento dos animais leva à formação destas ligações maturadas, termicamente mais estáveis, que por sua vez diminuem a solubilidade do colagénio, uma vez que não são tão facilmente quebradas quando sujeitas a altas temperaturas (Purslow, 2018). Num estudo levado a cabo por Fang *et al.* (1999), em que suínos desde o nascimento até aos 55 meses de idade foram abatidos, a quantidade de colagénio solúvel diminuiu quase linearmente, indicando que estes tipos de ligações foram formadas durante o envelhecimento cronológico dos animais. Este estudo também concluiu que a partir dos 6 meses, o endomísio tornou-se mais espesso e denso, o que também foi acompanhado pela hipertrofia das fibras musculares.

## Materiais e métodos

O objetivo do presente estudo foi analisar a composição e características físico-químicas de amostras de tecido muscular do músculo *Longissimus lumborum* (LL), de suínos machos castrados e fêmeas intactas criados num sistema de produção em modo biológico, contribuindo desta forma para a caracterização da carne dos animais provenientes deste sistema de produção.

### 1. Caracterização do sistema de produção

Os animais selecionados para o estudo foram obtidos numa empresa que se dedica à suinicultura extensiva, nomeadamente à produção de porcos em modo de produção biológico, com a particularidade de utilizar animais de raças melhoradas num ambiente totalmente extensivo. Desta forma, toda a produção é gerida de acordo com as regras e especificidades legislativas inerentes ao modo de produção biológico.

Ao caracterizar-se o sistema de produção, serão abordados vários aspetos relativos ao modo de produção destes animais, como a sua genética, nutrição, condições de alojamento, condições de bem-estar animal, questões de sanidade, assim como outras praticas de manejo que foram aplicadas ao longo da vida dos animais, incluindo o período pós-abate e o abate.

Sabemos que a qualidade sensorial e tecnológica da carne pode ser influenciada e manipulada pela alimentação e pelo sistema de produção ou por fatores ligados ao abate (Rosenvold, 2003). Contudo, os estudos geralmente mostram efeitos limitados na qualidade sensorial quando genótipos convencionais modernos (melhorados) são utilizados. Por outro lado, porcos de raças autóctones, criados e acabados em sistemas extensivos, dão origem a produtos de alta qualidade, desta forma demonstrando interações genótipo x ambiente positivas (Lebret, 2007).

Esta informação conjunta ajuda-nos a criar um contexto e possíveis justificações para os resultados que foram obtidos por análises feitas a alguns parâmetros de qualidade tecnológica, realizadas com amostras de carne fresca destes animais.

### 1.1. Localização da exploração

O local de produção destes animais encontra-se a menos de 30 km do litoral alentejano, onde as condições de humidade relativa amenizam as oscilações de temperatura tanto no inverno como de verão. Os solos desta região são predominantemente arenosos e portanto bem drenados.

Trata-se de uma zona de serra não muito acentuada, com áreas de floresta, principalmente constituídas por arbustos, sobreiros (*Quercus suber*), pinheiros mansos (*Pinus pinea*) e outras espécies autóctones como é o caso do medronheiro (*Arbutus unedo*) e das estevas (*Cistus ladanifer*). Estas condições edáficas e climáticas são ideais para a produção de suínos em extensivo (Figura 4).



Figura 4: Produção de suínos em modo de produção biológico e num sistema extensivo  
(Fonte: autor)

## 1.2. A genética e origem dos animais

Os animais utilizados no presente estudo foram produto de um cruzamento de comercial entre uma linha materna melhorada denominada “TN60” (Topigs Norsvin) e um macho finalizador da raça Landrace. Desmamados aos 28 dias, os leitões foram criados numa exploração que se dedica apenas à produção e venda de leitões, num pavilhão coberto, em sistema intensivo, até atingirem em média cerca de 30kg PV, altura em que foram adquiridos e que passaram para os parques de engorda ao ar livre (Figura 5) na exploração em modo de produção biológico, onde permaneceram até atingirem o peso para abate. Os animais do ensaio foram adquiridos com uma média de 33,3 kg PV, fazendo parte de um lote de 93 animais. O seu período de crescimento/engorda na exploração foi de 131 dias.



*Figura 5: Suínos em ensaio em parques ao ar livre.  
(Fonte: autor)*

### 1.3. Maneio dos animais

Conforme acima referido, os leitões chegaram à exploração com dois meses e meio de idade. No momento da chegada foram separados por tamanhos em lotes de 70 a 90 animais e encaminhados para os respetivos parques de engorda. Cada parque de engorda tem entre 8 a 10 hectares o que resulta numa área média por animal superior a 1 000 m<sup>2</sup>.

Os animais não foram sujeitos à realização do corte das caudas e dos dentes. Contudo, os machos foram todos previamente castrados e as fêmeas deixadas intactas. Esta intervenção cirúrgica, apesar de não ser a mais aconselhada neste modo de produção por ser controversa a nível de bem-estar animal, prova-se necessária como medida de prevenção para o aparecimento do indesejado sabor e odor a macho (“boar taint”) nas carcaças de animais adultos. De facto, estes animais chegam a ser sacrificados com 6 meses de idade, muitos deles tendo já atingido a maturidade sexual na altura em que apresentam o peso desejado para abate.

Após a entrada dos leitões, foi considerado um período médio de adaptação de três semanas, sendo este o período mais sensível da vida dos animais, pois a mudança de um ambiente interior para um ambiente exterior cria um grande choque inicial aos animais. Estes não só tiveram que se adaptar a uma maior oscilação de temperaturas de dia e de noite, como se habituar a procurar abrigo, a comer uma ração diferente, a utilizar os comedouros (Figura 6) e os bebedouros e muitas vezes a estabelecer uma nova hierarquia dentro dos novos lotes. Todas estas novas experiências contribuem para episódios perturbadores na vida dos leitões. Com estes aspetos em consideração, nesta fase os leitões eram monitorizados frequentemente, para a possível deteção de

animais doentes ou debilitados que necessitem de ser separados ou posteriormente encaminhados para uma enfermaria.



*Figura 6: Leitões a utilizar o comedouro ao ar livre  
(Fonte: autor)*

Ao fim de 21 dias na exploração, os animais foram vacinados contra diferentes estirpes de *Clostridium*, a Doença de Aujeszky e o Mal Rubro (Figura 7).



*Figura 7: Vacinação dos leitões  
(Fonte: autor)*



Em caso de doença severa, e caso não seja possível o uso de outros tratamentos para salvar a vida do animal, podem ser pontualmente utilizados antibióticos, devendo estas ocorrências ser devidamente registadas, de acordo com as especificações do modo de produção biológico.

Neste sistema de produção, as intervenções nos animais são reduzidas ao mínimo durante todo o seu período de engorda, que pode durar entre 3 e 4 meses. Ao longo da sua vida, estes animais apenas são retirados dos parques de engorda quando são vacinados, quando são pesados, ou quando são expedidos para abate, com aproximadamente 120 kg PV.

#### **1.4. Alimentação e abeberamento dos animais**

Os animais durante o seu período de engorda consumiram dois tipos diferentes de alimento composto farinado, sem OGM's, provenientes de uma fábrica de rações certificada e habilitada a produzir alimentos comerciais de acordo com a legislação europeia inerente ao modo de produção biológico. Estes dois tipos de ração foram fornecidos aos animais sem restrições em diferentes períodos da sua engorda, de acordo com o seu peso. Assim, inicialmente foi-lhes fornecida uma ração de crescimento, até atingirem aproximadamente os 70 kg PV. De seguida, consumiram uma ração de acabamento dos 70 kg até ao peso de abate (aproximadamente 120 kg PV).

Estas rações variam entre si nas quantidades dos diferentes ingredientes incorporados, mas também do ponto de vista nutricional, sendo a ração de crescimento mais rica em proteína do que a ração de acabamento (Tabela 4).

*Tabela 4: Ingredientes e composição química das rações consumidas pelos animais do ensaio*

	Crescimento (30-70 kg PV)	Acabamento (70 kg - abate)
<b>Ingredientes (g/100g)</b>		
Trigo	29,200	35,000
Cevada	25,000	25,000
Bagaço de soja	20,600	17,600
Aveia	11,100	9,700
Milho	10,000	10,000
Óleo de soja	1,600	0,580
Carbonato de cálcio	1,260	1,120
Sal	0,500	0,500
Premix vitamínico e mineral	0,500	0,500
Fosfato Bicálcico	0,240	
<b>Composição química (g/100gMS)</b>		
Matéria Seca (g/100g)	87,828	87,597
Humidade (g/100g)	12,171	12,402
Proteína Bruta	16,351	15,723
Metionina	0,245	0,236
Metionina + Cistina	0,555	0,536
Lisina	0,796	0,73
Treonina	0,600	0,561
Triptofano	0,214	0,202
Arginina	1,038	0,965
Isoleucina	0,662	0,619
Leucina	1,231	1,164
Fenilalanina	0,816	0,771
Tirosina	0,567	0,536
Histidina	0,404	0,383
Valina	0,771	0,729
Ácido Aspártico	1,463	1,337
Serina	0,826	0,783
Ácido glutâmico	3,542	3,457
Prolina	1,198	1,186
Glicina	0,691	0,655
Alanina	0,708	0,668
Gordura Bruta	3,507	2,465
Amidos	40,783	43,511
Açúcares	3,537	3,42
Cinza Bruta	5,251	4,785

Fósforo Total	0,398	0,35
Cálcio	0,817	0,699
Magnésio	0,155	0,15
Potássio	0,787	0,741
Sódio	0,210	0,209
Cloro	0,374	0,375
Fibra Bruta	4,956	4,773
Fibra neutro detergente (NDF)	15,855	15,846
Fibra ácido detergente (ADF)	6,017	5,809
Lignina	1,071	1,083
Vitamina A (10 <sup>3</sup> UI)	6,500	6,500
Vitamina E (mg/kgMS)	30,000	30,000
Vitamina D3 (10 <sup>3</sup> UI)	2,000	2,000
Energia Limpa Porcas (kcal/kg)	2391,552	2364,662
Energia Limpa Suínos (kcal/kg)	2299,862	2 281,075

Os animais do ensaio ingeriram em média um total de 248 kg de ração. A ingestão média de ração em cada fase, por animal, foi de aproximadamente 134 kg de ração na fase de crescimento e de 215 kg de ração na fase de acabamento. Na fase de crescimento, a ingestão voluntária (IV) por animal foi de 1,68 kg/dia, e na fase de acabamento este valor subiu para 4,21 kg/dia.

Cada parque continha um comedouros como o que se encontra representado na Figura 8. Estes comedouros têm capacidade para cerca de 4 000 kg de alimento composto farinado, e uma frente de comedouros que permite que cerca de 20 animais com 60 kg possam alimentar-se em simultâneo.



*Figura 8: Comedouro para suínos nos parques de engorda (Fonte: autor)*

O alimento foi distribuído por um reboque, puxado por um trator, com capacidade para aproximadamente 8 toneladas. Este reboque, com um sem-fim e um braço movível (Figura 9), tem uma balança incorporada, o que permite ao operador saber a quantidade exata de alimento que é distribuído a cada parque de engorda.



*Figura 9: Reabastecimento dos comedouros (Fonte: autor)*

É importante referir que a alimentação destes animais não se resume apenas ao alimento composto que lhes é fornecido, estes também consomem, dependendo da altura do ano, pastagens naturais e bolotas, raízes, tubérculos e outros recursos que se encontram nos parques de engorda (Figura 10).



*Figura 10: Suínos em pastoreio (Fonte: autor)*

Cada parque estava equipado com um bebedouro, constituído por 10 posições individuais de abeberamento, do tipo chupeta. Os suínos tinham também acesso *ad libitum* à água. Na extremidade dos bebedouros foi colocado um aspersor de água que foi ligado durante os meses de verão para formar charcas (Figura 11), ajudando assim os animais a baixarem a sua temperatura corporal.



*Figura 11: Charcas usadas para os suínos regularem a temperatura corporal durante o verão  
(Fonte: autor)*

### **1.5. Alojamento dos animais**

Cada parque de engorda dispunha de 2 abrigos para os animais. Estes abrigos eram estruturas metálicas com 6 m<sup>2</sup>, 3 m de comprimento por 2 m de largura, com uma entrada de aproximadamente 1,5 m de altura (Figura 12). Dentro de cada abrigo eram colocados fardos de palha, o que ajudava os animais a aquecerem-se. Isto era especialmente importante para os animais mais jovens, nos meses de temperaturas mais baixas. A palha era repostada com maior regularidade nos meses de inverno.



Figura 12: Abrigo para suínos, existente nos parques de engorda (Fonte: autor)

### 1.6. Período pré-abate

Quando atingiam aproximadamente os 120 kg PV, os animais com o peso desejado eram separados uns dias antes de serem expedidos para o matadouro. Cerca de 24 horas antes de serem expedidos, eram fechados os comedouros dos animais destinados a abate, permitindo desta forma um jejum pré-abate. Estes animais continuavam a ter acesso *ad libitum* a água, até serem retirados dos parques. O jejum pré-abate ajuda, entre outros aspetos, a aumentar a segurança alimentar e a melhorar a qualidade da carne, reduzindo o conteúdo digestivo dos animais a abater e assim diminuindo a possibilidade de contaminação da carne através de uma perfuração inadvertida, durante o manuseamento e limpeza da carcaça (Faucitano *et al.*, 2006).

Com vista ao seu transporte para o matadouro, os porcos foram agrupados com a ajuda de um curral (estrutura metálica na Figura 13) que é montado no local onde os animais vão ser carregados para um camião.

O transporte destes animais para o matadouro ocorreu ao final do dia, com uma viagem de que durou aproximadamente uma hora e meia. Isto porque os animais provenientes do modo de produção biológico devem permanecer um período máximo de 6 h na abegoaria e ser os primeiros ou os últimos animais da linha de abate a serem sacrificados.



*Figura 13: Curral para contenção de suínos  
(Fonte: autor)*



## 2. Desenho experimental

Foram selecionados dois grupos de 8 animais do mesmo lote de engorda (n=8 por grupo), em que um dos grupos era constituído por machos castrados (grupo MC) e o outro por fêmeas (grupo F).

Ambos os grupos foram engordados no mesmo sistema de produção (ver acima), com condições de manejo e alimentação idênticas. Adquiridos com um PV médio de aproximadamente 33 kg, os animais foram abatidos a um PV médio de 120 kg.

## 3. Rendimento das carcaças

Durante o abate dos animais, as carcaças são inspecionadas pelas autoridades veterinárias competente, que procuram possíveis sinais de doença nos órgãos ou outras anomalias ao nível da carcaça. Durante este processo podem ser rejeitadas partes da carcaça por parte do matadouro, por não se encontrarem em conformidade com os requisitos das autoridades veterinárias.

Das carcaças dos animais utilizados neste estudo, foram rejeitados aproximadamente 13 kg, sendo que as rejeições não passaram em nenhum caso dos 2 kg por animal. Isto pode parecer um valor bastante elevado, mas problemas como lesões ou fraturas antigas são comuns em suínos criados ao ar-livre, dependendo do sistema de produção (Alban *et al.*, 2015), sendo este o principal motivo destas rejeições. As rejeições foram em grande parte da zona do chispe das carcaças dos animais.

Antes de entrarem no túnel de refrigeração as carcaças são pesadas, obtendo-se o peso da carcaça quente. O rendimento da carcaça é calculado através do quociente entre o peso vivo (PV) e o peso de carcaça quente (PQC) de cada animal.

As carcaças dos animais foram divididas em meias carcaças através de um corte longitudinal e deixadas no túnel de refrigeração do matadouro a 0°C durante 24 h, antes de prosseguirem para a sala de desmancha. Foi aplicada uma taxa de enxugo de 2% a

cada carcaça. Esta taxa deve-se à perda de peso da carcaça durante o período de refrigeração, principalmente por perdas de água por evaporação. Ao aplicarmos esta taxa sob o PQC obtemos o “peso líquido” ou peso de carcaça fria.

#### 4. Classificação das carcaças

A classificação das carcaças é realizada pela autoridade competente, previamente à sua saída do túnel de refrigeração para a sala de desmancha. A classificação tem como critério a percentagem de carne magra, ou seja, a parte da musculatura esquelética da carcaça que é dissecável em relação ao peso da carcaça (Nakev & Popova, 2019). Este sistema de classificação denomina-se SEUROP, e é representado na tabela 5.

*Tabela 5: Classificação SEUROP*

Categorias:	% de carne magra, relativamente ao peso da carcaça
S	60 ou superior
E	55 ou mais, mas menos de 60
U	50 ou mais, mas menos de 55
R	45 ou mais, mas menos de 50
O	40 ou mais, mas menos de 45
P	inferior a 40

*(Fonte: Regulamento (UE) N.º 1308/2013, Anexo IV (Regulation (EU) No 1308/2013, 2013))*

O teor de carne magra tem que ser calculado através de métodos de cálculo estatisticamente aprovados pela Comissão Europeia. Neste caso, o método utilizado foi o do “Fat-o-meter”. Os valores são expressos em “% de carne”. Todos as carcaças dos suínos do ensaio foram classificadas dentro das categorias “E” e “U”.

## 5. Colheita e processamento das amostras

As carcaças dos animais foram processadas e divididas em meias carcaças através de um corte longitudinal. As meias carcaças foram deixadas no túnel de refrigeração do matadouro a 0 °C durante 24 h, antes de prosseguirem para a sala de desmancha. Foi aplicada uma taxa de enxugo de 2% a cada carcaça.

No decorrer da desmancha (Figura 14), várias peças de cada animal foram pesadas individualmente, nomeadamente as pás, pernas, lombos, barrigas (todas estas peças com osso), assim como os toucinhos do dorso e os lombinhos.



*Figura 14: Sala de desmancha do matadouro (Fonte: autor)*

Posteriormente, foram retiradas duas fatias com aproximadamente 2 cm de espessura do músculo LL ao nível das primeiras vértebras lombares de cada animal, para realização de análises laboratoriais. Estas amostras foram embaladas, identificadas e guardadas individualmente numa caixa refrigerada e hermeticamente selada, sendo imediatamente transportadas para o Laboratório de Nutrição e Metabolismo Animal nas instalações do Pólo da Mitra da Universidade de Évora, onde uma delas foi utilizada para processamento imediato e outra foi selada a vácuo e congelada até análise laboratorial.

## 6. Procedimentos analíticos

De forma a averiguar a qualidade da carne do ponto de vista tecnológico, foram analisados uma série de parâmetros físico-químicos associados a esta dimensão da qualidade da carne. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Metabolismo da Universidade de Évora, no Pólo da Mitra, com recurso aos equipamentos e infraestruturas que este dispõe.

### 6.1. Perdas por gotejamento

Imediatamente após a chegada das amostras ao laboratório, foram realizadas análises para avaliar as perdas de água por gotejamento da carne em fresco. Para estas análises recorreu-se ao método “EZ drip-loss” como é descrito por Christensen (2003). Neste caso, foram feitos dois cortes cilíndricos de 25 mm de diâmetro numa fatia do músculo LL de cada animal (Figura 15).



*Figura 15: Preparação da amostra para doseamento das perdas por gotejamento (“drip loss”). (Fonte: autor)*

## 6.2. pH

Após ter sido retirada a gordura intermuscular e tecido conjuntivo adjacente das amostras de LL, estas foram picadas e foi medido o pH, de acordo com a Norma Portuguesa (NP-3441, 2008). A medição foi feita através de um eletrodo penetrante “Ingold”, modelo Lot406-M6-DXK-S7, ligado a um potenciômetro (Figura 16). O instrumento foi previamente calibrado, tendo as medições sido corrigidas para a temperatura da amostra. As medições foram feitas em triplicado, sendo o valor de pH obtido pela sua média aritmética.



Figura 16: Medição do pH (Fonte: autor)

## 6.3. Cor

As amostras congeladas, após serem descongeladas, foram abertas com um corte longitudinal, deixando o seu interior exposto ao ar durante um período de 30 minutos de modo a permitir a ocorrência do efeito de *blooming*. A leitura da cor foi depois feita com recurso a um colorímetro (Konica Minolta CR-400) equipado com um sistema

iluminante D65 de acordo com a CIE ("Commission Internationale de l'éclairage") (McLaren, 1976).



Figura 17: Medição da cor com um Minolta C400 (Fonte: autor)

Foram realizadas 6 leituras em cada amostra (3 por cada metade) e registados os valores de  $L^*$ ,  $a^*$ , e  $b^*$ . O valor  $L^*$  representa a luminosidade, enquanto os valores de  $a^*$  e  $b^*$  representam coordenadas de cromaticidade (Figura 18).

#### 6.4. Pigmentos totais

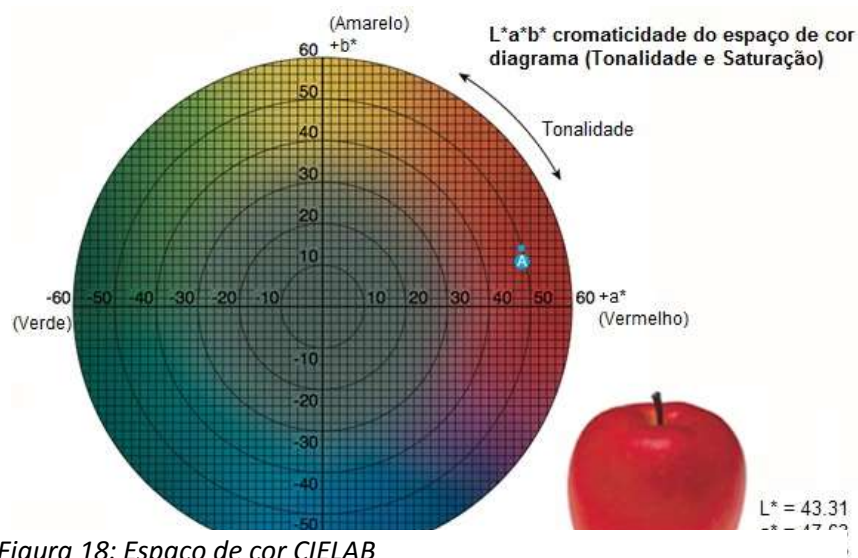


Figura 18: Espaço de cor CIELAB (Fonte: <https://sensing.konicaminolta.us>)

A análise dos pigmentos totais (figura 19) foi realizada de acordo com o método de Hornsey (1956). As amostras de tecido muscular abertas ao meio foram limpas de gordura intermuscular e tecido conjuntivo e trituradas numa picadora. Pesaram-se então 10 g de amostra picada para um balão de vidro esmerilado, onde foram adicionados 40 mL de acetona e 2 mL de água destilada. De seguida agitou-se vigorosamente durante 1 min, adicionou-se 1 mL de ácido clorídrico concentrado e deixou-se em repouso a 4 °C, em ambiente de obscuridade, durante 1 h.



*Figura 19: Determinação dos pigmentos totais (Fonte: autor)*

O conteúdo foi filtrado com papel de Whatman nº 40 para um tubo de ensaio e fez-se a leitura da absorvância a 640 nm num espectrofotómetro UV-VIS (VWR 1600PC). O valor final foi multiplicado por 680 e expresso em ppm. Para cada amostra foram realizadas duas réplicas.

### **6.5. Matéria Seca**

O método de análise da matéria seca foi adaptado da NP-1614 (2009). Foram utilizadas amostras de tecido muscular fresco, já trituradas e previamente limpas de tecido conjuntivo e gordura intermuscular. Assim, pesou-se 5g de amostra para um cadinho de alumínio, previamente seco na estufa a 102 °C após ter sido arrefecido num exsiccador e

tarado. A amostra foi colocada no cadinho de forma que o seu volume ficasse uniforme e homoganeamente distribuído.

Os conjuntos foram colocados durante 2 h na estufa a 102 °C, arrefecidos num exsiccador até atingirem a temperatura ambiente e pesados. Foram novamente colocados na estufa por mais 30 min, arrefecidos no exsiccador e pesados. O processo foi finalizado quando a diferença de peso registada entre duas pesagens consecutivas era inferior a 0,01 g (peso seco). Para cada amostra foram realizadas 2 réplicas.

## 6.6. Cinzas totais

A determinação das cinzas totais foi realizada com base na NP-1615 (2002). As amostras resultantes das análises de matéria seca foram queimadas num queimador durante 15 a 20 minutos, de forma a eliminar quaisquer vestígios de gordura. Posteriormente, realizou-se uma inceneração dos cadinhos numa mufla (Figura 20) durante pelo menos 4 h a  $550 \pm 25$  °C. Ao serem retirados da mufla, os cadinhos foram colocados num exsiccador para atingirem a temperatura ambiente, sendo o seu peso registado posteriormente.



*Figura 20: Determinação das cinzas totais em mufla (Fonte: autor)*



## 6.7. Colagénio Total

O método utilizado para a determinação do colagénio total (Woessner, 1961; Etherington & Sims, 1981) é composto por duas fases distintas, a primeira consiste numa hidrólise ácida e a segunda na determinação do teor em hidroxiprolina.

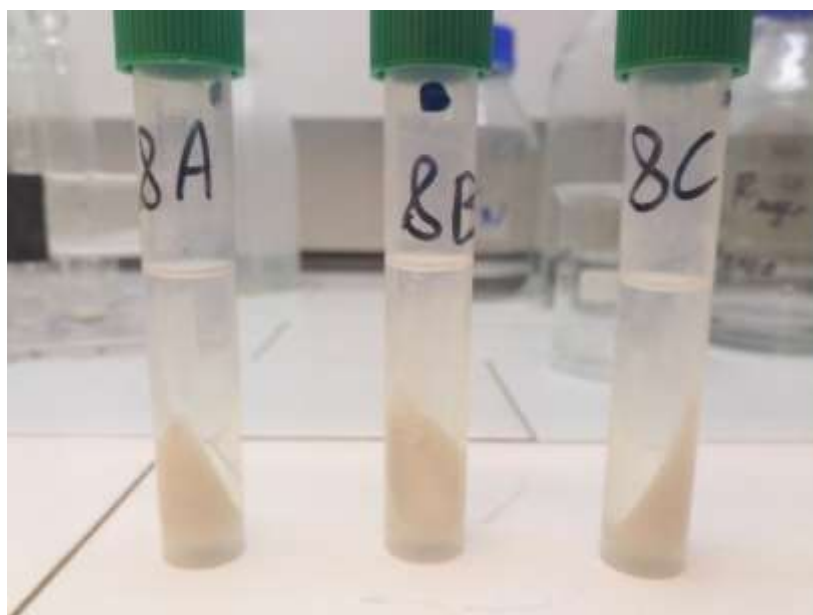
Amostras de tecido muscular previamente liofilizado, homogeneizado e guardado a -20°C sofreram primeiramente uma hidrólise ácida, de forma a provocar a libertação da hidroxiprolina de ligações peptídicas. A hidroxiprolina dos organismos dos animais está confinada quase exclusivamente às escleroproteínas do tecido conjuntivo, colagénio e elastina. Dada esta estrita distribuição, a hidroxiprolina tem sido amplamente usada como um indicador tanto da presença como do metabolismo do colagénio.



*Figura 21: Determinação do colagénio total – adição de carbono ativado para posterior filtragem (Fonte: autor)*

## 6.8. Colagénio Solúvel

O método de análise utilizado para a determinação do colagénio solúvel foi baseado na norma ISO 3496 (1978), que foi revisto e atualizado na norma ISO 3496 (1994). Apesar de ser idêntico ao método anterior no que diz respeito à determinação do teor em hidroxiprolina, a primeira parte do processo é diferente. Neste caso, é adicionada Solução de Ringer a 300 mg de amostra liofilizada e homogeneizada. Esta mistura é posteriormente aquecida a 77 °C durante 1 h e colocada em tubos que são submetidos a uma centrifugação. É retirada uma porção do sobrenadante, que é submetida à hidrólise ácida.



*Figura 22: Determinação do colagénio solúvel - fase de centrifugação e recolha do sobrenadante (Fonte: autor)*

## 6.9. Proteína Total

Para a determinação da proteína total, cerca de 175 mg de amostra previamente liofilizada, homogeneizada e guardada a -20 °C, foram pesados para uma folha de estanho e analisados no aparelho Leco FP-528 (Leco Corp.) que estima a percentagem de azoto total da amostra usando a técnica de combustão de Dumas (método 992.15 da

AOAC ( 2011)). A percentagem de proteína total obtém-se multiplicando o valor de azoto total pelo fator de conversão 6,25. Para cada amostra foram feitas duas réplicas.



*Figura 23: Determinação da Proteína Total – estimativa da percentagem de azoto total pela técnica de combustão de Dumas, com recurso ao aparelho Leco FP-528 (Fonte: autor)*

### **6.10. Lípidos Totais e perfil dos ácidos gordos**

O músculo LL foi analisado para os lípidos totais. Amostras (cerca de 1,5 g) previamente liofilizadas, homogeneizadas e guardadas a -20 °C de músculo foram submetidas à extração dos seus lípidos segundo o método de Folch *et al.* (1957). A extração foi realizada com clorofórmio e metanol (mistura 60:40 v/v) aos quais foi adicionado o antioxidante BHT (100 mg/L). O extrato obtido foi evaporado num evaporador (Vacobox B-177, Buchi, Suíça) equipado com um controlador de vácuo (B-720, Buchi, Suíça) e um

banho-maria (B-480, Buchi, Suíça). O extrato evaporado foi quantificado (g/100 g de amostra) por pesagem dos balões previamente tarados, após 12 h em exsiccador. Este extrato final foi ressuspenso em hexano e preservado a -20 °C até determinação do perfil dos ácidos gordos por cromatografia gasosa.

O perfil em ácidos gordos foi determinado nos extratos lipídicos obtidos pelo método anteriormente descrito, previamente metilados, de acordo com o método de Bannon *et al.* (1985). A identificação e o perfil dos ácidos gordos do músculo LL foi feita por cromatografia gasosa utilizando um cromatógrafo GC-MS2010 Plus, Shimadzu (Kyoto, Japan), equipado com uma coluna capilar SP-2560 (100 m x 0.25 mm I.D., 0.20 µm) (Supelco, USA). O volume de amostra injetado foi 1 µL. As condições cromatográficas utilizadas foram as seguintes: temperatura do injetor a 250 °C; temperatura do detetor a 270 °C; temperatura do forno inicia a 140 °C (mantida durante 5 min) e subida até 240 °C a 4 °C/min (mantida durante 10 min). O gás de arrasto utilizado foi o hélio, a um fluxo de 1 mL/min. Por fim, os ácidos gordos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos picos da amostra analisada, com os tempos de retenção de misturas padrão de composição conhecida (Supelco cat. no. 47801 e 47885-U). O teor de ácidos gordos foi expresso como g/100 g do total de ésteres metílicos identificados.

## 7. Análise estatística

Os resultados estão apresentados sob a forma de média  $\pm$  erro padrão.

A análise estatística dos dados obtidos foi realizada com recurso a um modelo de análise de variâncias (ANOVA) com o software estatístico Statview 5.0 (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). Para os dados de carcaça, o peso da carcaça quente foi introduzido no modelo estatístico como co-variante.

As diferenças entre os dois grupos foram consideradas significativas quando  $P < 0,05$ .

## Resultados

Não foram verificadas anomalias na condição física ou sanitária dos animais em teste. Para além das rejeições anteriormente referidas em algumas carcaças, que se deveram principalmente a pequenas artrites ou hematomas na zona do chispe, não se registaram mais anomalias durante o ensaio.

### 1. Efeito do modo de produção biológico na performance zootécnica e nas características das carcaças

#### 1.1. **Parâmetros zootécnicos e características das carcaças e peças de talho**

Devido a condicionantes ao nível da Exploração onde decorreu o ensaio, não foi realizado o controlo individual da ração consumida pelos animais utilizados, nem a evolução do seu peso ao longo do ensaio. Assim, quanto aos parâmetros zootécnicos, os valores obtidos resultaram de uma média ponderada para o lote total de animais onde os animais experimentais estavam inseridos, não refletindo assim os valores exatos para a performance individual de cada animal do ensaio. Desta forma, os valores médios para o ganho médio diário (662 g/d) a ingestão voluntária (2,67 kg/d) e o índice de conversão alimentar (4,03 kg/kg) são meramente informativos e iguais tanto para o grupo MC como para o grupo F.

Como se pode verificar na tabela 6, quando comparada à do grupo MC a média do PV a que os animais foram abatidos (peso final) foi significativamente superior no grupo F ( $P<0,01$ ), o que também se verificou ao nível do peso de carcaça quente ( $P<0,01$ ). Por sua vez, o rendimento de carcaça também diferiu significativamente entre os dois grupos ( $P<0,01$ ), sendo 3,9% superior no caso das fêmeas, em relação aos machos castrados.

Quanto à percentagem de carne, calculada pelo método do Fat-o-meter, o grupo MC apresentou valores médios 2,6% superiores ao grupo F, contudo as diferenças entre os dois grupos não foram significativas.

Relativamente às peças de talho, verificou-se que o grupo F apresentou uma percentagem em peças magras 5,3% superior ( $P < 0.01$ ) à do grupo MC, devido principalmente à proporção superior de perna (6,9%) e lombinho (16,4%) ( $P < 0.05$ ). Esta superioridade foi também verificada nas peças ósseas, 5,6% superior ( $P < 0.05$ ) no grupo F que no grupo MC, devido a uma proporção superior de cachaço (11,2%) ( $P < 0.001$ ) e de vão das costeletas (1,3%), apesar desta última não ser significativamente diferente. Por fim, o grupo F apresentou uma percentagem em peças gordas 5,3% superior ( $P < 0.001$ ) à do grupo MC, devido a diferenças verificadas na entremeada (14,1%) e toucinho (24,5%) ( $P < 0.001$ ). Como consequência das variações nas proporções de peças magras e gordas, a relação peças magras/peças gordas revelou ser 9,8% inferior ( $P < 0,001$ ) no grupo F, quando comparado ao grupo MC (Tabela 6).

Tabela 6: Parâmetros zootécnicos e características das carcaças e peças de fêmeas (F) e machos castrados (MC) suínos<sup>1</sup> criados em modo biológico dos 30 aos 120 kg PV

	F (n=8)	MC (n=8)	Análise de variância
Peso final (kg)	123,5 ± 1,3	116,5 ± 1,7	**
Carcaça quente (kg)	99,0 ± 1,5	89,9 ± 1,8	**
Rendimento de carcaça (%)	80,1 ± 0,6	77,1 ± 0,5	**
Rejeições (kg)	0,75 ± 0,4	0,87 ± 0,3	NS
Percentagem de carne (%)	53,9 ± 0,6	55,3 ± 0,6	NS
Peças:			
Cachaço (%)	4,65 ± 0,07	4,18 ± 0,04	***
Pá (%)	6,3 ± 0,1	6,2 ± 0,1	NS
Perna (%)	10,9 ± 0,4	10,2 ± 0,3	*
Vão das costeletas (%)	4,83 ± 0,14	4,77 ± 0,11	NS
Lombinho (%)	0,64 ± 0,02	0,55 ± 0,03	*
Entremeada (%)	8,9 ± 0,1	7,8 ± 0,1	***
Toucinho (%)	4,07 ± 0,11	3,27 ± 0,14	***
Peças magras <sup>2</sup> (%)	17,9 ± 0,3	17,0 ± 0,3	**
Peças ósseas <sup>3</sup> (%)	9,5 ± 0,2	9,0 ± 0,1	*
Peças gordas <sup>4</sup> (%)	13,0 ± 0,1	11,1 ± 0,3	***
Relação peças magras/peças gordas	1,38 ± 0,02	1,53 ± 0,02	***

Notas: <sup>1</sup>Suínos resultantes do cruzamento entre macho Landrace e fêmeas TN60 (Topgis Norsvin®);

<sup>2</sup>Soma das peças pá, perna e lombinho; <sup>3</sup>Soma das peças cachaço e vão das costeletas;

<sup>4</sup>Soma das peças entremeada e toucinho;

\*\*\* - P<0,001; \*\* - P<0,01; \* - P<0,05; NS – Não significativo (P≥0,05).

## 2. Efeito do modo de produção biológica na composição química e nas características de qualidade da carne, no músculo *Longissimus lumborum*

### 2.1. Composição química

Não se verificaram diferenças significativas entre os dois grupos de animais em ensaio para os valores de proteína total, cinzas e mioglobina (Tabela 7). Apesar de não significativamente diferentes, notou-se uma tendência ( $P=0,09$ ) para os valores de colagénio total serem 12,1% inferiores no grupo F, quando comparado com o grupo MC, e os de colagénio solúvel serem 15,7% superiores.

Os valores de humidade foram 1,4% inferiores ( $P<0,05$ ) no grupo F comparativamente ao grupo MC. Em sentido contrário variaram os valores de lípidos intramusculares totais, 3,7% superiores ( $P<0,05$ ) no grupo F (Tabela 7).

*Tabela 7: Composição química do músculo Longissimus lumborum de fêmeas (F) e machos castrados (MC) suínos<sup>1</sup> criados em modo de produção biológico dos 30 aos 120 kg PV*

	F (n=8)	MC (n=8)	Análise de variância
Humidade (g/100g)	71,6 ± 0,3	72,6 ± 0,2	*
Proteína total (g/100g)	22,3 ± 0,3	22,3 ± 0,3	NS
Lípidos intramusculares totais (g/100g)	4,17 ± 0,05	4,02 ± 0,03	*
Cinzas (g/100g)	1,17 ± 0,02	1,15 ± 0,02	NS
Mioglobina (mg/g)	0,51 ± 0,02	0,54 ± 0,06	NS
Colagénio total (mg/g MS)	8,7 ± 0,5	9,9 ± 0,4	0,09
Colagénio solúvel (% colagénio total)	11,8 ± 0,8	10,2 ± 0,4	0,09

Notas: <sup>1</sup>Suínos resultantes do cruzamento entre macho Landrace e fêmeas TN60 (Topgis Norsvin®);

\* -  $P<0,05$ ; NS – Não significativo ( $P\geq 0,05$ ).



## 2.2. pH, perda de água por gotejamento e cor

Não foram reveladas diferenças significativas para os valores de pH (24h *post mortem*) entre os dois grupos do ensaio (Tabela 8).

A perda de água por gotejamento foi 58,1% inferior ( $P < 0,05$ ) no grupo F, quando comparado ao grupo MC (Tabela 8).

Tabela 8: pH, perda de água por gotejamento e cor do músculo *Longissimus lumborum* de fêmeas (F) e machos castrados (MC) suínos<sup>1</sup> criados em modo de produção biológico dos 30 aos 120 kg PV

	F (n=8)	MC (n=8)	Análise de variância
pH (24 h <i>post mortem</i> )	5,69 ± 0,03	5,62 ± 0,05	NS
Perda de água por gotejamento (g/100 g)	1,39 ± 0,28	3,32 ± 0,66	*
Luminosidade (L*)	53,6 ± 0,8	54,7 ± 0,9	NS
Coordenada cromática a* (“Redness”)	10,1 ± 0,7	10,3 ± 1,2	NS
Coordenada cromática b* (“Yellowness”)	9,6 ± 0,3	9,3 ± 0,8	NS
Cromaticidade (C)	13,9 ± 0,7	13,9 ± 1,4	NS
Ângulo de tono (H°)	43,8 ± 1,4	42,6 ± 1,2	NS
Saturação	0,26 ± 0,01	0,25 ± 0,03	NS

Notas: <sup>1</sup>Suínos resultantes do cruzamento entre macho Landrace e fêmeas PN60 (Topgis Norsvin®);

\* -  $P < 0,05$ ; NS – Não significativo ( $P \geq 0,05$ ).

Por fim, não se registaram diferenças significativas entre os dois grupos de animais em ensaio para os parâmetros da cor.

### 2.3. Perfil em ácidos gordos

A análise à composição em ácidos gordos do tecido muscular revelou diferenças significativas entre ambos os grupos de animais em ensaio para os valores de ácido mirístico (14:0) e ácido palmítico (16:0) ( $P < 0,01$ ), ácido palmitoleico (16:1n-7), ácido linoleico (18:2n-6) e ácido araquidónico (20:4n-6) ( $P < 0,05$ ). No entanto, os valores de ácido esteárico (18:0) e oleico (18:1) não variaram significativamente entre os dois grupos em ensaio. Em termos gerais, quando comparado com o grupo MC, o grupo F apresentou tendência ( $P = 0,07$ ) para uma maior proporção de SAT e uma menor proporção de POLI ( $P < 0,05$ ), o que se repercutiu numa relação entre POLI e SAT inferior ( $P < 0,05$ ). O somatório dos ácidos gordos n-6 foi também superior no grupo F ( $P < 0,05$ ). Por fim, o índice de saturação e o índice trombogénico foram tendencialmente superiores ( $P = 0,07$  e  $0,06$ , respetivamente) no grupo F quando comparado com o grupo MC.

Tabela 9: Perfil em ácidos gordos (%) do músculo *Longissimus lumborum* de fêmeas (F) e machos castrados (MC) suínos<sup>1</sup> criados em modo biológico dos 30 aos 120 kg PV

	F (n=8)	MC (n=8)	Análise de variância
Ácido mirístico (14:0)	1,07 ± 0,03	0,95 ± 0,02	**
Ácido palmítico (16:0)	25,8 ± 0,4	24,4 ± 0,2	**
Ácido palmitoleico (16:1n-7)	2,72 ± 0,13	2,18 ± 0,16	*
Ácido esteárico (18:0)	11,8 ± 0,2	12,3 ± 0,4	NS
Ácido oleico (18:1n-9)	43,1 ± 0,5	42,9 ± 0,8	NS
Ácido cis-vaccénico (18:1n-7)	4,96 ± 0,08	4,81 ± 0,13	NS
Ácido linoleico (18:2n-6)	8,5 ± 0,3	10,0 ± 0,5	*
Ácido linolénico (18:3n-3)	0,39 ± 0,02	0,39 ± 0,04	NS
Ácido gondóico (20:1n-9)	0,65 ± 0,04	0,66 ± 0,02	NS
Ácido araquidónico (20:4n-6)	0,77 ± 0,08	1,28 ± 0,23	*
Σ Ácidos gordos saturados (SAT)	38,7 ± 0,4	37,6 ± 0,4	0,07
Σ Ácidos gordos monoinsaturados (MONO)	51,6 ± 0,4	50,7 ± 1,0	NS
Σ Ácidos gordos polinsaturados (POLI)	9,7 ± 0,4	11,7 ± 0,7	*
Σ Ácidos gordos insaturados (INS)/SAT	1,59 ± 0,03	1,66 ± 0,03	0,08
Σ POLI/SAT	0,25 ± 0,01	0,31 ± 0,02	*
Σ n-3	0,39 ± 0,02	0,39 ± 0,04	NS
Σ n-6	9,3 ± 0,4	11,3 ± 0,7	*
Σ n-3/n-6	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	NS
Σ n-6/n-3	24,4 ± 1,3	31,4 ± 4,5	NS
Σ n-9	44,0 ± 0,5	43,7 ± 0,8	NS
Índice de saturação <sup>2</sup>	0,63 ± 0,01	0,60 ± 0,01	0,07
Índice trombogénico <sup>3</sup>	1,17 ± 0,02	1,12 ± 0,02	0,06

Notas: <sup>1</sup>Suínos resultantes do cruzamento entre macho Landrace e fêmeas TN60 (Topgis Norsvin®);

\*\* - P<0,01; \* - P < 0,05; NS – Não significativo (P≥0,05);

<sup>2</sup>Índice de saturação = (14:0+16:0+18:0)/(ΣMONO+ΣPOLI);

<sup>3</sup>Índice trombogénico = (14:0+16:0+18:0)/[(0,5×ΣMONO)+(0,5×Σn-6)+(3-Σn-3)+(Σn-3/Σn-6)].

## Discussão

O ensaio experimental realizado teve como objetivo contribuir para a caracterização do modo de produção biológico aplicado à produção de suínos e tentar compreender o efeito do sistema de produção em modo biológico na performance zootécnica, nas características das carcaças e peças de talho, assim como na composição química do tecido muscular e em determinados parâmetros de especial interesse no âmbito da qualidade da carne de fêmeas e machos castrados suínos resultantes do cruzamento entre macho Landrace e fêmeas TN60 (Topgis Norsvin®).

### 1. Efeito do modo de produção biológico sobre a performance zootécnica

No que diz respeito aos parâmetros zootécnicos, o grupo F terminou o ensaio com um PV significativamente superior ao grupo MC (123,5 vs. 116,5 kg PV). Uma vez que foi considerado um igual PV médio de entrada na engorda para todos os animais, os resultados para os diferentes parâmetros de performance zootécnica (GMD, ingestão voluntária (IV) e IC) não resultaram de medições individuais e não refletem as diferenças entre os dois grupos (F e MC) durante o período de engorda.

Olsson *et al.* (2003), num estudo comparativo da performance de suínos criados num sistema ao ar-livre e num sistema convencional, verificaram que no primeiro sistema os machos castrados apresentaram um GMD superior ao das fêmeas intactas (816 vs 777 g/dia). Morales *et al.* (2011) ao analisarem a influência do sexo e da castração na performance zootécnica de duas linhas genéticas, neste caso criadas em sistemas convencionais, também encontraram diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) para o GMD e IV entre machos castrados e fêmeas intactas, com valores mais elevados verificado nos machos. Isto leva-nos a acreditar que as fêmeas selecionadas para o ensaio teriam

uma idade média e por isso um PV médio superior ao dos machos, aquando do início do ensaio, o que se traduziu num peso final superior no grupo F.

Maiorano *et al.* (2012) reportaram que o sistema de produção, o tipo de dieta (com ou sem silagem de grão de milho) e o sexo não influenciaram o GMD (entre 779 e 806 g/dia), quando compararam os crescimentos de suínos Landrace num sistema de produção convencional e num sistema ao ar-livre (acesso a uma área de 24 m<sup>2</sup>). Outros estudos sobre o efeito de sistemas de produção em modo biológico com acesso a zonas exteriores, sobre a performance zootécnica (Hansen *et al.* 2006), indicaram valores de GMD superiores (935 g/dia). Valores mais baixos (634 g/dia) foram apontados por Strudsholm & Hermansen (2005) para porcos criados ao ar livre, mas neste caso, com alimentação restringida. Já Lebret *et al.* (2006), reportou um maior GMD em suínos criados num sistema misto (1045 g/dia), com uma área interior com chão coberto de serradura (1,3 m<sup>2</sup>/porco) e acesso a uma zona exterior (1,1 m<sup>2</sup>/porco), quando comparado a um sistema convencional (960 g/dia) com chão ripado (0,65 m<sup>2</sup>/porco). Isto deveu-se a uma maior IV por parte dos suínos criados no sistema misto, provavelmente por estarem sujeitos a uma temperatura ambiente mais baixa. De facto, noutro estudo que pretendeu estudar o efeito da dieta e alojamento em modo de produção biológico (4 m<sup>2</sup>/porco e alimentação 100% biológica) vs modo convencional (1 m<sup>2</sup>/porco e alimento convencional com aminoácidos sintéticos) (Millet *et al.* 2005), foram encontradas diferenças significativas em relação ao efeito do alojamento, que levou por parte dos animais em modo biológico a uma maior IV durante o ensaio (P<0,001) e resultou num maior GMD (P<0,001).

Estes resultados para o GMD são relativamente superiores aos valores médios apresentados pelo lote de engorda no qual os animais do ensaio estavam inseridos (662 g/dia), o que pode ser um indicador da influência de algumas características deste sistema de produção, como a enorme área de 1000 m<sup>2</sup>/animal (muito superior à dos estudos referidos). O acesso a grandes áreas exteriores em que os animais fazem mais exercício físico, assim como o facto de se encontrarem expostos às oscilações da

temperatura ambiente, tornando a termorregulação mais exigente, aumentando o gasto de energia dos animais submetidos a estes sistemas de produção (Martino *et al.*, 2014). Este último fator tem um impacto significativo no aumento da IV dos animais (Lebret *et al.*, 2002), o que acaba por influenciar negativamente o IC.

Assim, de modo geral, os animais criados e engordados em sistemas de produção em modo de produção biológico apresentam GMD inferiores e IC superiores a animais de sistema de produção convencionais (Hansen *et al.*, 2006; Martino *et al.*, 2014; Quander-Stoll *et al.*, 2021). Isto pode também dever-se a um défice no fornecimento de aminoácidos essenciais em sistemas em modo biológico, nomeadamente lisina e metionina, que limitam o crescimento muscular (Quander-Stoll *et al.*, 2021).

## 2. Efeito do modo de produção biológico nas características e rendimento de carcaça e peças de talho

Foram registadas diferenças significativas ao nível do peso de carcaça quente e no rendimento de carcaça, sendo os valores para estes parâmetros ligeiramente superiores no grupo F (99 kg e 80,1%, respetivamente) quando comparado ao grupo MC (89,9 kg e 77,1%). Estas diferenças de valores entre os dois grupos de animais em ensaio estão provavelmente relacionadas com o peso médio final superior do grupo F (123,5 kg) em relação ao grupo MC (116,5 kg). Por outro lado, não foram encontradas diferenças significativas para as rejeições ou para a percentagem de carne na carcaça entre os grupos experimentais.

Sundrum *et al.* (2011), reportam para o rendimento de carcaça valores ligeiramente inferiores (entre 76,2 a 78,1%) aos obtidos neste ensaio, quando compararam diferentes génotipos e regimes alimentares em modo de produção biológico, com uma área de 2,5 m<sup>2</sup>/porco. Já Hansen *et al.* (2006) indicam um rendimento de carcaça médio semelhante, de 77,4%, em suínos criados em modo biológico 100% *ad libitum*, com

acesso a uma área exterior. Sundrum *et al.* (2011), também encontraram diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) no efeito do sexo sobre o rendimento de carcaça, sendo este superior nas fêmeas, em comparação aos machos castrados. Quando comparados a suínos criados em sistemas convencionais, os suínos em modo biológico tendem a apresentar rendimentos de carcaça ligeiramente inferiores (Hansen *et al.*, 2006; Tomažin *et al.*, 2018).

Quanto aos valores para a proporção das peças de talho, foi detetado que algumas peças de talho apresentaram valores percentuais superiores no grupo F, como o cacheço (4,65 vs. 4,18%), a entremeada (8,9 vs. 7,8%) e o toucinho (4,07 vs. 3,27%), quando comparado ao grupo MC. Também foi registada uma superioridade na proporção de outras peças de talho no grupo F relativamente ao grupo MC, sendo este o caso do lombinho (0,64 vs. 0,55%) e da perna (10,9 vs. 10,2%). Posto isto, a percentagem de peças gordas foi significativamente superior no grupo F em comparação ao grupo MC (13 vs. 11,1%), o que nos leva a acreditar que estes valores se devem principalmente às diferenças significativas entre os dois grupos em ensaio no que diz respeito às peças de talho mais gordas, como o toucinho e a entremeada. De facto, foi identificada para a relação entre peças magras/peças gordas um valor significativamente inferior no grupo F comparativamente ao grupo MC (1,38 vs. 1,53).

Foram ainda detetadas diferenças significativas para a percentagem de peças magras e peças ósseas, sendo que em ambos os casos os valores foram superiores no grupo F (ver Tabela 6).

Apesar de neste ensaio não terem sido reveladas diferenças significativas ao nível da percentagem de carne (Fat-o-meter), outros autores (Hansen *et al.*, 2006) apontam para diferenças significativas ( $P < 0,001$ ) entre fêmeas e machos castrados quando comparando diferentes sistemas de produção (convencional vs em modo biológico), com diferentes tipos de alimentação, sendo a percentagem de carne superior no lado das fêmeas em todos os cenários. Uma forte interação entre o sexo e esta característica

também foi detetada por Strudsholm & Hermansen (2005), os quais apontam para uma percentagem de carne inferior (-2,1%) em machos castrados, em comparação a fêmeas, num estudo que analisa a performance e características de carcaça de diferentes grupos de suínos criados total ou parcialmente ao ar-livre (em modo de produção biológico) e com ou sem restrições alimentares.

Quando comparados a animais criados em sistemas convencionais, os suínos criados e engordados em modo de produção biológico, tendem a apresentar carcaças mais gordas, com uma menor percentagem de carne magra (Millet *et al.*, 2005; Brandt *et al.*, 2009; Tomažin *et al.*, 2018).

### 3. Efeito do modo de produção biológico na composição química do tecido muscular

Não foram registadas diferenças significativas para proteína total, cinzas e mioglobina no músculo *Longissimus lumborum* (LL) dos animais alvo deste estudo (ver Tabela 7) indicando que neste modo de produção o sexo dos animais não induz diferenças significativas nestes parâmetros.

No entanto, os valores apresentados para a humidade e lípidos intramusculares variaram significativamente entre os dois grupos em ensaio.

Os valores de humidade indicados no ensaio foram significativamente inferiores no grupo F (71,6%) comparativamente ao grupo MC (72,6%). Estes valores são semelhantes aos encontrados por Tomažin *et al.* (2018), quando analisada a composição química da carne de animais criados num sistema de produção em modo biológico (72,6%).

Os valores para os lípidos intramusculares totais foram superiores no grupo F em relação ao dos MC (4,17vs 4,02 g/100g). Isto está relacionado com a relação inversa que existe



entre a humidade e os lípidos intramusculares, e que neste ensaio se comprovou com o grupo F a apresentar um menor teor de humidade e maior teor de lípidos intramusculares, e o grupo MC a comportar-se de maneira oposta.

Quando comparados os dois grupos de animais em ensaio, foi ainda revelada uma forte tendência ( $P=0,09$ ) para o colagénio total (mg/g MS) ser inferior no grupo F (8,7 vs. 9,9) e o colagénio solúvel (% colagénio total) superior (11,8 vs. 10,2%). Tomažin *et al.* (2018), reportaram valores bastante inferiores para o colagénio total (0,74 mg/g MS) e superiores para a solubilidade (17,9%) em porcos de uma raça autóctone da Eslovénia, criados em modo de produção biológico.

Quanto aos resultados da análise ao perfil de AG (ver Tabela 9) do tecido muscular, foram detetadas diferenças significativas para o ácido mirístico (14:0) e palmítico (16:0) quando comparados o grupo F com o grupo MC: 1,07 vs. 0,95% e 25,8 vs. 24,4%, respetivamente. Desta forma, registou-se uma forte tendência para o somatório dos AG saturados (SAT) e o índice de saturação serem superiores no grupo F em relação MC: 38,7 vs. 37,6 e 0,63 vs. 0,60, respetivamente. O índice trombogénico seguiu o mesmo caminho, apresentando valores superiores no grupo F (1,17 vs. 1,12).

O somatório dos AG POLI revelou diferenças significativas entre os dois grupos de ensaio, sendo inferior no grupo F. Esta diferença deveu-se a uma menor proporção dos ácidos linoleico (18:2n-6) e araquidónico (20:4n-6) o que originou que o somatório dos AG n-6 fosse inferior no grupo F comparativamente ao grupo MC.

Os valores apresentados para o perfil de AG diferem daqueles encontrados por Kim *et al.* (2009), onde o somatório dos AG n-6 foi superior em animais criados em modo de produção biológico com acesso a uma pequena área exterior. Os valores de POLI também se mostraram inferiores aos revelados por Oksbjerg *et al.* (2005), em suínos criados em modo biológico ao ar livre e alimentados *ad libitum*. Já Tomažin *et al.* (2018) detetaram níveis de POLI e AG n-6 semelhantes aos nossos no músculo LL de suínos criados em modo de produção biológico com 3,5kg ração/dia, acesso a uma zona

exterior e feno de luzerna à descrição. Martino *et al.* (2014) também referiram valores semelhantes para as proporções de MONO e POLI no músculo *Longissimus dorsi* de suínos criados em modo extensivo (“free-range”) e em modo de produção biológico, de acordo com a regulamentação europeia. No entanto, não se pode deixar de referir que a composição em ácidos gordos dos tecidos corporais de suínos é bastante influenciada pelo regime alimentar a que ele está sujeito.

Segundo Wood *et al.* (2003) tem vindo a surgir a tendência para se aumentar o teor de n-3 na carne de porco, melhorando o equilíbrio entre n-6 e n-3. Desta forma, do ponto de vista nutricional, a recomendação é para que a relação POLI/SAT seja superior a 0,4 (Wood *et al.*, 2003) o que no presente estudo não se verificou em nenhum dos grupos de animais em ensaio, mas onde os machos ficaram mais perto do referido limite para a relação POLI/SAT. Se a estes resultados associarmos os dos índices de saturação e trombogénico, podemos referir que se nota uma tendência para, do ponto de vista do impacto na saúde do consumidor, a carne dos machos castrados ser menos deletéria que a das fêmeas.

#### 4. Efeito do modo de produção biológico nas características tecnológicas da carne

Não foram detectadas diferenças significativas entre os dois grupos em ensaio para os valores de pH (24 h *post mortem*). O pH final da carne está ligado a vários aspetos de qualidade da mesma, incluindo a perda de água ou a cor (valores  $L^*a^*b^*$ ) (Oksbjerg *et al.*, 2005). Este último parâmetro também não apresentou diferenças significativas entre os dois grupos de animais em ensaio.

Os resultados encontrados na revisão bibliográfica para o pH variam bastante entre si em porcos criados em modo biológico (Millet *et al.*, 2005; Oksbjerg *et al.*, 2005; Hansen *et al.*, 2006; Tomažin *et al.*, 2018). Apesar das interações entre o tipo de alojamento e o

regime alimentar não serem suficientes para influenciar o pH final da carne de animais criados em modo de produção biológico (Millet *et al.*, 2005), existe uma tendência para o pH final da carne de animais criados nestes sistemas de produção ser inferior ao pH final de animais criados em sistemas convencionais (Lebret, 2008). Isto sugere a existência de uma maior concentração de glicogénio muscular *pre e post mortem* nos animais criados em modo de produção biológico quando comparados a animais criados em sistemas convencionais (Lebret, 2008).

Barton-Gade (2008), num estudo que teve como objetivo averiguar o efeito do sistema de produção na mistura de diferentes lotes animais no transporte e na abegoaria, revelou que os animais criados em sistemas ao ar-livre mostraram uma menor atividade da creatina-quinase (um indicador de stress), assim como um comportamento mais calmo do que os animais criados em sistemas convencionais. Isto sugere que a mistura de lotes nas diferentes etapas pré-abate pode ser mais traumática em animais criados em modo convencional.

Quanto ao parâmetro da perda de água por gotejamento, foi detetada uma diferença significativa entre os dois grupos de ensaio, sendo que o grupo dos machos apresentou valores superiores ao grupo das fêmeas (3,32 vs. 1,39 g/100g). Uma vez que a perda de água pode influenciar a perda de proteínas solúveis, vitaminas e minerais, para além de influenciar a textura, “flavour”, odor e suculência (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005), estes dados sugerem que a carne de machos castrados estará em desvantagem em relação à carne das fêmeas. Os valores encontrados na bibliografia para a perda de água apontam no geral para valores superiores na carne proveniente de animais criados em sistemas de produção em modo biológico, comparados aos obtido em animais criados em sistemas convencionais (Millet *et al.*, 2005; Hansen *et al.*, 2006; Tomažin *et al.*, 2018). Os valores obtidos neste ensaio foram inferiores aos reportados por estes autores (que variaram entre os 6,1% (Tomažin *et al.*, 2018) em porcos de uma raça autóctone criados em modo biológico e com acesso a ar livre (100 m<sup>2</sup>/porco) e 7,7% (Millet *et al.*, 2005), em animais criados em modo biológico com acesso a uma pequena

área ao ar-livre (2 m<sup>2</sup>/porco) e com recurso a ração convencional) até mesmo quando comparados a suínos criados em sistemas convencionais (Millet *et al.*, 2005; Hansen *et al.*, 2006; Tomažin *et al.*, 2018). Essa perda pode ser explicada pelo esgotamento do ATP muscular, levando ao estabelecimento de cruzamentos irreversíveis entre as proteínas actina e miosina com redução do espaço miofibrilar e/ou diminuição do pH para o ponto isoelétrico da proteína, reduzindo as cargas negativas de os filamentos e, portanto, as forças eletrostáticas repulsivas (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). A perda de água pode também ser influenciada pelo conteúdo e distribuição dos lípidos intramusculares, com valores elevados destes lípidos associados a diminuições no coeficiente de difusão de humidade no músculo (Muriel *et al.*, 2004) o que coincide com a observação de que o grupo F apresentou um teor em lípidos intramusculares significativamente superior ao do grupo MC.

No que diz respeito à cor do músculo LL (ver Tabela 8), também não foram identificadas diferenças significativas entre os dois grupos de teste, para nenhum dos parâmetros.

Existe a presunção por parte de alguns consumidores, de que a carne de suínos criados em modo biológico tende a ser mais avermelhada (Olsson & Pickova, 2005). Isto pode dever-se ao facto de nestes sistemas de produção serem utilizadas raças autóctones ou pouco melhoradas, que apresentam uma maior concentração de mioglobina e consequentemente uma carne mais avermelhada do que as raças/cruzamentos comerciais comuns (valores superiores de  $a^*$ ), as quais apresentam normamente uma carne com tons mais pálidos (valores superiores de  $L^*$ ) (Estévez *et al.*, 2003). Esta tendência pode ainda ser explicada pelo facto de animais criados ao ar-livre terem uma maior capacidade oxidativa muscular e uma vascularização melhorada, resultantes do exercício físico que praticam assim como da exposição a baixas temperaturas (Lebret *et al.*, 2002). Por último, se os animais criados em modo biológico forem abatidos a idades mais avançadas ou pesos mais elevados do que os animais de sistemas convencionais, o que se verificou neste caso, existe uma forte tendência para a concentração em

mioglobina muscular ser superior, uma vez que esta aumenta com o aumento de idade/peso do animal ao abate (Mayoral *et al.*, 1999).

## 5. Conclusões Finais

Os sistemas de produção de animais em modo biológico estão associados a práticas mais sustentáveis, níveis superiores de bem-estar animal, à não utilização de antibióticos ou OGM's e à obtenção de produtos cárneos de elevada qualidade. Posto isto, é importante garantir consistentemente a produção de carne em modo biológico de elevada qualidade. No entanto, é necessário atender a vários fatores que podem influenciar a qualidade da carne, como o sexo, a interação genótipo x ambiente, a alimentação, práticas pré-abate e a idade ao abate (Bonneau & Lebret, 2010).

Neste ensaio foi possível confirmar a influência do sexo em particular, e do sistema de produção de uma forma geral, no rendimento de carcaça e peças de talho, composição e características físico químicas da carne, assim como nalguns parâmetros de qualidade tecnológica da mesma. Sendo um fator singular, a influência do sexo tem uma ação limitada na qualidade final da carne, podendo o seu efeito estar associado a outros fatores. De uma forma geral, todas as características deste sistema de produção contribuíram para os resultados obtidos. Com base nestes resultados, o sexo deverá ser um fator a considerar na produção de carne de porco de qualidade, em modo de produção biológico. Contudo, não devem ser negligenciados todos os outros fatores que possam contribuir e influenciar a qualidade final do produto.

Desta forma, conclui-se que os efeitos induzidos pelo sexo não foram suficientes para discriminar grupo de ensaio como melhor ou pior, uma vez que ambos os grupos apresentaram valores desejáveis e menos favoráveis para diferentes parâmetros. Contudo, o grupo das fêmeas revela, de uma forma geral, ligeiras vantagens em comparação ao grupo MC relativamente aos parâmetros analisados. Ao nível das

características de carcaça, o grupo F produziu carcaças mais pesadas e com um rendimento superior (o que pode ser explicado pelo PV final superior das fêmeas).

Ao nível da composição química da carne, as fêmeas revelaram valores mais favoráveis que os MC, com níveis de lípidos intramusculares superiores, um dos fatores que pode contribuir para uma carne mais tenra. Para além disso, no grupo F os valores para o colagénio total foram inferiores e para o colagénio solúvel superiores aos dos registados no grupo MC, sugerindo assim a obtenção de carne mais tenra no grupo F.

Por outro lado, os resultados da análise ao perfil de AG revelaram ser mais positivos no grupo MC, que apresentou valores superiores de POLI, com uma contribuição significativa do teor de ácido linoleico (18:2n-6) e uma relação POLI/SAT superior em relação à do grupo F. A proporção em AG SAT, bem como nos índices de saturação e trombogénico, inferiores no grupo MC quando comparado com o grupo F, apoiam essa sugestão.

Por último, associado aos valores também superiores de colagénio total e aos valores inferiores de lípidos intramusculares e de colagénio solúvel do grupo MC, a perda de água superior registada no LL deste grupo provavelmente contribuirá para uma carne menos tenra e succulenta.

Estes resultados, aliados à tendência para a redução ou abandono de práticas de castração, podem reforçar o interesse na utilização de fêmeas como alternativa aos machos castrados em sistemas de produção semelhantes.

Tal como foi demonstrado por Hansen *et al.* (2006), os resultados do presente estudo revelaram que é possível que a produção de suínos em modo biológico, com utilização de raças/cruzamentos comerciais, alimentação *ad libitum* com acesso a pastagem e sem recurso a forragens conservadas, seja associada à produção de carne de porco de boa qualidade, com um acréscimo no bem estar dos animais.

## Bibliografia

- Alban, L., Petersen, J. V., & Busch, M. E. (2015). A comparison between lesions found during meat inspection of finishing pigs raised under organic/free-range conditions and conventional, indoor conditions. *Porcine Health Management*, 1(1), 1-11.
- AOAC. (2011). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 18th edition, 4th revision/Ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Astruc, T. (2014). Connective tissue: structure, function, and influence on meat quality. *Encyclopedia of Meat Sciences*, 1 (2ème ed.), Elsevier Ltd.
- Bannon, C., Craske, J., e Hilliker, A. (1985). Analysis of fatty acid methyl esters with high accuracy and reliability. IV. Fats with fatty acids containing four or more carbon atoms. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 62, 1501-1507.
- Barton-Gade, P. (2008). Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: comparison of outdoor and conventionally raised pigs. *Animal*, 2, 902-911.
- Bonneau, M., & Lebret, B. (2010). ). Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science*, 84(2), 293–300.
- Brandt, H., Werner, D. N., Baulain, U., Brade, W., & Weissmann, F. (2009). Genotype–environment interactions for growth and carcass traits in different pig breeds kept under conventional and organic production systems. *Animal*, 4(04), 535–544.
- Cardinet III, G. H. (1997). Skeletal muscle function. In *Clinical biochemistry of domestic animals* (pp. 407-440). Academic Press.

- Carpenter, Z. L., Kauffman, R. G., Bray, R. W., Briskey, E. J., & Weckel, K. G. (1963). Factors Influencing Quality in Pork A. Histological Observations a, b. *Journal of Food Science*, 28(4), 467-471.
- Casabianca, F. (1996). Optimization des systèmes traditionnels du porc méditerranéen. *Produzione Animale*, IX (III Serie): 51-57.
- Christensen, L. B. (2003). Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Science*, 63(4), 469-477.
- Comissão Europeia. (2019). Horizonte Europa [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research\\_and\\_innovation/strategy\\_on\\_research\\_and\\_innovation/presentations/horizon\\_europe\\_pt\\_investir\\_para\\_moldar\\_o\\_nosso\\_futuro.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/strategy_on_research_and_innovation/presentations/horizon_europe_pt_investir_para_moldar_o_nosso_futuro.pdf) Consultado em: 14/04/2020.
- Commission Regulation (EC). (2008). Commission Regulation (EC) No 889/2008 of 5 September 2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control.
- Council Regulation (EC). (2007). Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. *Official Journal of the European Union*, L 189, 1-23.
- Dabbert et al., Z. R. (2001). Elements of a European Action Plan for Organic Farming. In: European Conference 'Organic Food and Farming – Towards Partnership and Action in Europe', May 2001. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Copenhagen, Denmark.
- Delgado, C. L. (2003). Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. *The Journal of Nutrition*, 133(11), 3907S-3910S.



DGADR. (2021). A produção biológica <https://mpb.dgadr.gov.pt/>.

Dinesen Jensen, L., Thomsen, R., & Kongsted, A. G. (2020). Identification of best practises and innovative ideas within organic pig production systems in Europe. <https://orgprints.org/id/eprint/38632/1/Identification%20of%20Best%20Practises%20and%20Innovative%20Ideas%20within%20Organic%20Pig%20Production%20Systems%20in%20Europe.docx.pdf>.

Edwards, S. A. (2005). Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science*, 94(1-2), 5-14.

Edwards, S. A., Prunier, A., Bonde, M., & Stockdale, E. A. (2014). organic pig production in Europe—animal health, welfare and production challenges. *Organic Agriculture*, 4(2), 79-81.

Estévez, M., Morcuende, D., & Cava López, R. (2003). Physico-chemical characteristics of M. Longissimus dorsi from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs: a comparative study. *Meat Science*, 64(4), 499–506.

Etherington, D. J., & Sims, T. J. (1981). Detection and estimation of collagen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32(6), 539-546.

European Commission (2006). Special Eurobarometer 238. Risk issues. Brussels: European Commission.

European Commission (2021). Questions and answers: actions to boost organic production [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA\\_21\\_1277](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_21_1277).

- European-Commission (2012). European Commission. Prospects for Agricultural Markets 529 and Income in the EU 2012-2022. Directorate-General for Agriculture and Rural 530 Development. December.
- Fang, S. H., Nishimura, T., & Takahashi, K. (1999). Relationship between development of intramuscular connective tissue and toughness of pork during growth of pigs. *Journal of Animal Science*, 77(1), 120-130.
- FAO (2003). *World agriculture: towards 2015/2030 An FAO perspective*.
- FAO (2019). *Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets – November 2019*. Rome.
- Faucitano, L. S., Saucier, L., Correa, J.A., Méthot, S., Giguère, A., Foury, A., Mormède, P., Bergeron, R. (2006). Effect of feed texture, meal frequency and pre-slaughter fasting on carcass and meat quality, and urinary cortisol in pigs. *Meat science*, 74(4), 697-703.
- Fjelkner-Modig, Stina, & Tornberg, E. (1986). Intramuscular lipids in *M. longissimus dorsi* from pork, as related to breed and sensory properties. *Journal of Food Quality*, 9(3), 143-160.
- Folch, J., Lees, M., e Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226, 497-509.
- Foster, C., & Lampkin, N. (1999). *European Organic Production Statistics 1993 - 1996. Organic Farming in Europe: Economics and Policy*, no. Vol. 3. Universität Hohenheim, Stuttgart - Hohenheim.
- Freitas, A A G.B. (1998). *Influência do nível e regime alimentar em pré-acabamento sobre o crescimento e desenvolvimento do porco Alentejano e suas*

- repercussões sobre o acabamento em montanha e com alimento comercial. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora. 305 pp.
- Freitas, A. B. (2014). A raça suína Alentejana: passado, presente e futuro. In *Las razas porcinas Iberoamericanas: un enfoque etnozootécnico* (O. L. Silva Filha, ed.). Instituto Federal Baiano, Salvador, Brasil, pp. 55-80.
- Früh, B., Bochicchio, D., Edwards, S., Hegelund, L., Leeb, C., Sundrum, A., Prunier, A. (2013). Description of organic pig production in Europe. *Organic Agriculture*, 4(2), 83–92.
- Gandemer, G.; Pichou, D.; Bouguennec, B.; Caritez J. C.; Berge P. H.; Briand, E.; Legault, C. (1990). Influence du Système d'Élevage et du Génotype sur la Composition Chimique et les Qualités Organoléptiques du Muscle Long Dor- sal chez le Porc. *Journées Recherche Porcine en France*, 22: 101-110.
- Gerrits, R. J., Lunney, J. K., Johnson, L. A., Pursel, V. G., Kraeling, R. R., Rohrer, G. A., & Dobrinsky, J. R. (2005). Perspectives for artificial insemination and genomics to improve global swine populations. *Theriogenology*, 63(2), 283-299.
- Girard, J. P. . (1983). Facteurs de variation de la composition en acides gras des tissus adipeux (bardiére) et musculaires de porc (long dorsal). *Revue Française Corp Gras* 30: 73–79.
- Girard, J. P., Bout, J., & Salort, D. (1988). Lipides et qualité des tissus adipeux et musculaires de porc, facteurs de variation. *Journées de la recherche porcine en France*, 20, 255-278.
- Goll, D. E., Neti, G., Mares, S. W., & Thompson, V. F. (2008). Myofibrillar protein turnover: The proteasome and the calpains. *Journal of Animal Science*, 86, E19–E35.

- Grunert, K. G. (2006). Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat science*, 74(1), 149-160.
- Hansen, L. L., Claudi-Magnussen, C., Jensen, S. K., & Andersen, H. J. (2006). Effect of organic pig production systems on performance and meat quality. *Meat Science*, 74(4), 605-615.
- Henchion, M., McCarthy, M., Resconi, V. C., & Troy, D. (2014). Meat consumption: Trends and quality matters. *Meat science*, 98(3), 561-568. .
- Henry, Y. (1977). Développement morphologique et métabolique du tissu adipeux chez le porc: influence de la sélection, de l'alimentation et du mode d'élevage. In *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*, 17 (5B), 923-952).
- Hornsey, H. C. (1956). The colour of cooked cured pork. I.—Estimation of the Nitric oxide-Haem Pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 7 (8), 534-540.
- Hornstein, I.C., [P.F. Crowe](#), [M.J. Heimberg](#) (1961). Fatty Acid Composition of Meat Tissue Lipids. *Journal of Food Science*, 26(6), 581–586.
- Huff-Lonergan, E. & S.M. Lonergan. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 2005. 71(1): p. 194-204.
- IFOAM. (2008). IFOAM General Assembly. <https://www.ifoam.bio/why-organic/organic-landmarks/definition-organic>
- ISO 3496. (1994). Meat and meat products - Determination of hydroxyproline content. Vol. ISO 3496, 2nd edition. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 5 pp.

- Jeremiah, L. E. . (1982). Influences of anatomical location and muscle quality on porcine lipid composition. *Meat Science*, 7(1), 1–7.
- Karlsson, A. H., Klont, R. E., & Fernandez, X. (1999). Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Science*, 60(2-3), 255-269.
- Kim, D. H., P. N. Seong, S. H. Cho, J. H. Kim, J. M. Lee, C. Jo, & D. G. Lim. (2009). "Fatty acid composition and meat quality traits of organically reared Korean native black pigs." *Livestock Science* 120, no. 1-2 (2009): 96-102. .
- Larzul, C.L., L. Lefaucheur, P. Ecolan, J. Gogu , A. Talmant, P. Sellier, P. Le Roy, G. Monin (1997). Phenotypic and genetic parameters for longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in large white pigs. *Journal of Animal Science*, 75(12), 3126-3137.
- Lebret B, M.C. Meunier-Sala n, A. Foury, P. Morm de, E. Dransfield, J. Y. Dourmad (2006). Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *Journal of Animal Science* 84, 2436–2447.
- Lebret, B. (2007). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass traits and meat quality in pigs. In 6. International Symposium on the Mediterranean Pig.
- Lebret, B., Massabie, P., Granier, R., Juin, H., Mourot, J., & Chevillon, P. (2002). Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-cured hams. *Meat Science*, 62(4), 447–455.
- Lee, S. H., Joo, S. T., & Ryu, Y. C. (2010). Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science*, 86(1), 166-170.

- Lee, Y. B., Kauffman, R. G., & Grummer, R. H. (1973). Effect of early nutrition on the development of adipose tissue in the pig. II. Weight constant basis. *Journal of Animal Science*, 37(6), 1319-1325.
- Lewis, G. J., & Purslow, P. P. . (1990). Connective tissue differences in the strength of cooked meat across the muscle fibre direction due to test specimen size. *Meat Science*, 28(3), 183-194.
- Listrat, A., Lebret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., ... & Bugeon, J. . (2016). How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *The Scientific World Journal*, 2016:14.
- Maiorano, G., Kapelański, W., Bocian, M., Pizzuto, R., & Kapelańska, J. (2012). Influence of rearing system, diet and gender on performance, carcass traits and meat quality of Polish Landrace pigs. *Animal*, 7(02), 341–347.
- Martino, G., Mugnai, C., Compagnone, D., Grotta, L., Del Carlo, M., & Sarti, F. (2014). Comparison of Performance, Meat Lipids and Oxidative Status of Pigs from Commercial Breed and Organic Crossbreed. *Animals*, 4(2), 348–360.
- Mayoral, A. I., Dorado, M., Guillén, M. T., Robina, A., Vivo, J. M., Vázquez, C., & Ruiz, J. (1999). Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs reared outdoors. *Meat Science*, 52(3), 315-324. .
- McCormick, R. J. (1994). The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Science*, 36(1-2), 79-91.
- Mc Laren, K. (1976). The development of the CIE 1976 (L\* a\* b\*) uniform colour space and colour-difference formula. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 92(9), 338-341.

- Millet, S., Raes, K., Van den Broeck, W., De Smet, S., & Janssens, G. P. J. (2005). Performance and meat quality of organically versus conventionally fed and housed pigs from weaning till slaughtering. *Meat Science*, 69(2), 335–341.
- Monin, G., Talmant, A., Laborde, D., Zabari, M., Sellier, P. (1986). Compositional and enzymatic characteristics of the longissimus dorsi muscle from Large White, halothane-positive and halothane-negative Pietrain, and Hampshire pigs. *Meat Science* 16, 307.
- Monziols, M., Bonneau, M., Davenel, A., & Kouba, M. (2007). Comparison of the lipid content and fatty acid composition of intermuscular and subcutaneous adipose tissues in pig carcasses. *Meat Science*, 76(1), 54–60.
- Morales, J. I., Cámara, L., Berrocoso, J. D., López, J. P., Mateos, G. G., & Serrano, M. P. (2011). Influence of sex and castration on growth performance and carcass quality of crossbred pigs from 2 Large White sire lines<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science*, 89(11), 3481–3489.
- Muriel, E., J. Ruiz, J. Ventanas, M.J. Petró, T. Antequera (2004). Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science*, 2004. 67(2): p. 299-307.
- Nakev, J. & Popova, T. (2019). Results of the application of SEUROP for pig carcass classification in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25, 1.
- NP-1614. (2009). Meat and meat products. Determination of moisture content. Part 2: Routine method. Vol. NP-1614, 5 pp. Instituto Português da Qualidade, Lisboa.
- NP-1615. (2002). Carnes e produtos cárneos. Determinação da cinza total: Método de referência. Vol. NP-1615, 6 pp. Instituto Português da Qualidade, Lisboa.

- NP-3441. (2008). Measurement of pH. Reference method. In "Meat and meat products", Vol. NP-3441, pp. 6 p. Direcção Geral da Qualidade, Lisboa.
- Nunes, J. L. T. (1987). Produção de Porcos em Pastoreio. *Pastagens e Forragens*, 8: 65-70.
- Nürnberg, K., Wegner, J., & Ender, K. (1998). Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science*, 56(2), 145-156.
- Oksbjerg, N., Strudsholm, K., Lindahl, G., & Hermansen, J. E. (2005). Meat quality of fully or partly outdoor reared pigs in organic production. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 55(2-3), 106-112.
- Olsson, V., & Pickova, J. (2005). The Influence of Production Systems on Meat Quality, with Emphasis on Pork. *Ambio*, 34, 338–343.
- Olsson, V., Andersson, K., Hansson, I., & Lundström, K. (2003). Differences in meat quality between organically and conventionally produced pigs. *Meat Science*, 64(3), 287-297.
- Orr, D. E., & Shen, Y. (2006). World pig production, opportunity or threat. In Indiana Farm Bureau's Midwest Swine Nutrition Conference, Indiana.
- Padel, S, N. Lampkin (2007). The development of governmental support for organic farming in Europe. *Organic farming: An international history*, 93-122.
- Passerieux, E., Rossignol, R., Letellier, T., & Delage, J. P. (2007). Physical continuity of the perimysium from myofibers to tendons: involvement in lateral force transmission in skeletal muscle. *Journal of structural biology*, 159(1), 19-28.



- Picard, B., Lefaucheur, L., Berri, C., & Duclos, M. J. (2000). Muscle fibre ontogenesis in farm animal species. *Reproduction Nutrition Development*, 42(5), 415-431.
- Popescu, A. . (2020). Trends in pork market in the European Union and in its main producing countries in the period 2007-2018. *Scientific Papers. Series" Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*, 20(1), 487.
- Purslow, P. P. (2018). Contribution of collagen and connective tissue to cooked meat toughness; some paradigms reviewed. *Meat Science*, 144, 127-134. .
- Quander-Stoll, N., Früh, B., Bautze, D., Zollitsch, W., Leiber, F., & Scheeder, M. R. (2021). Sire-feed interactions for fattening performance and meat quality traits in growing-finishing pigs under a conventional and an organic feeding regimen. *Meat Science*, 179, 108555.
- Regulation (EU) (2018). Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007.
- Regulation (EU) No 1308/2013. (2013). European Parliament and of the Council of 17 December 2013 establishing a common organisation of the markets in agricultural products and repealing Council Regulations (EEC) No 922/72, (EEC) No 234/79, (EC) No 1037/2001 and (EC) No 1234/2007.
- Rehfeldt, C., Fiedler, I., Dietl, G., & Ender, K. (2000). Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *Livestock Production Science*, 66(2), 177-188.
- Rosenvold, K. (2003). Factors of significance for pork quality - a review. *Meat Science*, 64(3), 219-237.

- Rossi, R. (2016). Facts and figures on organic agriculture in the European Union. European Commission, DG Agriculture and Rural Development, Unit Economic Analysis of EU Agriculture. .
- Ruusunen, M., & Puolanne, E. (1997). Comparison of histochemical properties of different pig breeds. *Meat Science*, 45, 119–125.
- Ryu, Y. C., & Kim, B. C. (2005). The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. *Meat Science*, 71, 351–357.
- Sink, J. D., Watkins, J. L., Ziegler, J. H., & Miller, R. C. (1964). Analysis of fat deposition in swine by gas-liquid chromatography. *Journal of Animal Science*, 23(1), 121-125.
- Stolze, M. & Lampkin, M. (2009). Policy for organic farming: Rationale and concepts. *Food Policy*, 34(3), 237-244.
- Strudsholm, K., & Hermansen, J. E. (2005). Performance and carcass quality of fully or partly outdoor reared pigs in organic production. *Livestock Production Science*, 96(2-3), 261–268.
- Sundrum, A., Aragon, A., Schulze-Langenhorst, C., Bütfering, L., Henning, M., & Stalljohann, G. (2011). Effects of feeding strategies, genotypes, sex, and birth weight on carcass and meat quality traits under organic pig production conditions. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 58(3-4), 163–172. .
- Tomažin, U., Batorek-Lukač, N., Škrlep, M., Prevolnik-Povše, M., & Čandek-Potokar, M. (2018). Meat and fat quality of Krškopolje pigs reared in conventional and organic production systems. *Animal*, 1–8.

- Verbeke, W., Pérez-Cueto, F. J., de Barcellos, M. D., Krystallis, A., & Grunert, K. G. . (2010). European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. *Meat science*, 84(2), 284-292.
- Vogt, G. (2007). The origins of organic farming. *Organic farming: An international history*, 9-29.
- Von Lengerken, G.S., S. Maak , M. Wicke (2002). Muscle metabolism and meat quality of pigs and poultry. *Veterinarija ir zootechnika* 20 (42), 82-86.
- Willer, H., Lernoud, J. (2019). The world of organic agriculture – Statistics and emerging trends 2019. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn.
- Woessner Jr, J. F. (1961). The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. *Archives of biochemistry and biophysics*, 93(2), 440-447.
- Wood, J. D. (1984). Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. *Fats in animal nutrition*, 41, 407-435.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Whittington, F. M., & Richardson, R. I. (2003). Effects of diets on fatty acids and meat quality. *Options Méditerranéennes, Series A*, 67, 133-141.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., ... & Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), 343-358.