



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

COMPARAÇÃO DO PERFIL DE ÁCIDOS GORDOS EM CARNE DE SUÍNO PRODUZIDA  
COM DIFERENTES OBJETIVOS COMERCIAIS

JOÃO DAVID SEABRA CATELA

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutor José António Mestre Prates  
Doutor Mário Alexandre Gonçalves  
Quaresma  
Doutor Rui José Branquinho de Bessa

ORIENTADOR

Doutor Mário Alexandre Gonçalves  
Quaresma

COORIENTADORA

Eng.<sup>a</sup> Idalina dos Anjos de Carvalho  
Vagarinho Fernandes

2013

LISBOA

---





UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

COMPARAÇÃO DO PERFIL DE ÁCIDOS GORDOS EM CARNE DE SUÍNO PRODUZIDA  
COM DIFERENTES OBJETIVOS COMERCIAIS

JOÃO DAVID SEABRA CATELA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

Doutor José António Mestre Prates  
Doutor Mário Alexandre Gonçalves  
Quaresma  
Doutor Rui José Branquinho de Bessa

ORIENTADOR

Doutor Mário Alexandre Gonçalves  
Quaresma

COORIENTADORA

Eng<sup>a</sup>. Idalina dos Anjos de Carvalho  
Vagarinho Fernandes

2013

LISBOA

---

## **Dedicatória**

Aos meus especiais e distintos: Pais, Avós, Sara e Francisco.

## **Agradecimentos**

Acima de tudo agradeço aos meus pais, sem os quais nada do que tem acontecido na minha vida seria possível. Por tudo que fazem por mim e por tudo o que representam para mim.

À Sara, minha companheira de vida e Médica de que tanto me orgulho.

Aos meus restantes familiares, com especial atenção aos meus avós e ao Francisco, meu irmão.

Aos Amigos que de uma ou outra maneira me ajudaram, nomeadamente: José Nuno Costa, Dr. Diogo Gonçalves, Miguel Pisco Gomes, Sofia Nunes, João Manso, João Baptista, José Flávio Fonseca, João Rebelo, Sandra Baptista, Sara Tribolet, Rita Ferreira, Uriel Mateus, Diogo Lourenço, Simão Boal, Ana Ribeiro e Fábio Santos. Também a todos os outros Amigos não menos importantes e com os quais espero sempre poder contar.

Ao meu Mentor, Orientador, Companheiro e Amigo Professor Mário Quaresma, por tudo o que é e o que ainda vai ser.

À minha Coorientadora Eng<sup>a</sup>. Idalina Vagarinho pela disponibilidade, amizade e tudo o que me ensinou. Tive bastante sorte em tê-la comigo.

À Eng<sup>a</sup>. Catarina Pereira por me ter dado acesso aos bastidores da distribuição alimentar e pelo que me ensinou.

Ao digno detentor do título, Professor Fernando Bernardo, por todo o tempo despendido, pela pessoa que é, pela dedicação, amizade e acima de tudo pela constante disponibilidade para nos ensinar matéria no âmbito de “tudo e mais alguma coisa que seja importante”, sempre à sua maneira tão pessoal e contagiante. Vai ser sempre uma Referência para mim.

À Professora Conceição Peleteiro pelo que me ensinou e pela força que transmite.

Ao Professor Virgílio Almeida pelas suas aulas e pela forma como me recebeu na Faculdade.

Ao Professor Rui Caldeira por ter despertado em mim interesse na produção animal, através da maneira como ensina.

Ao Professor Luís Tavares pela forma como conduz a faculdade, o que nos permite ter acesso ao melhor ensino possível.

À D<sup>a</sup>. Ana pelos “bons-dias”, simpatia e apoio no laboratório.

Por último, à Jerónimo Martins e à Raporal por me terem disponibilizado condições para um estágio proveitoso. Também à Damicarnes e à Carmonti pelas amostras cedidas.

Obrigado por tudo, um Abraço Fraternal e até depois...

## Resumo

O presente estudo foi realizado com o objetivo de comparar o perfil lipídico de 3 variedades de carne de porco (porco Alentejano, porco “Pingo Doce” e porco Standart). Para o efeito foram recolhidas 3 amostras de carne por animal (*longissimus thoracis*, *longissimus lumborum* e *semimembranosus*), tendo sido usados 15 animais por grupo. O teor de lípidos totais foi realizado de acordo com o método de Folch, o teor de Colesterol total e os tococromanóis foram quantificados por HPLC equipado com detetores de fluorescência e DAD (UV-Vis). O perfil de ácidos gordos foi analisado por GC-FID.

A comparação das carnes de porco revelou que a variedade de porco Alentejano em estudo apresentou lípidos totais significativamente superiores às outras variedades. Os teores de lípidos totais oscilaram entre 2.8 e 4.5 g/100 g de carne podendo por isso serem consideradas como carnes magras. O perfil de ácidos gordos foi dominado pelos MUFA (44,7-50,7% do total de ácidos gordos), seguidos dos SFA (36,4-39.5% do total de ácidos gordos).

O presente estudo permitiu constatar que o perfil lipídico da carne da variedade porco Pingo Doce se posiciona entre as variedades Porco Alentejano e Porco Industrial, contudo os baixos teores em n-3PUFA recomendam que se procure melhorar o valor nutricional da carne de porco “Pingo Doce”.

Palavras-chave: Carne de Porco; Gordura Intramuscular; Ácidos Gordos; Vitamina E; Colesterol.

## Abstract

This study was conducted in order to compare the lipid profile of three varieties of pork (Alentejano pork, “Pingo Doce” pork and standard pork). Sampling was performed in three muscles per animal (*longissimus thoracis*, *longissimus lumborum* and *semimembranosus*) and 15 animals were used per group. The total lipid content was quantified according to the method of Folch, the level of total cholesterol and tocopherols were quantified by HPLC equipped with a DAD and fluorescence detectors (UV-Vis). The fatty acid profile was analyzed by GC-FID.

The comparison between the different varieties revealed that Alentejo showed levels of total lipids significantly higher than the other varieties. Between them, total lipids ranged from 2.8 to 4.5 g/100 g of meat, being for that reason considered as lean meats. The fatty acid profile was dominated by the MUFA (44.7 - 50.7 % of total fatty acids), followed by (SFA 36,4 - 39.5 % of total fatty acids).

This study found that the lipid profile of “Pingo Doce” pork is positioned in between the varieties of Alentejo pork and Standard pork. However, the low contents in n-3PUFA recommend some improvement in the lipid profile of “Pingo Doce” pork.

Key words: Pork; Intramuscular Fat; Fatty Acids; Vitamin E; Cholesterol.

# Índice geral

<b>Resumo</b> .....	v
<b>Abstract</b> .....	vi
<b>Índice geral</b> .....	vii
<b>Índice de tabelas</b> .....	ix
<b>Índice de abreviaturas</b> .....	xi
1 Introdução .....	1
2 Relatório de estágio .....	3
2.1 “Maneio em suinicultura” .....	4
2.2 “Mercado da carne de porco” .....	5
2.3 “Qualidade da carne” .....	6
3 Revisão bibliográfica .....	8
3.1 História da produção de porco .....	8
3.2 Notas relativas a algumas raças de porco de produção .....	10
3.3 A importância da carne de porco .....	13
3.4 Qualidade da carne .....	22
3.5 Composição do músculo e da carne .....	25
3.6 Os lípidos e a saúde humana .....	35
4 Material e métodos .....	39
4.1 Caracterização dos animais e das amostras colhidas .....	39
4.2 Método de preparação das amostras .....	40
4.3 Determinação da matéria seca .....	40
4.4 Extração, quantificação e tipificação dos ácidos gordos .....	40
4.5 Extração e quantificação dos Lípidos Totais .....	41
4.6 Quantificação simultânea de Vitamina E e Colesterol total .....	41
4.7 Análise estatística .....	42
5 Resultados .....	43
5.1 Lípidos totais, colesterol total e vitamina E .....	43

5.2	Perfil de ácidos gordos .....	45
6	Discussão .....	48
6.1	Lípidos totais, colesterol total e vitamina E .....	48
6.2	Perfil de ácidos gordos .....	51
7	Conclusões e perspectivas futuras .....	54
8	Bibliografia .....	55

# Índice de tabelas

<b>Tabela 1</b> - Principais categorias e respetivos fatores relativos à avaliação da qualidade da carne. .....	24
<b>Tabela 2</b> - Aminoácidos essenciais e não essenciais à saúde humana.....	27
<b>Tabela 3</b> - Nomenclatura dos principais ácidos gordos encontrados na carne de porco. ....	30
<b>Tabela 4</b> - Valores médios aproximados da composição em ácidos gordos, relativamente aos lípidos totais, em diferentes músculos de suínos adultos. ....	32
<b>Tabela 5</b> - Valores médios aproximados do conteúdo em vitaminas da carne de porco. ....	33
<b>Tabela 6</b> - Estrutura química da vitamina E relativa aos diferentes homólogos .....	34
<b>Tabela 7</b> - Média de idades, média do peso ao abate, média do peso de carcaça e classificações predominantes das variedades: porco Alentejano (PA); porco "Pingo Doce"; porco <i>standard</i> (PS) .....	39
<b>Tabela 8</b> - Teores de lípidos totais, colesterol total e vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol e $\gamma$ -tocoferol) em carne de porco de acordo com a variedade: porco Alentejano (PA), porco "Pingo Doce" (PD) e porco <i>standard</i> (PS); de acordo com o músculo: <i>longissimus thoracis</i> (LT), <i>longissimus lumborum</i> (LL) e <i>semimembranosus</i> (SM).. ....	43
<b>Tabela 9</b> - Perfil de ácidos gordos (g/100 g de ácidos gordos) em carne de porco de acordo com a variedade: porco Alentejano (PA), porco "Pingo Doce" (PD) e porco <i>standard</i> (PS); de acordo com o músculo: <i>longissimus thoracis</i> (LT), <i>longissimus lumborum</i> (LL) e <i>semimembranosus</i> (SM).....	47

# Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Fotografia de porco Alentejano com 11 meses de vida. ....	10
<b>Figura 2</b> - Fotografia de um porco Duroc. ....	11
<b>Figura 3</b> - Fotografia de um porco de raça Piétrain. ....	11
<b>Figura 4</b> - Fotografia de um porco de raça Large White.....	12
<b>Figura 5</b> - Fotografia de uma porca de raça Landrace.. ....	12
<b>Figura 6</b> - Valores referentes ao consumo mundial das principais variedades de carne no ano de 2011.....	14
<b>Figura 7</b> - Valores percentuais referentes à produção de carne de porco por continente no ano de 2011.....	14
<b>Figura 8</b> - Os cinco maiores produtores mundiais de carne de porco no ano de 2011. ....	16
<b>Figura 9</b> - Os cinco principais produtores de gado suíno a nível mundial no ano de 2011. ....	16
<b>Figura 10</b> - Evolução da produção de gado suíno em Portugal entre 1961 e 2010.....	17
<b>Figura 11</b> - Valores referentes à produção das principais espécies pecuárias em Portugal no ano de 2011.....	18
<b>Figura 12</b> - Evolução da produção de carne de porco em Portugal entre 1961 e 2010. ....	19
<b>Figura 13</b> - Valores referentes à importação nacional de suínos entre 1995 e 2010. ....	19
<b>Figura 14</b> - Valores referentes à exportação de suínos vivos em Portugal entre 1995 e 2010. ....	20
<b>Figura 15</b> - Valores relativos à exportação nacional de carne de porco entre 1995 e 2010.....	20
<b>Figura 16</b> - Valores relativos à importação de carne de porco em Portugal entre 1995 e 2010. ..	21

# Índice de abreviaturas

AHA – Associação Americana do Coração

ATP – adenosina trifosfato

CEE – Comunidade Económica Europeia

CHR – colesterol

CV – Coeficiente de variação

CVD – doenças cardiovasculares

DHA – ácido docosaheptaenóico

EPA – ácido eicosapentaenóico

EU – União Europeia

FAME – ésteres de metilo dos ácidos gordos

FAO – Organização da Agricultura e dos Alimentos

HDL – lipoproteínas de alta densidade

HPLC – Cromatografia líquida de alta performance

IMF – gordura intramuscular

LDL – lipoproteínas de baixa densidade

LL – *m. longissimus lumborum*

LTot – lípidos totais

LA – ácido linoleico

LNA – ácido linolénico

LT – *m. longissimus thoracis*

MUFA – ácidos gordos monoinsaturados

min – Minuto

mg – Miligrama

mL – Mililitro

mm – Milímetro

µg – Micrograma

µL – Microlitro

SM – *m. semimembranosus*

PD – porco “Pingo Doce”

PA – porco Alentejano

PS – porco *standard*

PUFA – ácidos gordos polinsaturados

Rpm – rotações por minuto

SFA – ácidos gordos saturados

VLDL – lipoproteínas de muito baixa densidade

TAG – triacilgliceróis

WHO – Organização Mundial de Saúde

# 1 Introdução

O tema da presente dissertação reveste-se de especial interesse não só pelo hábito de consumo de carne de porco em Portugal, como também pela sua representatividade a nível mundial. Os países ou comunidades nas quais o consumo de carne de suíno é interdita devem-no a motivos históricos e religiosos. Independentemente desta realidade, a quase totalidade dos países ocidentais ou ocidentalizados produz carne de porco para consumo humano e o crescente aumento da população tem requerido um aumento significativo na sua produção. A carne de suíno é ainda importante do ponto de vista socioeconómico pois nalgumas variedades é o género mais barato, apenas superado pela carne de galinha doméstica (*Gallus gallus domesticus*).

O porco doméstico tem sido submetido a inúmeros protocolos de melhoramento genético com o intuito de aumentar a sua eficiência produtiva. Os referidos protocolos incidiram os seus objetivos sob diferentes perspetivas, nomeadamente sob o aumento da fertilidade e prolificidade, aumento da conformação da carcaça e redução do seu teor de gordura, aumentando o rendimento de carcaça. O aumento da obesidade a nível global conduziu a uma maior exigência e consciencialização por parte da população no que se refere ao consumo de produtos de origem animal (entre outros) e mais especificamente aos lípidos constituintes. Isto levou a uma maior procura de variedades ou produtos “magros”, o que colocou a produção porcina sob uma imensa pressão comercial que se traduziu na seleção de linhas genéticas mais magras e conduziu a alterações no maneio alimentar dos suínos. A consequência do referido acabou por refletir-se nas características organoléticas da carne de porco. A acentuada diminuição de gordura acabou por repercutir-se na perda de qualidade sensorial da carne sendo que a gordura intramuscular apresenta um importante papel nas características organoléticas da carne, devido à sua contribuição para a tenrura, suculência e sabor. Numa tentativa de contrariar a redução do sabor e suculência da carne de porco, a Jerónimo Martins promoveu a produção de uma carne de porco diferenciada, uma carne de porco com mais sabor. Para o efeito usaram porcos geneticamente diferenciados dos demais usados na indústria, e modificaram a composição da dieta de engorda, com a finalidade de melhorar as características organoléticas do produto final.

Desta forma e após a elaboração de um caderno de encargos, a Raporal S.A. começou a produzir a marca própria de carne de porco da cadeia Pingo Doce para alcançar o objetivo lançado.

Por conseguinte, o presente tema e trabalho por mim realizados vão culminar na quantificação, tipificação e comparação dos ácidos gordos presentes na carne fresca de porco industrial, porco Pingo Doce e porco Alentejano.

## 2 Relatório de estágio

Desde cedo no meu percurso académico comecei a interessar-me pelos aspetos produtivos das espécies pecuárias e respetiva sequência na cadeia industrial, desde a matéria-prima até ao produto final. A espécie *Sus scrofa* (vulgo porco doméstico) foi a que elegi e na qual assentou o meu estágio curricular. O tema da presente dissertação é também baseado nos aspetos nutricionais da sua carne, mais especificamente na composição em ácidos gordos. Desta forma, foi acordado um acompanhamento de todas as etapas, desde a produção primária, abate e processamento na fábrica de carnes da Raporal S.A., assim como o acompanhamento na cadeia de distribuição alimentar Pingo Doce, do Grupo Jerónimo Martins, tomando conhecimento prático das interações do mercado na secção de compras, da área de Talho (*sourcing*) e do trabalho realizado na área da qualidade da carne. A escolha dos grupos empresariais em questão, foi feita com base numa parceria existente entre a Raporal S.A. e o Pingo Doce, nomeadamente na criação de um projeto diferenciador para a carne de suíno.

O estágio teve início no dia 1 de outubro de 2012 e término no dia 27 de abril de 2013. As várias semanas foram repartidas pelas diferentes componentes do estágio, passando por um interregno de um mês (novembro) para colheita e preparação das tomas de ensaio utilizadas no meu estudo. As colheitas foram realizadas por mim, a preparação das amostras foi feita integralmente por mim. O método de extração dos ácidos gordos foi realizado por mim e os mesmos foram quantificados na Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto e financiados pela Jerónimo Martins. A determinação dos lípidos totais foi realizada por mim, com a ajuda de um colega. A extração da vitamina E e colesterol foi realizada por mim, com a ajuda de uma colega e quantificada no aparelho disponibilizado pelo Professor José Prates. A análise estatística foi efetuada conjuntamente com o meu orientador. Nos próximos parágrafos, irei abordar de forma breve os três temas chave que alicerçaram o meu estágio e que passo a mencionar: “Maneio em suinicultura”; “Mercado da carne de porco”; “Qualidade da carne”.

## 2.1 “Maneio em suinicultura”

A Raporal S.A. é uma sociedade do sector agropecuário que cresceu no sentido da modernização da produção de carne de porco e que prima pela produção em cadeia de ciclo completo. Esta dispõe de um largo conjunto de explorações pecuárias (maternidades e engordas) que são providas com as farinhas/granulados produzidos na sua fábrica de rações, sendo os animais posteriormente abatidos na Stec (também propriedade da Raporal S.A.) que inclui os serviços de matadouro e de fábrica de transformação de carnes.

Para a empresa, um produto final com um elevado nível de qualidade pressupõe boas práticas durante todo o processo, estando a rentabilidade da mesma diretamente relacionada com o número de animais aprovados no abate e respetivo peso de carcaça. Para assegurar o anteriormente referido, é necessário ter em conta que o fator mais importante numa pecuária se prende com o maneio produtivo e alimentar. Consequentemente, os fatores expostos acabam por ser duas faces da mesma moeda e é importante que funcionem sinergicamente para que tudo corra da melhor forma.

Em termos de boas práticas de produção primária, é de realçar:

- O corte de dentes e cauda, pois diminuem os traumatismos causados pelas mordidas disferidas entre os leitões.
- A castração dos machos por orquiectomia são efetuados até ao 7º dia de vida. Posteriormente os leitões são desmamados entre o 23º e o 28º dia.
- A administração de antibióticos é regrada/disciplinada e aplica-se apenas aos sujeitos que dela necessitem. Sendo o plano de vacinação vigente levado a cabo pelos trabalhadores e encarregados nas alturas estipuladas. Importa ainda mencionar a que os animais devem ter um abeberamento e alimentação equilibrados e ajustados às diferentes etapas da produção, como ainda os planos de vacinação e administração de antibióticos devem ser empregues nas alturas e situações corretas, respetivamente. O maneio alimentar reveste-se de importância, é diferenciado e acaba por ser um fator preponderante, juntamente com a genética utilizada, para as diferenças organoléticas notadas pelo consumidor final.

## 2.2 “Mercado da carne de porco”

A empresa Jerónimo Martins acolheu a vertente comercial do meu estágio e como tal tive a oportunidade de acompanhar a minha orientadora (Eng<sup>a</sup>. Idalina Vagarinho - gestora de categoria de talho) no seu trabalho diário e aperceber-me das exigências /vicissitudes relativas à gestão e inerentes à sua profissão enquanto comercial da área de carnes.

Até há relativamente pouco tempo, a forma de comércio pela qual a Jerónimo Martins se regia baseava-se na vertente “*every day low price*”. Isto fazia com que a generalidade dos produtos tivesse preços reduzidos e competitivos todos os dias da semana, e ao longo do ano inteiro.

No entanto, o consumidor comum começou a dirigir atenções e a procurar locais onde a existência de descontos era uma pratica comum no ato da aquisição. O público “exigiu” a oferta de descontos e como tal a cadeia teve de se adaptar segundo este formato, para garantir campanhas de promoções diferenciadas e diversificadas, além da política de preços baixos a que os clientes estavam habituados. No que se refere à carne fresca de suíno, e mais especificamente ao projeto diferenciado do “porco Pingo Doce” este é garantido através um contrato de médio prazo com a Raporal S.A.. Este contrato assenta no acordo estabelecido por um preço base, segundo a cotação em bolsa da carne de porco (bolsa de Lérída/bolsa do Montijo). Segundo este pressuposto, o preço pago por carcaça não varia dentro um certo intervalo pré-determinado. Através deste modelo, a carne fresca de porco da marca “Pingo Doce” representa 30 % a 40 % do volume total adquirido. Toda restante carne comercializada é paga de acordo com o preço de mercado em vigor.

De momento, o sector primário atravessa uma fase crítica, pois o constante aumento do preço dos cereais faz com que a margem de lucro dos produtores seja cada vez mais reduzida. Como agravante, o preço de mercado, apesar de evoluir no mesmo sentido, não evolui na mesma medida. A evolução dos preços e da cotação do porco em bolsa tem não só em conta o valor atualizado das matérias-primas, como também da relação oferta/procura que oscila conforme a altura do ano. Assim, na totalidade do país há um aumento de consumo na época veranil de todas as peças da categoria. No entanto, o consumo poderá ser influenciado por épocas festivas, ou por regiões geográficas. As peças do lombo (especificamente) são mais pretendidas no Natal e Páscoa. Nas zonas mais a norte do país, o Entrudo é também uma altura de elevada procura das diferentes peças desta categoria.

Para concluir, refira-se que uma grande parte do trabalho realizado é relativo à gestão dos produtos na sua distribuição pelas diferentes lojas, evitando roturas de *stock* ou quebras excessivas pela acumulação de carne que não é vendida. A execução e gestão de promoções são pensadas também avaliando estes fatores e tendo em consideração a estratégia seguida pelo grupo.

## 2.3 “Qualidade da carne”

Assim como relativamente ao “mercado da carne de porco” a Jerónimo Martins acolheu ainda o meu estágio no que respeita ao acompanhamento da qualidade da carne, que se encontra disponível nos estabelecimentos da sua cadeia de distribuição. Para a componente de controlo da qualidade e segurança da carne no meu estágio, acompanhei a Eng.<sup>a</sup> Catarina Pereira, no decorrer do dia-a-dia, nomeadamente em todas as atividades realizadas por esta área.

A primeira ação de estágio foi uma visita aos armazéns do centro de distribuição da Jerónimo Martins na Azambuja, onde tive a oportunidade de observar as operações de receção, execução e expedição de mercadoria, assim como as ações específicas do controlo da qualidade na verificação dos produtos à receção. À chegada ao armazém, as diferentes paletes de encomendas são sujeitas a uma primeira avaliação por parte dos controladores. Esta ação ocorre numa zona intermédia pois em caso de incumprimento das especificações definidas para os produtos, os mesmos são rejeitados e devolvidos para o fornecedor. As rejeições de mercadoria poderão ocorrer devido a vários motivos, desde falta de frescura, especificações de corte erradas, embalagens danificadas, falta de apresentação comercial e rotulagem incorreta/ ou incompleta, entre outros. No decurso do meu estágio, e de forma a acompanhar o sistema da Qualidade implementado na empresa, foi possível verificar de uma forma mais exaustiva, entre outros pontos, o tratamento das reclamações de clientes (lojas ou cliente final), e ainda o procedimento de avaliação de fornecedores. Neste primeiro ponto, podemos verificar que as reclamações poderão ser realizadas pelos responsáveis de loja, reportando os principais problemas detetados nos produtos enviados da central de distribuição, nomeadamente alterações de frescura, e problemas de apresentação. Nestas situações os técnicos da qualidade que avaliam, e emitem uma resposta em conjunto com o fornecedor sobre a veracidade, e qual a melhor resolução para o

assunto. No que concerne a reclamações dirigidas pelo cliente final, estas são direcionadas através de um *call center*, ou também pelos responsáveis de loja, para os técnicos superiores. Cada tratamento é específico, para a reclamação que lhe deu origem, podendo decorrer deste processo várias ações. É de realçar: a realização de análises químicas, microbiológicas, pedidos de esclarecimento aos fornecedores, ou auditorias de avaliação das condições de laboração das lojas e fornecedores, entre vários não mencionados. No final é emitido um parecer técnico ao cliente reportando os problemas detetados e as ações que decorreram desta situação. Relativamente ao segundo ponto mencionado, as avaliações de fornecedores, são realizadas com base em auditorias de avaliação, com uma componente de verificação das boas práticas de laboração, e ainda a avaliação do sistema de segurança alimentar implementado na empresa. Estas auditorias aplicam-se a todos os fornecedores de carnes frescas e congeladas, no entanto revestem-se de uma primordial importância quando as fábricas trabalham as marcas próprias e envergam a marca “Pingo Doce”, “Amanhecer” ou “Masterchef”, consoante se trata de um produto para prateleiras das lojas Pingo Doce, das mercearias de Bairro com marca “Amanhecer” e dos “*cash and carry*” Recheio, respetivamente. Assim, estas auditorias espaçadas no tempo funcionam como uma garantia do cumprimento de determinados requisitos definidos pelo Grupo Jerónimo Martins, para a obtenção de produtos com qualidade e seguros. As auditorias seguem um referencial interno de avaliação e classificação, assegurando a verificação de todos os pré requisitos definidos numa indústria alimentar como fundamentais, estes são, as instalações, pessoal, controlo do produto, controlo do processo, formação, entre outros. No final é obtida uma pontuação que classifica o fornecedor num dos níveis de laboração, exemplo: básico, alto e excelente. Decorrente ainda da auditoria são identificadas não conformidades e oportunidades de melhoria que o fornecedor terá de implementar para permanecer como fornecedor da empresa Jerónimo Martins.

No decurso do estágio, surgiu a oportunidade de participar numa ação de formação interna, promovida pela Direção da Qualidade, nomeadamente pela área da carne. Esta prendia-se com a contextualização de alguns responsáveis de loja com o percurso e os processos para obtenção do produto final, desde o sector primário e começando por explorações, matadouro, transformação, até à desmancha, embalamento/acondicionamento e apresentação em loja, cumprindo assim todo o circuito do produto até estar à venda nas prateleiras de loja. A relatada ação reforçava ainda os diferentes cuidados e controlo a ter nos produtos para garantir a qualidade da carne vendida aos clientes.

## 3 Revisão bibliográfica

### 3.1 História da produção de porco

Para refletirmos acerca da história da produção relativa às diferentes espécies de animais domésticos e mais especificamente à produção de suínos, devemos fazer uma retrospectiva mais abrangente do que a simples abordagem aos métodos utilizados nos últimos séculos e revelar o seu impacto na nossa evolução como coabitantes. Alguns dados antropológicos sugerem uma forte relação entre a posição anatômica ereta do ser humano e o consumo de carne, tendo contribuído o bipedismo para um tipo de locomoção mais eficiente (relativamente às anteriores na sua evolução) e a uma maior capacidade de carga e transporte, o que foi determinante e vantajoso na obtenção de comida através da caça (Abitbol, 1995; Wang & Crompton, 2004). Após o exposto, a domesticação de animais e plantas foi primordial no que concerne ao progresso e expansão do ser humano nos últimos 13000 anos, sendo para alguns o passo mais importante no caminho percorrido pelo homem e nas suas conquistas (Diamond, 2002; Larson et al., 2005). De facto, a domesticação das espécies teve impacto não só nos nossos comportamentos ecológicos, como também etológicos e demográficos (Smil, 2002; Diamond, 2002).

No que diz respeito à produção e disponibilidade de vertebrados, aludindo ainda ao aproveitamento dos subprodutos decorrentes, tem sido descrito que o seu consumo e utilização contribuíram em larga escala para a nossa evolução como espécie. A produção tecnológica que catapultou o desenvolvimento e subsistência do ser humano foi possível graças ao nosso domínio e laboração no amestramento/domesticação (Diamond, 2002). Domesticámos animais de acordo com as nossas necessidades e desta forma começámos a moldar algumas espécies à nossa medida. A espécie *Sus scrofa*, sobre a qual esta dissertação incide, é uma espécie ungulada cujo estudo de genética molecular pesquisa indica que terá surgido em vários locais no sudeste asiático há cerca de 5,3-3,5 milhões de anos atrás e a respetiva domesticação terá tido lugar há aproximadamente 10000 anos (Groenen et al., 2012) tendo sido o atual javali selvagem o ponto de partida para a seleção e domesticação na Europa (Larson et al., 2005). Nos séculos XVIII e XIX eram já utilizadas linhagens asiáticas para a melhorar as raças europeias, devido ao seu bom desempenho reprodutivo, boa conformação e qualidade de carcaça (Darwin (1868), citado por Fang et al., (2005)).

Relativamente aos sistemas de exploração adotados, ainda no início do século XX, poucos produtores iam além do sistema extensivo e muitas famílias criavam os seus próprios animais

para autossustentabilidade. A alimentação das espécies pecuárias foi evoluindo consoante o sistema em que estavam inseridos, tendo sido conseguidos grandes avanços na melhoria de rações diferenciadas conforme o ciclo produtivo em que os animais se encontram e a sua finalidade comercial. O crescimento da população e a migração para os grandes centros urbanos requereu uma intensificação e massificação na produção de bens e desta feita, em meados do século transato começaram a surgir em Portugal sistemas de parques inseridos em pavilhões para controlar e aumentar a produção. Pouco depois começaram a surgir os sistemas informáticos de apoio aos suinicultores. Assim, apenas algumas raças, como o porco Alentejano, continuaram a ser criadas em regime extensivo ou semi-intensivo já que a sua finalidade comercial é distinta das demais altamente produtivas com as quais já se consegue atingir parâmetros produtivos acima dos 23 leitões desmamados/porca/ano. No presente século, as pecuárias tiveram de sofrer adaptações para poderem cumprir os requisitos de bem-estar animal. Com estas modificações espera-se atingir modelos de produção mais justos para com as necessidades comportamentais dos porcos e em que sejam diminuídas as perdas económicas. Por conseguinte, estamos a evoluir para sistemas de produção aliados à computadorização e robotização com a finalidade de melhor caracterizar os parâmetros produtivos e minorar os erros decorrentes da mão-de-obra humana.

## **3.2 Notas relativas a algumas raças de porco de produção**

### **3.2.1 Porco Alentejano**

O porco Alentejano é uma raça autóctone portuguesa. Esta é tradicionalmente engordada segundo um sistema de exploração em regime extensivo designado montanha (Ruiz et al., 1998). É uma raça muito importante a nível económico e gastronómico. É caracterizada pela sua pele escura, maturidade precoce, apetite voraz e reduzido nível de carne magra (Serra et al., 1998).

**Figura 1-** Fotografia de porco Alentejano com 11 meses de vida. Fotografia original.



### 3.2.2 Duroc

Esta raça foi introduzida na Europa a partir dos EUA com a finalidade de se obter carne com maiores níveis de gordura intramuscular relativamente à obtida pelas restantes linhagens utilizadas (Barton-Gade, 1988) e promover consequentemente as suas qualidades sensoriais (Cameron, Warriss, Porter, & Enser, 1990).

**Figura 2** - Fotografia de um porco Duroc. Fonte: Ana Brito / Rural Centro.



### 3.2.3 Piétrain

Raça originária da Bélgica, caracterizada por ter pele branca com grandes manchas negras, quartos traseiros desenvolvidos e membros curtos (Carbonell Razquín, 1975).

**Figura 3** - Fotografia de um porco de raça Piétrain. Fonte: britishpigs.org.



### 3.2.4 Large White

A raça Large white é pautada por originar animais compridos, profundos e largos. É extremamente prolífica e precoce em termos reprodutivos. Esta raça é originária do Reino Unido e atinge rendimentos de carne até 80% (Carbonell Razquín, 1975).

**Figura 4** - Fotografia de um porco de raça Large White. Fonte: infoescola.com.



### 3.2.5 Landrace

A primeira referência à raça Landrace data de 1890. É uma raça com grande capacidade para tolerar *stress* biótico e abiótico (Zeven, 1998). Com origem na Dinamarca, esta é uma raça de comprimento longo e que oferece presuntos bem dimensionados. É de resto uma raça que permite atingir altos níveis de rendimento (Carbonell Razquín, 1975).

**Figura 5** - Fotografia de uma porca de raça Landrace. Fonte: infoescola.com.



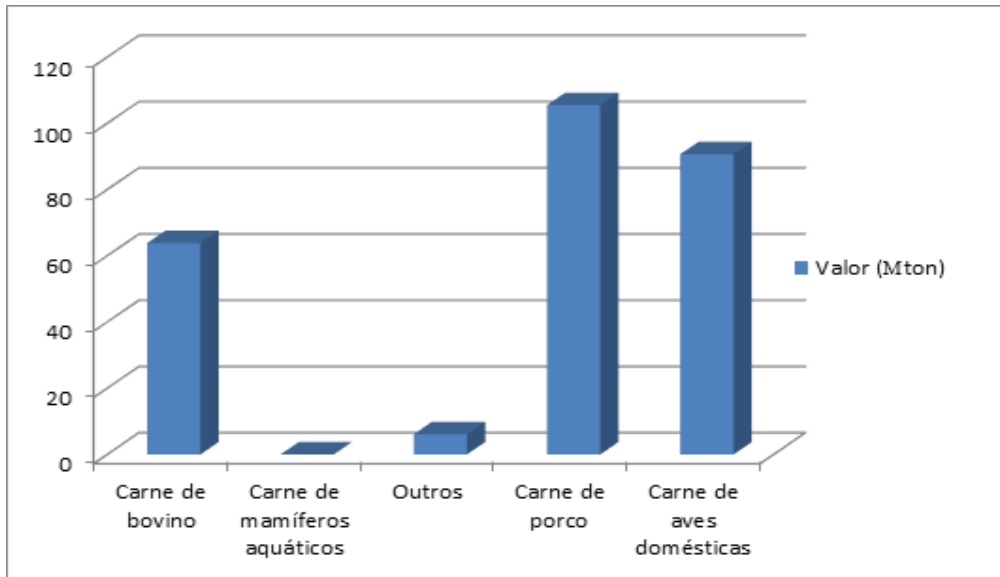
### **3.3 A importância da carne de porco**

#### **3.3.1 Consumo e produção mundial de carne de porco**

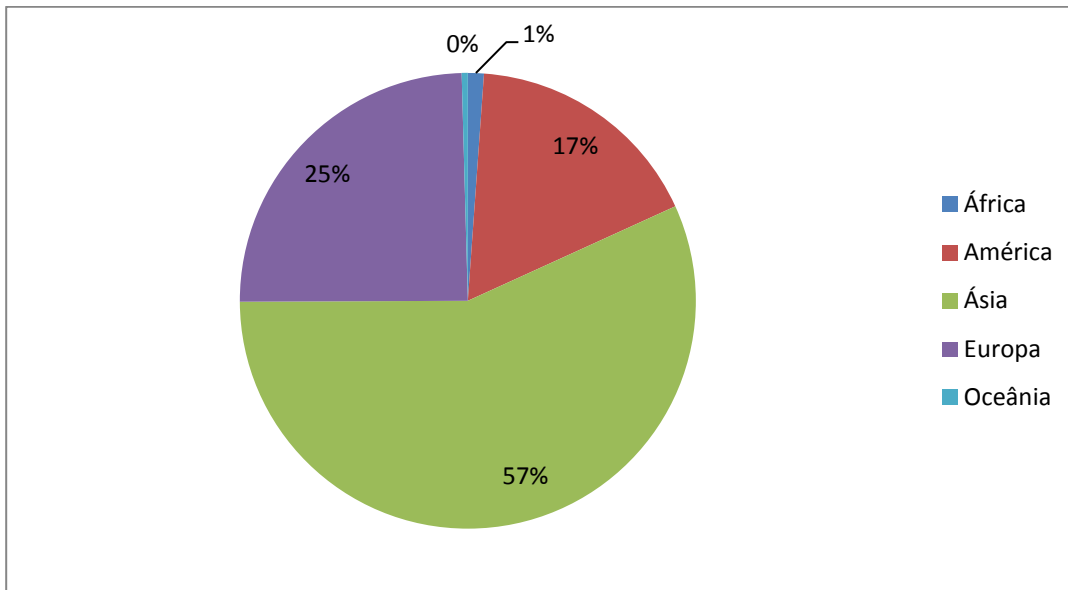
A carne de porco é amplamente consumida a nível mundial havendo no entanto um conjunto de países que não produzem, consomem ou comercializam este género alimentício ou derivados por motivos de ordem histórico-religiosa. Especula-se que Moisés, o legislador dos hebreus, terá proibido o consumo de carne de porco devido a uma relação com o parasitismo por *Taenia solium*, considerando este género impuro e impróprio para consumo, pelo que, ainda hoje os praticantes de religiões ou seitas assentes nos escritos bíblicos hebraicos recusam o consumo direto ou de produtos de carne suína. De resto, a *Sharia* (código moral e religioso que rege os muçulmanos) também proíbe o consumo de carne de porco levando a que todas as comunidades que por ela se guiam não admitam o seu uso na alimentação. Apesar de os cristãos orientarem a sua atenção principalmente para o novo testamento, também o velho testamento é componente da sua bíblia e julga-se que a lei para não consumir carne de porco foi sendo posta de parte, por um lado para distanciamento das práticas frequentes dos judeus, mas principalmente pelo analfabetismo que grassava no seu povo sendo possível a apenas alguns a disseminação e oração dos textos bíblicos. Assim, os países ocidentais ou ocidentalizados têm o costume de consumir frequentemente carne fresca de porco, o que faz da mesma a carne mais consumida a nível mundial, seguida da carne de aves domésticas e da carne de bovino.

Através dos dados disponibilizados pela FAOSTAT conseguimos perceber que o grosso da produção de carne de porco a nível mundial está sediado no continente asiático, seguindo-se o continente europeu com uma percentagem de produção significativamente inferior e aparecendo o continente americano como o 3º maior produtor. O continente africano e a Oceânia mantêm percentagens de produção muito baixas.

**Figura 6** - Valores referentes ao consumo mundial das principais variedades de carne no ano de 2011. Adaptado de FAOSTAT 2013.



**Figura 7** - Valores percentuais referentes à produção de carne de porco por continente no ano de 2011. Adaptado de FAOSTAT 2013.



Se recuarmos no tempo até à 2ª metade do século passado deparamo-nos com uma realidade bem diferente. Em 1975, por exemplo, o continente asiático ainda produzia um pouco menos de metade do total da produção europeia, mas já se encontrava a ganhar terreno ao continente

americano. De 1989 para 1990 deu-se a viragem passando a maior representatividade para o continente asiático. Desde essa altura o continente americano recuperou um pouco e estabilizou-se abaixo do continente europeu que tem continuado a perder progressivamente para o seu vizinho asiático.

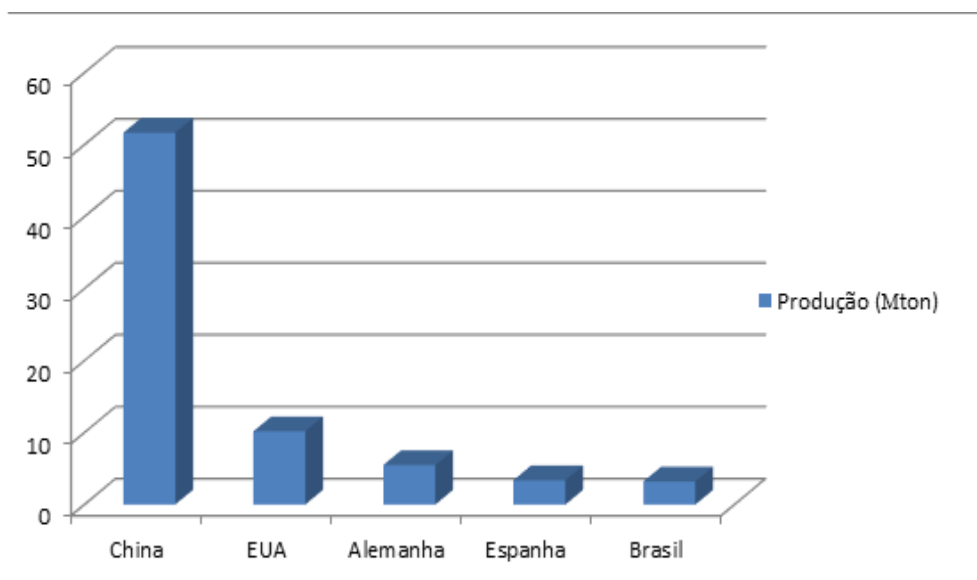
Este progresso e abrupta diferença de produção na Ásia, que abrange mais de 50% da produção a nível mundial, são devidos quase exclusivamente à superpotência que a China representa.

### **3.3.2 Cinco principais produtores de carne de porco**

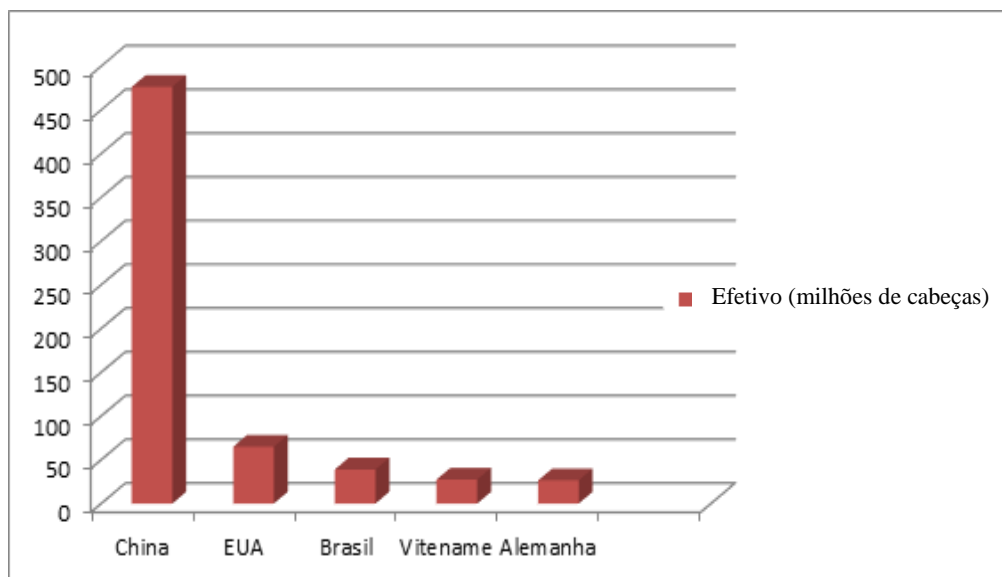
Olhando para os cinco países que lideram a produção de carne de porco a nível mundial deparamo-nos com a inevitável China, seguida pelos Estados Unidos da América com uma produção cerca de cinco vezes inferior mas ainda assim destacadamente mais elevada que a da Alemanha. Por fim na 4ª e 5ª posições encontram-se a Espanha e o Brasil, respetivamente.

Atentando aos dados notamos que apesar da representatividade percentual europeia ser superior à americana, a soma das produções apresentadas pelos dois países europeus integrantes do “*top 5*” não se sobrepõe à produção única dos Estados Unidos, o que nos permite aperceber da sua importância como principal responsável da fatia total produzida no continente americano, ao invés do que se verifica na Europa onde encontramos níveis de produção mais reduzidos mas mais próximos entre os diferentes países. A par dos Estados Unidos no continente americano, a China representa no continente asiático o grosso do total de carne produzida. No entanto, se dirigirmos a nossa atenção para o “*top 5*” a nível de efetivos nacionais em 2011, o cenário com que nos deparamos é diferente. A China continua a ocupar o seu lugar, tão bem como os Estados Unidos. Seguidamente aparece o Brasil, Vietname e por fim a Alemanha.

**Figura 8** - Os cinco maiores produtores mundiais de carne de porco no ano de 2011. Adaptado de FAOSTAT 2013.



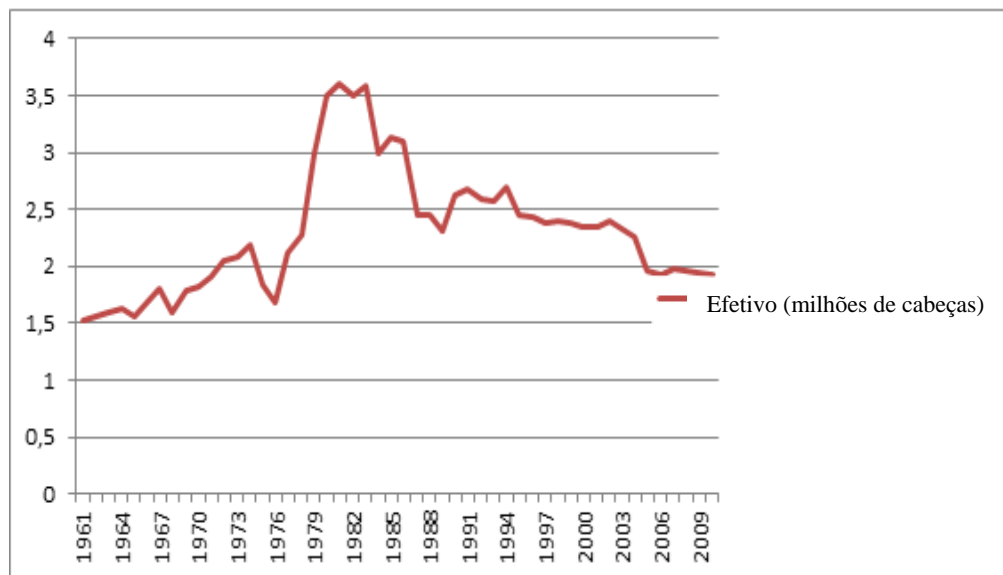
**Figura 9** - Os cinco países com maiores efetivos de gado suíno a nível mundial no ano de 2011. Adaptado de FAOSTAT 2013.



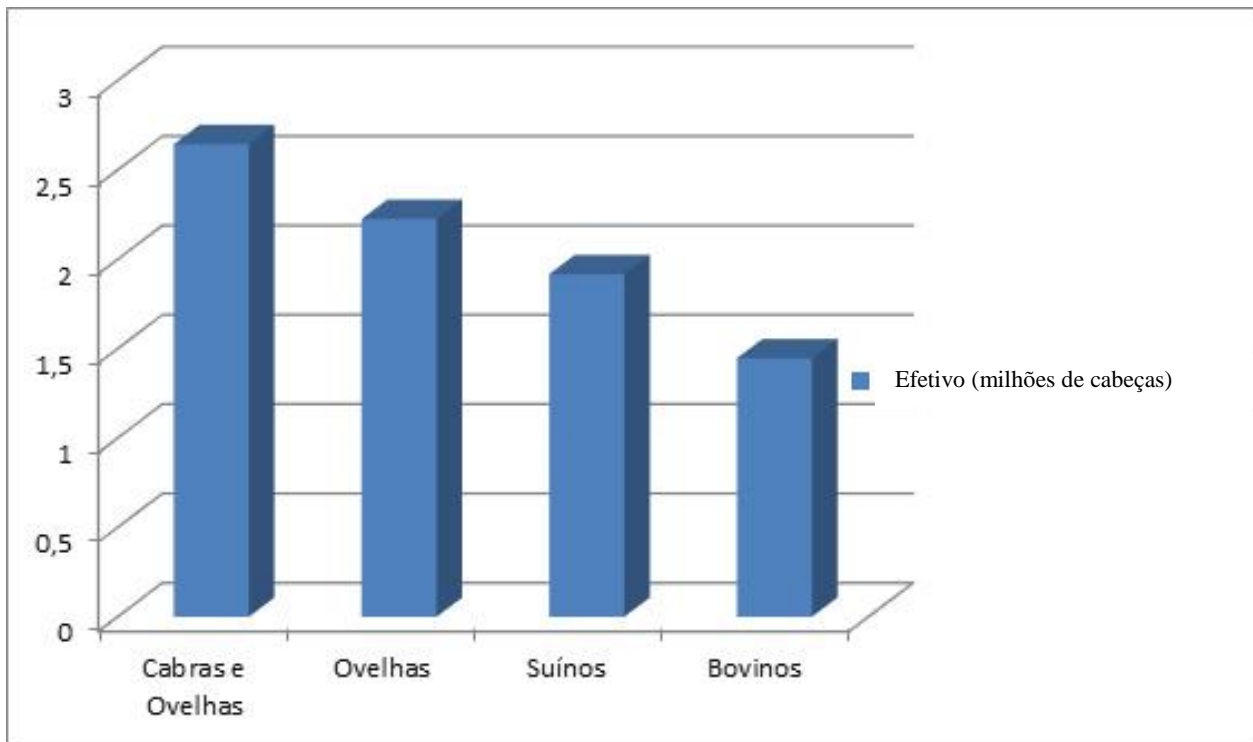
### 3.3.3 Produção de carne de porco em Portugal

O efetivo de suínos em Portugal deve ser analisado previamente à produção de carne para nos podermos aperceber do panorama geral e da sua evolução ao longo do tempo. Desde o início dos anos 60 e até 1974 o efetivo de gado suíno aumentou gradualmente mas de forma moderada, invertendo esta tendência em 1974. Entre 1974 e 1976, por eventual consequência da revolução e da instabilidade vivida, este sofreu um decréscimo abrupto. A partir 1976 assistiu-se a um acentuado e inigualado crescimento do efetivo com o seu auge a ser atingido em 1981. Após esse pico os valores diminuíram também de forma acentuada até 1988. Entre 1988 e 1994 houve um ligeiro aumento dos valores, eventualmente por ser um período no qual o país se encontrava com algum potencial de crescimento após a sua entrada na CEE (atual UE) em 1986. De 1994 até 2010 a diminuição do efetivo prosseguiu, atingindo neste último ano níveis próximos dos verificados no início dos anos 1970. Segundo a FAO, conseguimos ainda perceber que o efetivo nacional no ano de 2011 é apenas inferior ao efetivo de ovelhas.

**Figura 10** - Evolução do efetivo de gado suíno em Portugal entre 1961 e 2010. Adaptado de FAOSTAT 2013.

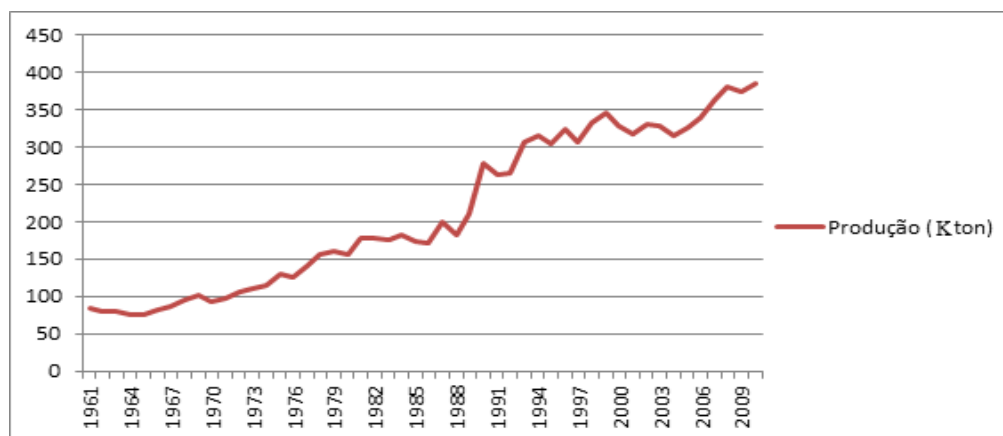


**Figura 11** - Valores referentes ao efetivo das principais espécies pecuárias em Portugal no ano de 2011. Adaptado de FAOSTAT 2013.

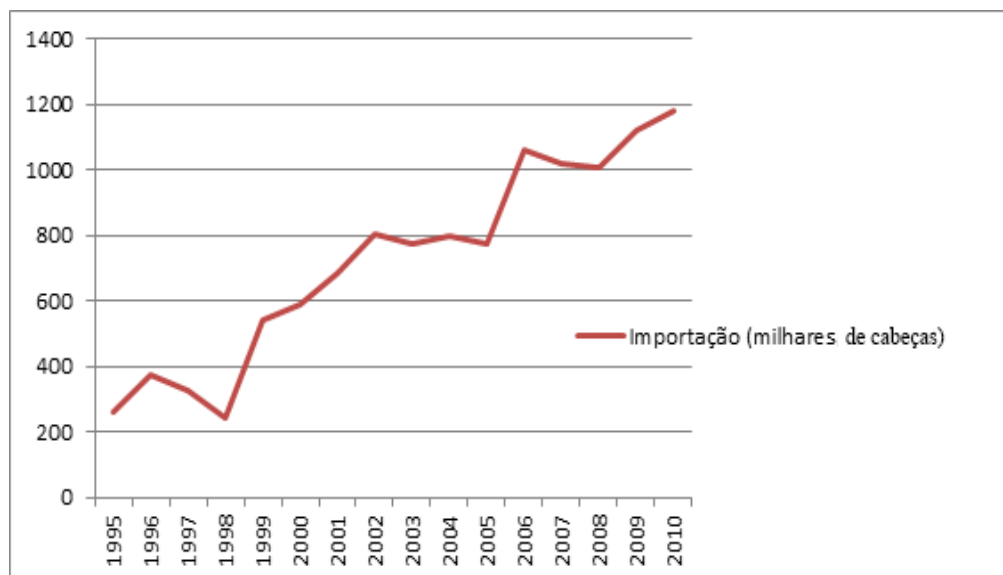


No que concerne à produção de carne de porco, os dados que temos disponíveis mostram que a história é significativamente diferente à da evolução do efetivo nacional. Entre 1974 e 2010 a produção quase quadruplicou, aproximando-se agora das 400 000 Ton/ano, o que se pode ficar a dever ao aumento da eficiência produtiva, ao aumento do abate, como também ao aumento da importação. O seu crescimento mais abrupto deu-se entre 1988 e 1994. Quanto à importação de suínos, podemos observar que tem subido em flecha desde 1990, atingindo agora um valor acima do milhão de cabeças. Olhando para a exportação verifica-se que a mesma também tem tido um aumento gradual no mesmo período de tempo, ainda que muito inferior ao valor atingido na importação. Exportámos em 2010 cerca de 76000 cabeças. No que diz respeito à exportação de carne de porco notamos que a partir da passagem do milénio e até 2010 esta septuplicou atingindo valores perto das catorze toneladas. Por fim, registre-se ainda que o nosso mercado tem vindo a absorver volumes de importação algo avultados, com nota para uma quebra entre 2007 e 2009. A quantidade de carne importada é bastante maior quando comparada com a exportação nacional, tendo ficado um pouco acima das sessenta toneladas em 2010.

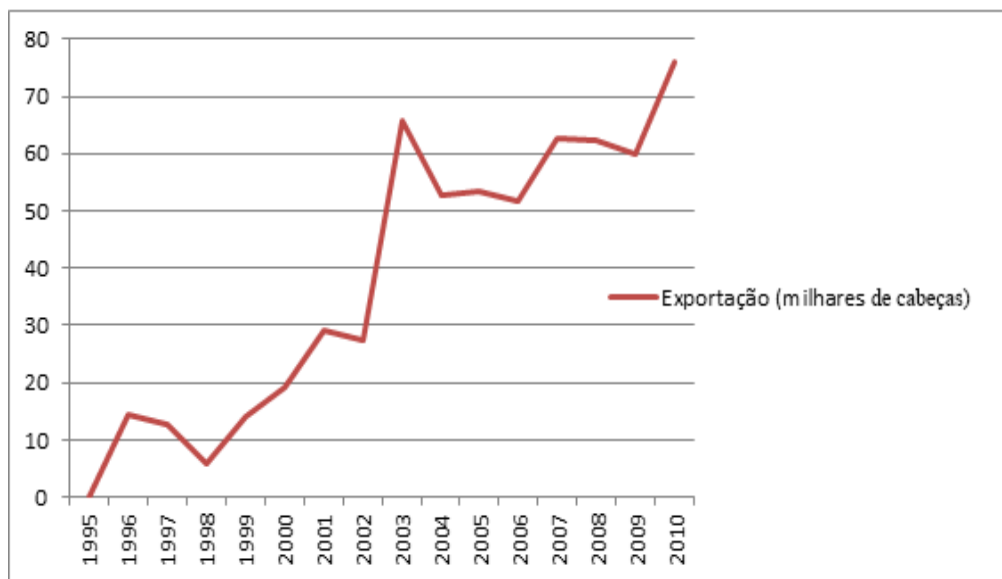
**Figura 12** - Evolução da produção de carne de porco em Portugal entre 1961 e 2010. Adaptado de FAOSTAT 2013.



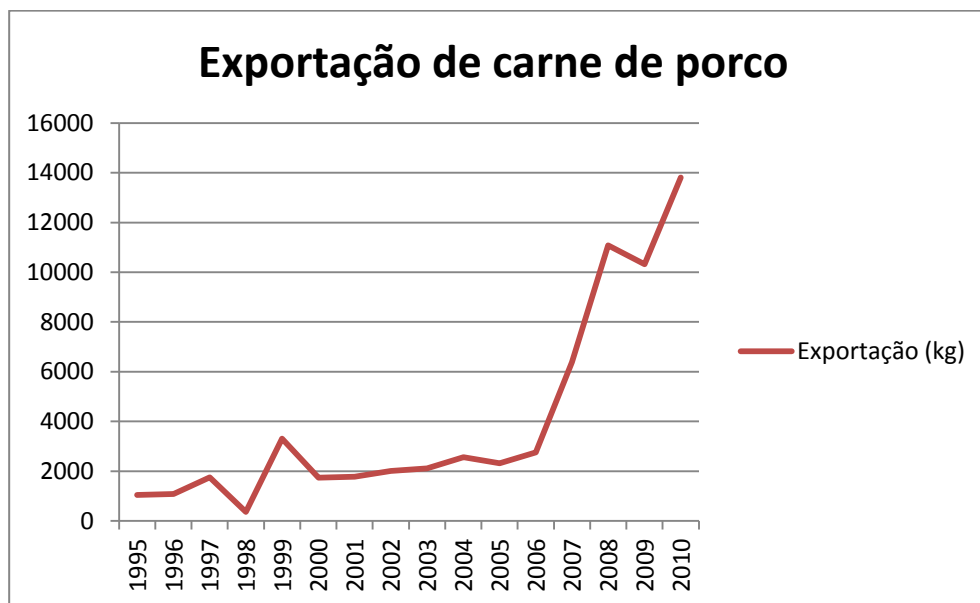
**Figura 13** - Valores referentes à importação nacional de suínos entre 1995 e 2010. Adaptado de FAOSTAT 2013.



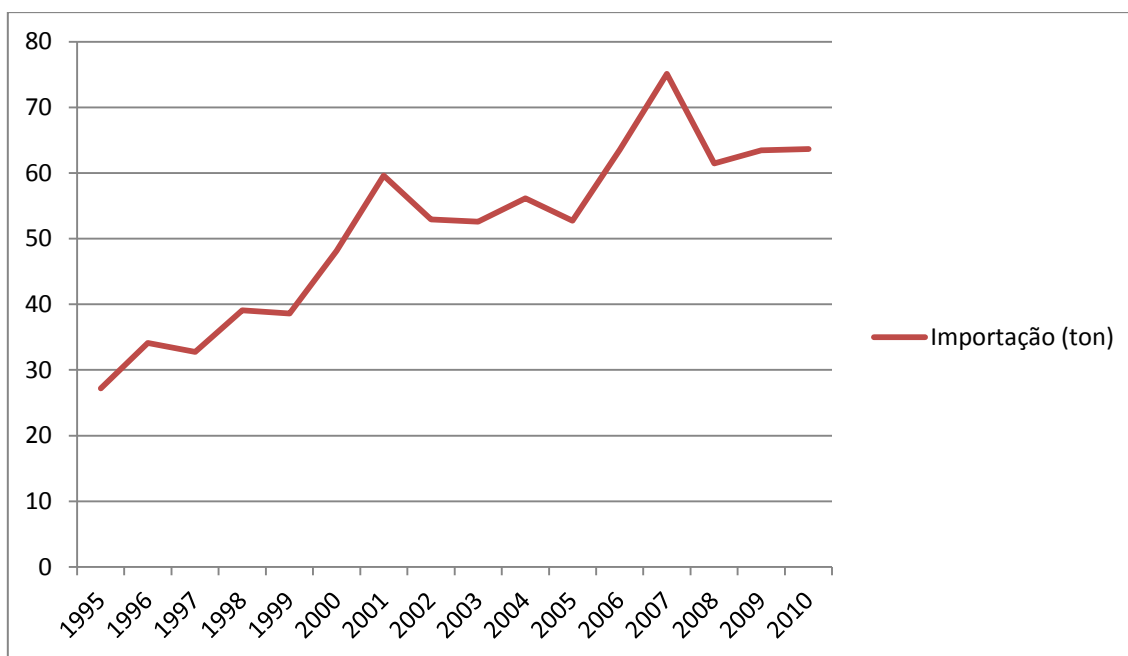
**Figura 14** - Valores referentes à exportação de suínos vivos em Portugal entre 1995 e 2010. Adaptado de FAOSTAT 2013.



**Figura 15** - Valores relativos à exportação nacional de carne de porco entre 1995 e 2010. Adaptado de FAOSTAT 2013.



**Figura 16** - Valores relativos à importação de carne de porco em Portugal entre 1995 e 2010. Adaptado de FAOSTAT 2013.



## **3.4 Qualidade da carne**

A qualidade da carne deve ser abordada multidisciplinarmente e tendo em conta a sua finalidade e os pontos de vista dos diferentes intervenientes.

### **3.4.1 Qualidade do ponto de vista do consumidor**

O conceito de “qualidade da carne” do ponto de vista do consumidor é multifatorial e está relacionado principalmente com a tenrura, sabor, suculência, frescura, salubridade e valor nutricional (Grunert, 1997). O armazenamento a baixa temperatura é um pré-requisito para o desenvolvimento das principais características organoléticas, incluindo a tenrura e o sabor. Apesar destas duas características serem favorecidas com o aumento do tempo no frio, a suculência e a cor saem prejudicadas à medida que o tempo passa (Ouali et al., 2006). Ultimamente, a procura de carne “magra” tem vindo a ser mais elevada devido às campanhas de consciencialização em resposta ao aumento da incidência da obesidade. Nos diferentes ramos da produção animal para a obtenção de carne tem-se trabalhado para aumentar a eficiência na obtenção de carcaças com maior rendimento muscular em detrimento do teor de gordura. Ainda assim, vários estudos têm sugerido que a premissa anterior tem efeitos adversos noutros aspetos da qualidade inclusivamente no escurecimento da carne, aumento da força de corte e sabor (Cameron, Nute, Brown, Enser, & Wood, 1999). Desta forma, pode evoluir-se no desenvolvimento de produtos diferenciados tendo em conta a qualidade alimentar, a qualidade sob o ponto de vista dos efeitos positivos para a saúde, a qualidade relacionada com as características organoléticas, características de processamento desejáveis e conveniência em possuir o produto (Grunert, Bredahl, & Brunsø, 2004). Ainda segundo Grunert (2004) é difícil para os consumidores europeus conseguirem avaliar no ato de compra as características qualitativas da carne o que acaba por provocar incerteza e descontentamento. A satisfação relacionada com o ideal de qualidade de cada indivíduo está intimamente ligada à expectativa criada inicialmente pelo mesmo, tendo em conta a relação com o montante despendido e as características percecionadas no ato do consumo.

### 3.4.2 Qualidade do ponto de vista tecnológico e industrial

A qualidade tecnológica é multifatorial e é representada por fatores como o genótipo, a alimentação, o manejo em vida, a metodologia de abate e o processamento da carcaça. A influência destes fatores nos parâmetros da qualidade da carne é direta. A qualidade da gordura, a homogeneidade, a estabilidade oxidativa e a sua composição em ácidos gordos são principalmente afetados pelo genótipo e estratégia de alimentação, enquanto a capacidade de retenção da água e a cor são afetados por quase todos os fatores referidos (Rosenvold & Andersen, 2003). Quanto à indústria, a qualidade da carne pretendida toca pontos com a adequação ao processamento, armazenamento e exposição, pelo que os principais atributos desejados prendem-se com a cor, a capacidade de retenção de água, a uniformidade, a estabilidade oxidativa e o teor e composição de gordura (Rosenvold & Andersen, 2003).

É hoje largamente aceite que o aumento do nível de gordura intramuscular (IMF) influencia positivamente a qualidade sensorial da carne. De acordo com Ryu et al. (2008), há diferenças significativas na composição das fibras musculares e na qualidade da carne de porco conforme a raça utilizada. De todo o modo, ainda que determinados fatores contribuintes para a variação da qualidade sensorial da carne de porco (genótipo; alimentação; manejo, etc.) estejam controlados, o efeito do nível da IMF na mesma não é sistemático (Fernandez, Monin, Talmant, Mourot, & Lebret, 1999). Alguns autores referem que o nível de IMF deve ser superior a 2 % para se fazer sentir um efeito qualitativo acrescido na carne de porco (Bejerholm & Barton-Gade, 1986; Eikelenboom & Hoving-Bolink, 1994). Segundo De Vol et al. (1988), o nível de IMF deve encontrar-se entre 2 - 5 % para a qualidade sensorial da carne de porco ser aceitável. É importante referir que os porcos alimentados com uma dieta com valores baixos de proteína (13 % de proteína bruta) conseguem uma maior deposição de IMF relativamente a outros alimentados com rações cujos níveis de proteína atingiam os 18,5 % ou os 21 % (Adeola & Young, 1989; Karlsson et al., 1993). Uma redução do nível de proteína na dieta de 20 % para 16 % faz também aumentar significativamente a IMF em porcos em crescimento (Costa et al., 2004; Wood, Nute, et al., 2004). A estabilidade e melhoramento da cor através da vitamina E é levada a cabo principalmente pela sua capacidade para prevenir a oxidação lipídica e a oxidação da mioglobina em metmioglobina (Mitsumoto, Arnold, Schaefer, & Cassens, 1993). O efeito protetor da vitamina E na estabilidade dos lípidos é conseguido pela redução da sua taxa de oxidação (Monahan, Buckley, Morrissey, Lynch, & Gray, 1992). Finalmente, deve referir-se que a

proporção dos diferentes tipos de fibra constituintes do músculo afetam determinantemente as suas propriedades tecnológicas, tal como o teor lipídico ou a oxidação da mioglobina e ainda as suas propriedades sensoriais como o sabor e a suculência (Wilson, Pearson, & Shorland, 1976; Valin, Touraille, Vigneron, & Ashmore, 1982; Renner & Labas, 1987).

**Tabela 1** - Principais categorias e respetivos fatores relativos à avaliação da qualidade da carne.

<b>Categoria</b>	<b>Fatores</b>
Higiene	Resíduos Microorganismos patogénicos Fatores intrínsecos: - $a_w$ - Eh - pH
Características intrínsecas	Composição química Valor nutricional
Tecnologia	Consistência e estrutura: - Conteúdo em gordura - Conteúdo em tecido conjuntivo
Características sensoriais	Aparência: - Cor - Forma Qualidade organolética: - Capacidade de retenção da água - Tenrura - Sabor

## **3.5 Composição do músculo e da carne**

### **3.5.1 Composição miofibrilar do músculo esquelético**

O músculo esquelético dos mamíferos começa a formar-se durante o desenvolvimento embrionário pelo controlo miogénico e é modelado mais tarde através de fatores hormonais e neuronais. Nas diferentes espécies e inclusivamente no seio dos indivíduos de cada espécie a proporção entre os diferentes tipos de fibra é bastante variável (Schiaffino & Reggiani, 2011). Genericamente, o músculo esquelético é composto em grande parte por fibras musculares estriadas que diferem entre si e assumem funções específicas. A classificação das fibras musculares passa então pelas suas propriedades contrácteis e metabólicas variando o seu diâmetro entre os 10 e os 100  $\mu\text{m}$ . O volume muscular que ocupam varia entre os 75 % e os 90 % (Lefaucheur, 2010).

A principal diferença entre os distintos tipos de fibra muscular encontra-se na predominância de metabolismo aeróbio (oxidativo) ou anaeróbio (glicolítico). As fibras vermelhas (tipo I) é nas quais predomina o metabolismo aeróbio e como tal contêm um maior número de mitocôndrias e mioglobina. Nas fibras brancas (tipo II) predomina o metabolismo anaeróbio e contêm muito menor número de mitocôndrias e menor teor de mioglobina. Algumas fibras possuem de igual forma metabolismo aeróbio e anaeróbio (Warriss, 2010). As fibras do tipo I são estreitas enquanto as de tipo II são de diâmetro largo (George & Naik, 1958; Hintz et al., 1982). Mais se acrescenta que as fibras do tipo I são de ação lenta (exercício contínuo), tendendo a encontrar-se mais próximas dos principais locais de irrigação muscular (Suzuki & Tamate, 1988). As fibras de tipo II são de ação rápida e subdividem-se em fibras tipo IIA e IIB tendo as IIA uma boa capacidade para o metabolismo aeróbio ao invés das IIB (Peter, Barnard, Edgerton, Gillespie, & Stempel, 1972). Cada tipo de fibra muscular tem associado uma variante da cadeia pesada de miosina (MHC) específica (Young & Davey, 1981). Mais recentemente foi identificado o tipo IIX, caracterizado pela sua própria cadeia de MHC e que se distingue das restantes fibras do tipo II pela atividade histoquímica da ATPase e pelo seu padrão de coloração único pelos sete anticorpos monoclonais anti-MHC (Schiaffino et al., 1989). Em suínos, é ainda de notar que o tipo metabólico das fibras é o principal fator determinante para o conteúdo dos seus músculos em fosfolípidos e colesterol (Leseigneur-Meynier & Gandemer, 1991). Estes aparecem numa proporção mais elevada nas fibras oxidativas devido à maior quantidade de mitocôndrias presente nestas últimas (Raes, De Smet, & Demeyer, 2004), assim como pela maior quantidade de

fosfolípidos constituintes das membranas celulares (Chizzolini, Zanardi, Dorigoni, & Ghidini, 1999).

### **3.5.2 Conversão de músculo em carne**

A carne é obtida de músculo esquelético, um tecido com características contrácteis. Em vida, a conversão de energia química em mecânica é obtida através das unidades funcionais presentes nas fibras musculares, os sarcómeros. Após a morte do animal, o músculo experimenta alterações bioquímicas e biofísicas que determinam a sua conversão em “carne”.

Com a interrupção do aporte sanguíneo, o tecido muscular enfrenta uma cessação no suprimento de vários elementos essenciais ao seu normal funcionamento. O equilíbrio osmótico colapsa. O fim da oxigenação dita uma diminuição no potencial de oxirredução que acaba por desencadear um processo de glicólise anaeróbio para a síntese ATP. Como é um processo pouco eficaz para o fornecimento de energia rica em fosfato, ocorre a formação do complexo actomiosina e consequentemente o *rigor mortis* (com acumulação de metabolitos precursores do *flavour*). É também consequência a acumulação de ácido láctico (conduzindo à diminuição do pH), condição para a libertação e ativação das catepsinas. No conjunto, vai ocorrer desnaturação proteica (provocando exsudação e descoloração) e proteólise que sinergicamente com o fim da atividade do retículo endotelial propiciam o crescimento bacteriano. A temperatura diminui, não só pela interrupção do fluxo sanguíneo, como também pela inexistência de regulação nervosa e hormonal. Esta queda na temperatura é determinante para a solidificação da gordura que acaba por sofrer oxidação, também decorrente da ausência do aporte de antioxidantes (Lawrie, 2005).

### **3.5.3 Composição química da carne**

O tecido muscular é composto predominantemente por miofibrilas, tecido adiposo e conjuntivo em quantidade variável e por pequena proporção de tecido nervoso e vascular (entre outros). Por sua vez estes elementos do músculo esquelético partilham e contribuem entre si para um total em média de 75 % de água, 19 % de proteína, 3,5 % de substâncias não-proteicas solúveis e 2,5 % de gordura (Lawrie, 2005).

### 3.5.3.1 Proteínas

A proteína animal apresenta um valor biológico superior relativamente ao da proteína vegetal e providencia todos os aminoácidos essenciais referidamente: fenilalanina, lisina, metionina, triptofano, valina, leucina, isoleucina, treonina (Higgs, 2000; Williams, 2007; .

**Tabela 2** - Aminoácidos essenciais e não essenciais à saúde humana. Adaptado de Wu (2009).

Aminoácidos Essenciais	Aminoácidos não-essenciais
Isoleucina	Alanina
Leucina	Asparagina
Lisina	Arginina
Metionina	Cisteína
Triptofano	Ácido aspártico
Treonina	Ácido glutâmico
Valina	Prolina
Fenilalanina	Histidina
	Tirosina
	Serina
	Glicina

O referido tipo de proteína é altamente digestível (94 %), quando comparada (por exemplo) com o feijão (78 %) e com o trigo (86 %) (Bhutta, 1999). Relativamente à constituição proteica do músculo esta inclui: proteínas sarcoplasmáticas, proteínas miofibrilares, proteínas do tecido conjuntivo e organelos. As proteínas sarcoplasmáticas são solúveis em meio salino diluído ou água, sendo constituídas por cerca de cinquenta componentes, bastante representados por enzimas do ciclo glicolítico (desidrogenase gliceraldeído fosfato; creatina quinase; aldolase, etc.) e englobando também a mioglobina e a hemoglobina. As proteínas miofibrilares são solúveis em meio salino concentrado, sendo a miosina a com maior representatividade, seguida da actina que ocorre nas formas *G* e *F*. Na presença de sais e ATP a actina *G* polimeriza-se em actina *F* que por sua vez se conjuga com a miosina para formar o complexo actinmiosina. As proteínas sob a forma de tecido conjuntivo são constituídas por colagénio e elastina. O epimísio é composto por colagénio tipo I, o perimísio por colagénio tipo II e III e o endomísio pelo colagénio tipo IV e V (Lawrie, 2005).

### 3.5.3.2 *Lípidos*

Os lípidos constituem reservas importantes sob a forma de energia armazenada, podem ter funções estruturais e formam ainda a base das hormonas esteroides. Os que assumem funções estruturais são representados principalmente pelo colesterol e fosfolípidos, sendo as reservas energéticas constituídas principalmente por triacilgliceróis (TAG) incluídos em adipócitos. A gordura intramuscular é constituída pelos ácidos gordos presentes nos adipócitos e nas fibras musculares. Os adipócitos podem ser encontrados em conjunto ou isolados, ao longo das fibras e no espaço interfascicular. O seu conteúdo é preenchido principalmente por TAG, enquanto os lípidos do interior das fibras são formados por pequenas gotículas citosólicas de TAG, fosfolípidos e colesterol (Raes et al., 2004).

O valor energético dos lípidos ( $38 \text{ kJg}^{-1}$ ) é cerca do dobro do valor energético dos hidratos de carbono ou das proteínas ( $17 \text{ kJg}^{-1}$ ). A IMF, para além dos TAG e ácidos gordos, tem representada ainda uma quantidade significativa de fosfolípidos e colesterol (Warriss, 2010). Relativamente aos ácidos gordos, aqueles que ocorrem em maior quantidade são o oleico, o palmítico e o esteárico. Entre outras funções, os lípidos representam uma parte fundamental da membrana celular na sua permeabilidade, capacidade de resposta a estímulos e identidade celular (Di Paolo & De Camilli, 2006). Por conseguinte, os fosfolípidos surgem como o maior componente estrutural da membrana celular onde está também presente o colesterol. Enfatize-se ainda que o tipo metabólico das fibras musculares condiciona as suas características lipídicas, tendo os músculos de tipo glicolítico menos lípidos totais, TAG, colesterol e menor conteúdo em ácidos gordos polinsaturados relativamente aos músculos de tipo oxidativo (Alasnier, Rémignon, & Gandemer, 1996), em consequência de ter fosfolípidos em menor número.

### 3.5.3.3 *Ácidos gordos*

Os ácidos gordos são constituídos por átomos de hidrogénio (H), carbono (C) e oxigénio (O), organizados numa cadeia base de C com um grupo carboxilo (COOH) numa extremidade. Os ácidos gordos são parte integrante e estrutural dos fosfolípidos e TAG estando de resto subdivididos de acordo com o seu comprimento de cadeia e com o seu número de ligações duplas.

### 3.5.3.3.1 Classificação

#### 3.5.3.3.1.1 Comprimento de cadeia

É conhecido que grande parte dos ácidos gordos tem um número par de átomos de carbono na sua cadeia, sendo mais comum a existência de 12 a 24. Assim, designam-se ácidos gordos de cadeia curta os que são compostos por 2 a 6 átomos de carbono. Os ácidos gordos compostos por 8 a 10 átomos de carbono são designados ácidos gordos de cadeia média. Aqueles que são constituídos por 12 a 24 átomos de carbono são denominados ácidos gordos de cadeia longa.

#### 3.5.3.3.1.2 Número de ligações duplas

##### 3.5.3.3.1.2.1 Ácidos gordos saturados:

Os ácidos gordos saturados (SFA) não têm ligações duplas ao longo da sua cadeia. Por conseguinte encontram-se saturados com átomos de hidrogénio, sem contar com o grupo carboxilo. Assim, a simplicidade e retilinearidade da sua cadeia proporciona uma maior capacidade de armazenamento e de forma densa. A sua constituição química é dada pela seguinte fórmula:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ . O SFA mais simples é o ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

##### 3.5.3.3.1.2.2 Ácidos gordos insaturados:

Os ácidos gordos são insaturados quando contêm uma ou mais ligações duplas na sua cadeia principal. Os ácidos gordos insaturados dividem-se em monoinsaturados (MUFA) e polinsaturados (PUFA). Os MUFA contêm apenas uma ligação dupla na sua cadeia, enquanto os PUFA apresentam mais que uma. No seio desta classificação, eles podem ainda ser agrupados mediante a posição da ligação simples dos átomos de hidrogénio no primeiro e segundo átomos de carbono contíguos e unidos pela ligação dupla. Consequentemente designa-se como *cis* ou *trans* a referida sequência posicional, consoante esta seja unilateral ou bilateral, respetivamente. Os PUFA podem também ser divididos por famílias metabólicas. Esta classificação que depende do local onde ocorre a 1ª ligação dupla que no caso do n-3 ocorre no terceiro C contado a partir da extremidade final do metilo e no n-6 ocorre no sexto carbono contado a partir da extremidade final do metilo.

Os ácidos gordos podem ser tratados pelo seu nome comum, sistemático ou de forma estenográfica.

**Tabela 3** - Nomenclatura dos principais ácidos gordos encontrados na carne de porco.

Nº de átomos C e duplas ligações	Nome Sistemático	Nome Comum
C <sub>14:0</sub>	Ácido tetradecanóico	Ácido Mirístico
C <sub>14:1c9</sub>	Ácido 9-tetradecenóico	Ácido Miristoleico
C <sub>16:0</sub>	Ácido hexadecanóico	Ácido Palmítico
C <sub>16:1n9</sub>	Ácido <i>n</i> -9-hexadecenóico	Ácido Palmitoleico
C <sub>18:0</sub>	Ácido octadecanóico	Ácido Esteárico
C <sub>18:1n9</sub>	Ácido <i>n</i> -9-octadecenóico	Ácido Oleico
C <sub>18:1c11</sub>	Ácido <i>cis</i> -11-octadecenóico	Ácido <i>cis</i> -Vacénico
C <sub>18:2n-6</sub>	Ácido 9,12-octadecadienóico	Ácido Linoleico
C <sub>18:3n-3</sub>	Ácido 9,12, 15-octadecatrienoico	Ácido ( $\alpha$ -) Linolénico
C <sub>20:0</sub>	Ácido eicosanóico	Ácido Araquídico
C <sub>20:2n-6</sub>	Ácido 11,14-eicosadienóico	–
C <sub>20:3n-3</sub>	Ácido 11,14,17-eicosatrienóico	Ácido Di-homo- $\alpha$ -linolénico

### 3.5.4 Ácidos gordos e a carne de porco

A composição em ácidos gordos da carne (obtida de animais monogástricos) e mais especificamente no que respeita aos constituintes dos TAG é conseguida principalmente através de sintetização própria e sendo também em parte um reflexo da dieta e respetivo perfil de ácidos gordos. A maior parte dos ácidos gordos constituintes dos TAG consistem em SFA e MUFA. Os PUFA aparecem representados predominantemente pelo ácido linoleico (LA) e pelo ácido linolénico (LNA) cuja quantidade pode variar entre os 2 g e os 30 g por cada 100 g de ácidos gordos totais (Raes et al., 2004). No caso da carne de porco, o valor em PUFA dos TAG pode variar entre 7 e 15 % (Gandemer, 1999).

No caso dos fosfolípidos, estes caracterizam-se por conter um alto teor em PUFA (20 a 50 % do seu total em ácidos gordos), nos quais estão representados maioritariamente ácidos gordos de cadeia longa ou muito longa (com 18, 20 ou 22 átomos de carbono) e com duas a seis ligações duplas (Raes et al., 2004). Esta composição influencia a estabilidade oxidativa da carne de porco, pois quanto maior for a proporção de PUFA, maior será a suscetibilidade à oxidação (Cava, Ruiz, Ventanas, & Antequera, 1999). Desta feita, pode dizer-se que os fosfolípidos são um dos substratos da lipólise e esta última é um fator adjuvante na promoção da oxidação lipídica (Buscailhon, Gandemer & Monin, 1994).

O efeito por parte dos ácidos gordos no sabor da carne de porco ocorre através da produção de componentes voláteis aromáticos, da oxidação lipídica e pela reação de *Maillard* durante a confeção da carne. Para tal, a composição em ácidos gordos insaturados dos fosfolípidos é de extrema importância (Wood, Richardson et al., 2004). É ainda de referir que o sabor associado à carne de diferentes espécies está diretamente relacionado com o seu conteúdo lipídico (Mottram, 1998).

**Tabela 4** - Valores médios aproximados da composição em ácidos gordos, relativamente ao total de ácidos gordos, em diferentes músculos de suínos adultos. Adaptado de Lawrie (2005).

Músculo	Ácido gordo (% do total de ácidos gordos)									
	C <sub>18:1</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>16:1</sub>	C <sub>20:4</sub>	C <sub>14:0</sub>	C <sub>15:1</sub>	C <sub>17:1</sub>	C <sub>13:0</sub>
<i>Longissimus lumborum</i> (lombar 4-6)	40	24	11	10	5	2,5	1,5	1,5	0,8	-
<i>Longissimus thoracis</i> (torácico 5-7)	38	21	13,5	10	4	4,2	1,5	2,5	1,0	0,2
<i>Semimembranoso</i>	35	24	14	10	4,5	4,2	1,5	2,5	1,3	0,3
<i>Psoas</i>	33	22	17	12	5	3,8	1,2	2,3	1,5	-

### 3.5.5 Colesterol

O colesterol é um lípido com função estrutural, sendo um componente membranar essencial, onde participa determinantemente para criar barreiras semipermeáveis entre os diferentes compartimentos celulares, assim como na regulação da fluidez de membrana (Ikonen, 2008). Nas mitocôndrias residem cerca de 3 a 5 % do colesterol celular total (Montero et al., 2010). Contudo, esta pequena percentagem é determinante pois representa um papel importante na síntese de ácidos biliares a nível hepatocelular e na síntese de hormonas esteroides em determinados tecidos (Garcia-Ruiz et al., 2009). Assim, a sua síntese ocorre ao nível do retículo endoplasmático, sendo transferido para os restantes organelos através de um processo de transporte combinado entre fases vesiculares e não-vesiculares (Maxfield & Tabas, 2005; Ikonen, 2008). A nível muscular, os sarcolemas dos miócitos pertencentes a fibras musculares de tipo oxidativo têm um rácio fosfolípidos/colesterol inferior relativamente aos de tipo glicolítico (Alasnier et al., 1996). Como foi referido anteriormente nesta dissertação, o tipo muscular influencia diretamente a quantidade de colesterol existente, o qual é mais elevado nos músculos de tipo oxidativo devido ao elevado número de mitocôndrias residentes. Por outro lado, o aumento do diâmetro celular ou do número de células musculares vai fazer variar positivamente a quantidade de colesterol existente (Dinh et al., 2011). O exposto pode ser traduzido numa relação diretamente proporcional entre o aumento dos fosfolípidos e o consequente aumento de colesterol (Chizzolini et al., 1999).

### 3.5.6 Vitaminas

Genericamente, a carne é uma excelente fonte de vitaminas. A carne vermelha providencia, em cada 100 g, cerca de 25 % do total das nossas exigências fisiológicas em riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>, niacina (vitamina B<sub>3</sub>, ácido piridoxal (vitamina B<sub>6</sub>), ácido pantoténico (vitamina B<sub>5</sub>) e ainda quase dois terços dos nossos requisitos diários em cobalamina (vitamina B<sub>12</sub>) (P. Williams, 2007). Em particular, a carne de porco é uma boa fonte de tiamina (vitamina B<sub>1</sub>) relativamente às restantes espécies (Lassen, Kall, Hansen, & Ovesen, 2002).

**Tabela 5** - Valores médios aproximados do conteúdo em vitaminas da carne de porco. Adaptado de McCance & Widdowson, (2002).

Vitamina (unidades/100g)	Carne crua de porco
A (U.I.)	Traços
B <sub>1</sub> (mg)	1,0
B <sub>2</sub> (mg)	0,20
Ácido nicotínico (mg)	5
Ácido pantoténico (mg)	0,6
Biotina (ug)	4
Ácido fólico (ug)	3
B <sub>6</sub> (mg)	0,5
B <sub>12</sub> (ug)	2
C (mg)	0
D (U.I.)	Traços

#### 3.5.6.1 Vitamina E

Vitamina E é o termo generalista que inclui 4 tocoferóis ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -) e 4 tocotrienóis ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -). Tocoferóis e tocotrienóis apresentam uma estrutura similar composta por uma estrutura aromática (cromanol) e uma cadeia carbonada, que é saturada no caso dos tocoferóis e insaturada no caso dos tocotrienóis. Tanto os tocoferóis como os tocotrienóis apresentam 4 homólogos, que diferem entre si pelo número e posição dos radicais metilo (Tabela 6).

**Tabela 6** - Estrutura química da vitamina E relativa aos diferentes homólogos. (adaptado de Quaresma et al. (2008))

Compound	R1	R2	R3
alpha-tocopherol alpha-tocotrienol	CH3	CH3	CH3
beta-tocopherol beta-tocotrienol	CH3	H	CH3
gamma-tocopherol gamma-tocotrienol	H	CH3	CH3
delta-tocopherol delta-tocotrienol	H	H	CH3

A vitamina E é lipossolúvel e um poderoso antioxidante com um importante papel de proteção nas membranas celulares (Halliwell, 1987). Tendo como principal homólogo o  $\alpha$ -tocoferol, a vitamina E é capaz de eliminar radicais livres, protegendo da oxidação os fosfolípidos e o colesterol (Brigelius-Flohé et al., 2002; Gray, Goma, & Buckley, 1996) e potenciando ainda a imunidade individual (Smith, Morgan, Sofos, & Tatum, 1996). A descoloração gradual do tecido muscular ocorre quer pela oxidação da IMF quer pela oxidação da mioglobina em metmioglobina. O  $\alpha$ -tocoferol, o elo mais potente do espectro da vitamina E, consegue inibir os radicais livres ao ponto de proteger eficazmente os pigmentos musculares contra a sua ação oxidativa (Faustman et al., 1989). Da mesma maneira, como antioxidante não-enzimático a vitamina E exerce o seu efeito mais prolongadamente no período pós-morte (Niki, Noguchi, Tsuchihashi, & Gotoh, 1995). Quanto ao nível de  $\alpha$ -tocoferol encontrado no músculo de suínos, este depende do período no qual o referido é acrescentado na alimentação sob a forma de suplemento. Segundo Sisk, Molloy, Morrissey, & Buckley (1994), quando são acrescentados à dieta dos porcos 200 mg de  $\alpha$ -tocoferol acetato por cada Kg de alimento ao longo de um período superior a 13 semanas, o nível de  $\alpha$ -tocoferol aumenta em todos os tecidos. As gorduras peri-renal e subcutânea logram de um aumento substancial na deposição de  $\alpha$ -tocoferol entre a 13ª e a 18ª semanas de suplementação. A deposição de  $\alpha$ -tocoferol é encontrada em maior quantidade na gordura peri-renal, seguida das camadas inferiores de gordura subcutânea, camadas superiores de gordura subcutânea e em último lugar no tecido muscular (Morrissey, Buckley, Sheehy, &

Monahan, 1994). Ainda segundo Jensen et al. (1997), alimentar porcos com níveis entre 200 e 700 mg de  $\alpha$ -tocoferol acetate/kg de alimento reduz significativamente o desenvolvimento de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico durante o armazenamento a frio.

### **3.5.7 Hidratos de carbono e substâncias solúveis não proteicas**

O glicogénio é o hidrato de carbono mais representado no tecido muscular e encontra-se em menor quantidade que as substâncias solúveis não proteicas. As últimas podem ser nitrogenadas (creatinina, aminoácidos, inosina monofosfato, carnosina, anserina, etc.) ou inorgânicas (potássio, sódio, magnésio, cálcio, zinco, fósforo, etc.) (Lawrie, 2005).

## **3.6 Os lípidos e a saúde humana**

Os países desenvolvidos e também, crescentemente, os países em vias de desenvolvimento, têm sido confrontados com um aumento gradual da incidência de diversas doenças crónicas que são em parte causadas pelos maus hábitos alimentares (Who & Consultation, 2003). No que a isto diz respeito, as atenções focam-se essencialmente para o risco de doença cardiovascular (CVD), hipercolesterolemia, obesidade e de cancro. Tem sido sugerida uma associação direta entre a quantidade/tipo de gordura ingerida e o desenvolvimento das referidas afeções (Baghurst, 2004; Chizzolini et al., 1999; Krauss et al., 1996). As características que determinam as qualidades dos ácidos gordos para a saúde humana prendem-se com a sua quantidade, e com o seu perfil. A posição *sn* que os fosfolípidos ocupam na membrana celular é também um fator determinante para o normal funcionamento dos seus mecanismos fisiológicos (Beermann, Möbius, Winterling, Schmitt, & Boehm, 2005). Assim, no âmbito da prevenção de doença e promoção da saúde, a composição da nossa dieta em ácidos gordos reveste-se de particular interesse.

### **3.6.1 Ácidos gordos saturados**

É hoje reconhecido o efeito de determinados ácidos gordos como o ácido láurico, o ácido mirístico e o ácido palmítico no aumento do colesterol total em circulação. Este efeito foi verificado não só para o colesterol nas LDL, como também para o colesterol nas HDL. Recentemente foi sugerido que a proporção relativa de HDL é um melhor marcador específico para CVD que a de LDL (Mensink, Zock, Kester, & Katan, 2003). Ao contrário de outros SFA, o ácido esteárico (C18:0) não participa no aumento da concentração total de colesterol no sangue (C. M. Williams, 2000), fator atribuído à sua rápida conversão em ácido oleico (*cis*9 C18:1) (Bonanome & Grundy, 1988). Uma alimentação composta por valores elevados de SFA, não só aumenta a probabilidade de CVD, como também tem sido associada ao aumento da incidência de cancro do cólon, da próstata e da mama (Chow, 2007).

### **3.6.2 Ácidos gordos monoinsaturados**

Genericamente, os MUFA diminuem o nível de TAG no sangue, diminuindo também o colesterol nas LDL sem provocar alterações na concentração de colesterol nas HDL e conseqüentemente, diminuem o risco de CVD (Kris-Etherton et al., 1999). Contrariamente, os *trans* MUFA aumentam o risco CVD (Mozaffarian, Katan, Ascherio, Stampfer, & Willett, 2006).

### **3.6.3 Ácidos gordos polinsaturados**

#### **3.6.3.1 Benefícios dos n-3PUFA**

Os ácidos gordos de cadeia longa n-3 têm demonstrado efeitos benéficos para a saúde humana a nível cardiovascular pelas suas propriedades anti-inflamatórias, anti trombóticas e imunossupressoras (Narayan, Miyashita, & Hosakawa, 2006). Estes ácidos gordos provocam a diminuição de TAG no plasma, tanto no período em jejum, como no período pós-prandial, promovendo ainda o aumento dos níveis de colesterol HDL (von Schacky, Angerer, Kothny, Theisen, & Mudra, 1999). Os n-3PUFA apresentam ainda um efeito hipotensor, ainda que diminuto (Geleijnse, Giltay, Grobbee, Donders, & Kok, 2002). Segundo Marchioli et al. (2002) e Lichtenstein et al. (2006) é ainda de salientar que a ingestão moderada e contínua dos n-3PUFA pode contribuir para a redução do risco de paragem cardíaca, diminuindo a suscetibilidade da

ocorrência de arritmias ventriculares e morte súbita. Para outras especificidades e recomendações relativas aos benefícios dos n-3PUFA é recomendada a consulta dos autores citados no texto.

### **3.6.3.2 Riscos associados aos n-3PUFA**

Os riscos associados à ingestão de n-3PUFA prendem-se principalmente com os produtos oriundos da sua lipoperoxidação (C. M. Williams, 2000). Segundo (J.-L. Fang, Vaca, Valsta, & Mutanen, 1996), a sensibilidade dos PUFA relativamente à oxidação pode ter um papel nos mecanismos de carcinogénese.

### **3.6.4 Recomendações nutricionais para os lípidos**

As recomendações nutricionais para os lípidos têm sido relacionadas com a aplicação de rácios que estabelecem a relação entre as proporções de ácidos gordos presentes. Por conseguinte, os rácios PUFA/SFA e n-6/n-3PUFA têm sido largamente utilizados na avaliação do valor nutricional da gordura (Alfaia et al., 2006). O rácio n-6/n-3PUFA tem sido referido como um rácio útil na caracterização dos efeitos fisiológicos promovidos pelos ácidos gordos a que respeitam (Burdge & Calder, 2005), ainda que recentemente a sua importância tenha sido posta de parte. O rácio PUFA/SFA foi também referido em tempos para a avaliação do valor nutricional dos ácidos gordos mas abrange indiscriminadamente todos os SFA e não tem em consideração os MUFA, tendo sido ultimamente refutado e posto em causa pelo exposto. Pode ainda ser calculada a relação estabelecida pelo índice “ácidos gordos hipocolesterolémicos/ácidos gordos hipercolesterolémicos” para estabelecimento da relação entre os ácidos gordos presentes e o seu efeito no metabolismo do colesterol (Santos-Silva, Bessa, & Santos-Silva, 2002). As recomendações até recentemente valorizavam alimentos com um valor inferior a 4 no cálculo do rácio n-6/n-3 e superior a 0,4 no rácio PUFA/SFA (Who & Consultation, 2003; Scollan et al., 2006; Wood et al., 2008). No que diz respeito à dieta dos países ocidentais, o rácio de n-6/n-3 é muito elevado (contrariamente às dietas com base nas quais o ser humano evoluiu), favorecendo o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, doenças inflamatórias, doenças autoimunes e cancro (Simopoulos, 2002). Ainda segundo Simopoulos (2002), relativamente à prevenção secundária de CVD, um rácio de 4/1 está associado com uma diminuição de 70 % de mortalidade enquanto um rácio de 2,5/1 reduz a proliferação celular em doentes com cancro colo-retal. No que concerne ao colesterol, segundo a WHO (2003), a ingestão diária máxima recomendável é de

300 mg. Mais recentemente, a *American Heart Association* (AHA) recomenda que pessoas sem doença coronária ingiram uma larga variedade de peixe, preferencialmente óleo de peixe (salmão, atum, arenque e truta), no mínimo duas vezes por semana. Por outro lado, a AHA (2013) aconselha pessoas previamente com doença coronária consumam 1 g de EPA+DHA diariamente. Para doentes com níveis elevados de triacilgliceróis no sangue é recomendada a ingestão 2 – 4 g de EPA+DHA por dia. Griffin (2008) reitera também no seu estudo a importância do consumo de EPA e DHA, referindo que o rácio n-6/n-3PUFA perdeu significado relativamente à sua utilização para as recomendações nutricionais.

## 4 Material e métodos

### 4.1 Caracterização dos animais e das amostras colhidas

Para a realização da presente dissertação, foram colhidas amostras de diferentes raças/cruzamentos de porco (no mês de novembro), num total de 15 indivíduos (fêmeas) por grupo e de 3 músculos por indivíduo. Cada grupo de indivíduos partilhava uma genética idêntica sendo que nos dois primeiros os indivíduos eram resultado de diferentes estratégias de cruzamento conforme a qualidade de carne que se pretendia obter. O terceiro grupo é o único que tem representado indivíduos de raça pura. Assim, foram colhidas amostras de uma variedade de porco com genética maioritariamente obtida através de linhagens de Duroc, peso líquido de carcaça de 80 – 85 kg, idade média ao abate de 25 semanas e à qual passámos a designar “Pingo Doce” (PD) devido ao facto de serem animais produzidos para fornecer a marca própria de carne de porco “Pingo Doce”. Estas porcas foram engordadas com ração própria da fábrica de rações da Raporal SA. O segundo grupo é composto por porcas abatidas na Carmonti com genética da linha mãe “Topigs – linha 40” (*large white/landrace*) e varrasco Pietrain alemão, peso líquido de carcaça entre 72,5 – 77,5 kg, idade média ao abate de 25 semanas e o qual designámos de porco *standard* (PS). Por fim, o terceiro grupo é composto por amostras de carne de porcas de raça Alentejana (PA) cedidas pela Damicarnes, engordadas com milho seco e bolota de azinheira (sazonalmente), abatidas aos 17 meses (aproximadamente) com peso líquido de carcaça a variar entre os 112 kg e os 142,4 kg e o qual denominámos por porco Alentejano (PA). As amostras foram colhidas 12 horas após o abate de cada indivíduo e tiveram origem nos músculos *longissimus toracis* (LT), *longissimus lumborum* (LL) e *semimembranosus* (SM).

**Tabela 7** - Média de idades, peso de carcaça em média, percentagem de carne em média, classificações predominantes das variedades: porco Alentejano (PA); porco "Pingo Doce" (PD); porco *standard* (PS), das quais foram colhidas as amostras referidas no texto.

	PA	PD	PS
<b>Idade</b> (semanas)	68	25	25
<b>Peso de carcaça</b> (Kg)	127	82,5	74
<b>Percentagem de carne</b>	–	57	58
<b>Classificação</b> (SEUROP)	–	E	S/E

## **4.2 Método de preparação das amostras**

As amostras das diferentes variedades de porco e diferentes músculos foram processadas manualmente através do corte grosseiro em porções de menor dimensão que foram trituradas (Moulinex, França), embaladas a vácuo em saco próprio e congeladas na mesma altura a - 18 °C. Posteriormente foram preparadas amostras (a partir das tomas de ensaio) que foram pesadas e colocadas em frascos de plástico de 50 ml (Greiner, Alemanha) para serem liofilizadas e utilizadas em análises sequentes.

## **4.3 Determinação da matéria seca**

A determinação da matéria seca foi calculada a partir do teor de matéria liofilizada obtida através da extração da humidade das amostras previamente colocadas nos frascos de 50 ml (Greiner, Alemanha), após terem passado por um período de 48 horas em liofilizador Edwards Modulyo (Edwards High Vacuum International, West Sussex, UK; a - 60 °C e 2.0 hPa).

## **4.4 Extração, quantificação e tipificação dos ácidos gordos**

A extração dos ácidos gordos foi efetuada com recurso ao método descrito por (O'fallon, Busboom, Nelson, & Gaskins, 2007). Foi feita pesagem individual de 1 g (aproximadamente) de cada amostra (não liofilizada), individualmente. Foram adicionados 0,5 ml de padrão interno, 0,7 ml de solução 10 N KOH e 5,3 ml de metanol. Seguidamente os tubos que contêm as amostras foram incubados em banho de água a 55 °C por um período de 1,5 h (com agitações em vórtex a cada 20 min). Após este processo, os tubos foram arrefecidos em água corrente e foram adicionados 0,58 ml de uma solução de 24 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> passando depois pelo vórtex até aparecer a formação de precipitado, momento no qual se volta a introduzir os tubos em banho de água quente (55 °C) novamente por um período de 1,5 h (com agitações em vórtex a cada 20 min). Sequentemente, os tubos foram de novo arrefecidos e adicionou-se 3 ml de n-hexano, sendo submetidos entretanto a um período de 5 min em centrifugadora a 2500 rpm. Por fim, retira-se a fase hexano, à qual são adicionados 0,5 g de sulfato de sódio anidro, e é repetido o processo de centrifugação para depois ser retirada a fase hexano para os frasquinhos de GC. A extração dá-se no decurso do processo referido. Desta forma, os ésteres de metilo dos ácidos gordos (FAME) existentes no tecido muscular foram analisados num cromatógrafo gasoso com detetor de

ionização por chama (Shimadzu, Quioto). O cromatógrafo utilizado é pertence da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto e encontrava-se equipado com uma coluna CPSil 88 de sílica fundida (Varian, Middelburg, The Netherlands; 50 m × 0,25 mm de diâmetro interno e 0,19 µm de espessura do filme). O Hélio foi o gás transportador usado (120 kPa) a uma temperatura programada a 120 °C (por 5 minutos), aumentando posteriormente para 220 °C a uma taxa de 3 °C/min e mantida finalmente durante 10 minutos. As temperaturas do injetor e do detetor foram de 250 °C e 270 °C, respetivamente. A “*split rate*” foi de 1:50 e o volume de injeção foi de 1.0 µl. Os FAME foram identificados pela comparação dos seus tempos de retenção com uma média padronizada autenticada (FAME 37, Supelco, Bellefonte, PA, USA) e os dados foram analisados pelo *software GC solution* (versão 2.30, Shimadzu *GC solution*, Shimadzu, Quioto). Cada um ficou expresso como percentagem final de peso do total de FAME representadas no cromatograma através da função:  $\% A = (\text{Área "A"} \times 100) / (\text{Somatório de todos os picos das diferentes áreas})$ .

#### **4.5 Extração e quantificação dos Lípidos Totais**

A quantificação do lípidos totais foi realizada através da sua extração com diclorometano:metanol (2:1, v/v) de acordo com (Folch, Lees, & Sloane-Stanley, 1957). A técnica acima designada é levada a cabo pela pesagem em duplicado de aproximadamente 0,25 g de amostra liofilizada. O produto final bruto representa o total de lípidos presentes na amostra inicial e é encontrado através do processo designado por gravimetria. Cada amostra foi analisada em duplicado, tendo-se considerado como válidos apenas as amostras cujo coeficiente de variação (CV) do duplicado fosse inferior a 10 %.

#### **4.6 Quantificação simultânea de Vitamina E e Colesterol total**

Pelo recurso à metodologia descrita por (Prates et al, 2006), a quantificação da vitamina E e colesterol foi realizada primariamente através da utilização de amostras frescas preparadas em duplicado (cada uma aproximadamente com 0,75 g), seguindo-se a extração e saponificação das mesmas. Posteriormente foi efetuada a sua análise em cromatografia líquida de alta performance (HPLC) que faz uso de dois detetores. O primeiro é um detetor de fluorescência para tococromanóis com funcionamento por excitação a um comprimento de onda de 295 nm e emissão a 325 nm. A estes segue-se um detetor de díodos para deteção de colesterol a um

comprimento de onda de 202 nm. A curva de calibração foi a metodologia à qual se recorreu para a quantificação dos compostos. A quantificação foi estabelecida tendo em conta a relação entre a área do pico da curva padrão *versus* a concentração enquanto a identificação molecular específica foi definida através da relação entre o tempo de retenção das amostras e dos padrões. As amostras tidas em conta foram validadas com um CV<10 %.

## **4.7 Análise estatística**

Os dados do colesterol total, ácidos gordos e vitamina E foram analisados usando o *software* PROC MIXED do *Statistical Analysis Systems Institute* (SAS, 2004), considerando a variedade, o músculo e a interação do músculo com a variedade. Dado que a utilização de diferentes músculos de um mesmo animal não representa um conjunto de observações independentes, o tipo de músculo foi analisado como uma medida repetida do mesmo animal. As médias dos quadrados mínimos foram apresentadas e comparadas, usando o teste LSD, quando foi observada interação estatisticamente significativa entre a variedade e o músculo ( $P<0,05$ ). A análise estatística dos lípidos totais foi também realizada recorrendo ao método PROC MIXED como anteriormente referido para as outras variáveis. Contudo, a inexistência de dados relativamente ao músculo LL da variedade de porco Alentejano obrigou-nos a utilização de um novo comando (LSMESTIMATE) e à realização de contrastes.

## 5 Resultados

### 5.1 Lípidos totais, colesterol total e vitamina E

Os teores de lípidos totais, colesterol total e vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol,  $\gamma$ -tocoferol) estão apresentados na Tabela 8. Os teores de lípidos totais (LTot) foram significativamente influenciados pela variedade de carne de porco ( $P=0,02$ ) mas não pelo músculo em análise ( $P=0,63$ ). A carne de porco Alentejano revelou um teor de lípidos totais significativamente superior às outras variedades ( $P=0,006$ ), não tendo sido observadas diferenças significativas ( $P=0,731$ ) entre as variedades de porco “Pingo Doce” e de porco *standard*. Os teores de lípidos totais apresentaram um teor médio de 4,54 g/100 g de carne no porco Alentejano, 3,20 g/100 g de carne no porco “Pingo Doce” e 2,75 g/100 g de carne no porco *standard*.

**Tabela 8** - Teores de lípidos totais (LTot), colesterol total (CHR) e vitamina E ( $\alpha$ -tTF e  $\gamma$ -TF) em carne de porco de acordo com a variedade: porco Alentejano (PA), porco “Pingo Doce” (PD) e porco *standard* (PS); de acordo com o músculo: *longissimus thoracis* (LT), *longissimus lumborum* (LL) e *semimembranosus* (SM). As respectivas interações encontram-se também expostas na tabela.

	PA			PD			PS			SEM	P		
	LT	LL	SM	LT	LL	SM	LT	LL	SM		var	musc	V*M
<b>LTot</b> <sup>*1</sup>	4,19	—	4,87	2,87	2,45	3,52	2,79	2,79	2,71	0,728	0,024	0,639	0,825
<b>CHR</b> <sup>2</sup>	43,01 <sup>b</sup>	40,86 <sup>b</sup>	33,13 <sup>c</sup>	48,57 <sup>a</sup>	45,92 <sup>a,b</sup>	33,93 <sup>c</sup>	47,24 <sup>a,b</sup>	47,87 <sup>a,b</sup>	42,93 <sup>b</sup>	1,243	<0,001	<0,001	0,002
<b><math>\alpha</math>-TF</b> <sup>3</sup>	8,41 <sup>a</sup>	7,76 <sup>a</sup>	4,16 <sup>b,c</sup>	4,82 <sup>b</sup>	4,69 <sup>b,c</sup>	4,16 <sup>b,c</sup>	4,02 <sup>b,c</sup>	3,60 <sup>b,c</sup>	2,92 <sup>b</sup>	0,293	<0,001	<0,001	<0,001
<b><math>\gamma</math>TF</b> <sup>3</sup>	0,48	0,41	0,42	0,13	0,10	0,13	0,21	0,19	0,16	0,016	<0,001	0,004	0,149

\* No caso dos lípidos totais a análise estatística realizada considerou apenas 2 músculos (LT e SM) para a variedade de porco Alentejano; <sup>1</sup> g/100 g de carne; <sup>2</sup> mg/100 g de carne; <sup>3</sup>  $\mu$ g/g de carne.

Relativamente ao teor de colesterol total, os resultados foram significativamente influenciados por uma interação entre a variedade e o músculo ( $P=0,002$ ). O teor de colesterol total atingiu os valores mais elevados nos músculos LT e LL (oscilando entre 40,86 e 48,57 mg/100 g), não se observando diferenças significativas entre estes dois músculos dentro de cada variedade de carne de porco. Os teores mais baixos foram observados no músculo SM tendo estes valores sido significativamente diferentes dos outros músculos em comparação para as variedades de porco

alentejano e de porco “Pingo Doce”, não se tendo observado diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes músculos na variedade de porco *standard*. Contudo, o teor de colesterol em SM não revelou diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre as variedades de porco Alentejano e de porco “Pingo Doce” (apresentando como valor médio 33,53 mg/100 g de carne), embora estas tenham divergido significativamente dos teores de colesterol do músculo SM do porco *standard* (42,93 mg/100 g de carne).

No que respeita aos teores de vitamina E, o  $\alpha$ -tocoferol foi o homólogo da vitamina E predominante (93,9 – 97,4 % do total de vitamina E), embora tenha sido também quantificado o  $\gamma$ -tocoferol (2,6 – 6,1 % do total de vitamina E). O teor de  $\alpha$ -tocoferol na carne de porco em análise revelou ser influenciado por uma interação estatisticamente significativa entre a variedade e o músculo ( $P<0,001$ ). A variedade de porco Alentejano apresentou teores significativamente mais elevados de  $\alpha$ -tocoferol nos músculos LT e LL relativamente aos mesmos músculos do porco “Pingo Doce” e do porco *standard*, e também relativamente ao músculo SM de todas as variedades em estudo. Apesar de não serem observadas diferenças estatisticamente significativas, os teores de  $\alpha$ -tocoferol em SM foram numericamente inferiores aos observados no LT e LL em todos os músculos das variedades de porco “Pingo Doce” e porco *standard*. Em relação ao  $\gamma$ -tocoferol, os seus teores na carne de porco foram significativamente influenciados pela variedade e músculo ( $P<0,001$  e  $P=0,005$ , respetivamente). O porco alentejano apresentou teores significativamente mais elevados de  $\gamma$ -tocoferol (0,44  $\mu\text{g/g}$  de carne, em média) seguido do porco *standard* (0,19  $\mu\text{g/g}$  de carne, em média) apresentando em conclusão o porco “Pingo Doce” o valor mais baixo entre os três (0,12  $\mu\text{g/g}$  de carne, em média).

## 5.2 Perfil de ácidos gordos

O perfil de ácidos gordos na carne de porco das diferentes variedades em comparação, os respectivos somatórios parciais e os rácios PUFA/SFA e n-6/n-3 estão representados na Tabela 9. O perfil de ácidos gordos da carne de porco das três variedades foi dominado pelo ácido oleico (36,7 – 43,5 % do total de ácidos gordos), pelo ácido palmítico (22,2 – 27,1 % do total de ácidos gordos) e ainda pelo ácido esteárico (10,4 – 13,8 % do total de ácidos gordos). Estes três ácidos gordos representaram genericamente 72,3 – 80,8 % do total de ácidos gordos da carne de porco das variedades e músculos em análise.

O ácido oleico (principal ácido gordo dos MUFA) foi responsável por 36,7 – 43,5% do total de ácidos gordos e 84,0 – 86,4 % do total dos MUFA, sendo a restante percentagem preenchida por dois outros ácidos gordos, o palmitoleico e o cis-vacénico. Os ácidos palmítico e esteárico foram os ácidos gordos predominantes do grupo SFA tendo sido responsáveis respectivamente por 22,2 – 27,1% e 10,4 – 13,8% do total de ácidos gordos na carne de porco e representaram em conjunto 95,8 – 96,5 % do total de SFA, sendo a restante percentagem dominada principalmente pelo ácido mirístico. Nos PUFA o principal ácido gordo foi o ácido linoleico encontrando-se ainda o ácido araquidónico e o ácido linolénico. Ainda nos PUFA, a família n-6 foi predominante relativamente à família n-3. O ácido linoleico e o ácido araquidónico foram os principais ácidos gordos da família n-6 tendo sido responsáveis por 78,6 – 88,6 % e 11,4 – 16,7 %, respetivamente. Na família n-3 foi apenas identificado o ácido linolénico, responsável por 0,40 – 0,73 % do total de ácidos gordos.

A variedade influenciou significativamente os ácidos gordos mirístico, palmítico, linoleico, linolénico, os somatórios parciais PUFA (n-3PUFA e n-6PUFA) e os rácios PUFA/SFA e n-6/n-3, enquanto que o efeito do músculo influenciou significativamente a percentagem do ácido palmítico e o rácio PUFA/SFA. Observou-se uma interação estatisticamente significativa entre a variedade e o músculo nos ácidos gordos esteárico, palmitoleico, cis-vacénico, oleico, araquidónico e nos somatórios parciais SFA e MUFA.

A análise estatística realizada permitiu verificar que as diferentes variedades de porco estavam associadas a um perfil lipídico distinto. Assim, verificou-se que o porco “Pingo Doce” apresentava teores significativamente superiores de ácido mirístico relativamente às restantes variedades. A carne de porco Alentejano analisada foi a variedade que apresentou teores mais elevados de ácido linolénico e n-3PUFA, enquanto o porco *standard* apresentou níveis superiores de ácido linoleico e PUFA e os rácios mais elevados de PUFA/SFA e n6/n3. A análise estatística permitiu ainda observar que o porco alentejano é das três variedades a que apresenta maior homogeneidade na composição de ácidos gordos dos diferentes músculos sendo o porco “Pingo Doce” o menos homogéneo.

**Tabela 9** - Perfil de ácidos gordos (g/100 g de ácidos gordos) em carne de porco de acordo com a variedade: porco Alentejano (PA), porco “Pingo Doce” (PD) e porco *standard* (PS); de acordo com o músculo: *longissimus thoracis* (LT), *longissimus lumborum* (LL) e *semimembranosus* (SM). As respetivas interações encontram-se também expostas na tabela.

	PA			PD			PS			SEM	P		
	LT	LL	SM	LT	LL	SM	LT	LL	SM		var	musc	V*M
<b>C14:0</b>	1,51	1,44	1,37	1,53	1,50	1,46	1,34	1,30	1,19	0,069	0,003	0,100	0,975
<b>C16:0</b>	27,11	26,24	26,24	24,36	24,34	23,06	24,28	23,70	22,19	0,478	0,001	0,007	0,395
<b>C18:0</b>	11,96 <sup>b,c</sup>	11,08 <sup>c</sup>	11,40 <sup>b,c</sup>	13,76 <sup>a</sup>	12,39 <sup>b</sup>	10,88 <sup>c</sup>	13,07 <sup>a,b</sup>	11,92 <sup>b,c</sup>	10,41 <sup>c</sup>	0,289	0,008	<0,001	<0,001
<b>C16:1n-7</b>	3,93 <sup>a,b</sup>	4,15 <sup>a</sup>	3,84 <sup>a,b</sup>	2,51 <sup>c</sup>	2,93 <sup>b,c</sup>	3,23 <sup>b</sup>	2,59 <sup>c</sup>	2,88 <sup>b,c</sup>	3,36 <sup>b</sup>	0,130	<0,001	<0,001	<0,001
<b>C18:1n-7</b>	4,14 <sup>a</sup>	4,43 <sup>a</sup>	4,21 <sup>a</sup>	3,48 <sup>c</sup>	3,78 <sup>b,c</sup>	4,11 <sup>a,b</sup>	3,49 <sup>b,c</sup>	3,75 <sup>b,c</sup>	4,19 <sup>a</sup>	0,074	<0,001	<0,001	<0,001
<b>C18:1n-9</b>	40,97 <sup>b</sup>	43,51 <sup>a</sup>	42,92 <sup>a,b</sup>	38,04 <sup>c</sup>	37,71 <sup>c</sup>	40,69 <sup>b</sup>	37,38 <sup>c</sup>	36,70 <sup>c</sup>	39,66 <sup>b,c</sup>	0,514	<0,001	<0,001	<0,001
<b>C18:2n-6</b>	6,40	5,68	6,40	10,48	10,48	10,47	11,49	12,04	11,33	0,378	<0,001	0,971	0,263
<b>C18:3n-3</b>	0,73	0,70	0,65	0,50	0,40	0,45	0,60	0,55	0,56	0,061	<0,001	0,452	0,944
<b>C20:4n-6</b>	0,82 <sup>c</sup>	0,80 <sup>c</sup>	1,20 <sup>b,c</sup>	1,54 <sup>b</sup>	2,07 <sup>a,b</sup>	1,95 <sup>a,b</sup>	1,59 <sup>b</sup>	2,34 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>	0,125	<0,001	<0,001	0,009
<b>Somatórios parciais</b>													
<b>SFA</b>	40,58 <sup>a</sup>	43,87 <sup>a,b</sup>	39,01 <sup>a,b</sup>	39,66 <sup>a</sup>	38,23 <sup>a,b</sup>	35,40 <sup>b,c</sup>	38,69 <sup>b</sup>	36,91 <sup>b</sup>	33,79 <sup>c</sup>	0,579	<0,001	<0,001	0,008
<b>MUFA</b>	49,05 <sup>b,c</sup>	52,09 <sup>a</sup>	50,97 <sup>a,b</sup>	44,03 <sup>d</sup>	44,43 <sup>d</sup>	48,03 <sup>b,c</sup>	43,46 <sup>d</sup>	43,33 <sup>d</sup>	47,21 <sup>c</sup>	0,551	<0,001	<0,001	<0,001
<b>PUFA</b>	7,96	7,18	8,25	12,52	12,95	12,87	13,67	14,93	14,30	0,480	<0,001	0,473	0,183
<b>n-6PUFA</b>	7,23	6,48	7,60	12,47	13,02	12,88	13,70	14,99	14,35	0,513	<0,001	0,435	0,230
<b>n-3PUFA</b>	0,73 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a,b</sup>	0,50 <sup>a,b</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,45 <sup>a,b</sup>	0,60 <sup>a,b</sup>	0,55 <sup>a,b</sup>	0,56 <sup>a,b</sup>	0,061	<0,001	0,452	0,944
<b>Rácios</b>													
<b>PUFA/SFA</b>	0,18	0,17	0,18	0,28	0,29	0,31	0,32	0,34	0,35	0,052	<0,001	0,036	0,439
<b>n-6/n-3</b>	9,59	8,27	11,22	19,47	23,26	21,93	23,36	26,11	25,15	5,102	<0,001	0,206	0,381

## 6 Discussão

A discussão aqui apresentada é de certa forma condicionada pelo tipo de estudo, pois em comparação temos animais com uma base genética diferente, alimentados com um plano nutricional diferenciado e abatidos com diferentes estádios de maturidade. O exposto, aliado ao facto de não termos tido acesso a algumas especificidades (como a composição alimentar de cada grupo), faz com que por vezes haja pontos mais complicados de explicar. Avançámos com este objetivo por considerarmos relevante a contribuição deste trabalho para melhor entender as diferenças nutricionais dos lípidos entre os diferentes tipos de carne porco, aqui em comparação.

### 6.1 Lípidos totais, colesterol total e vitamina E

O porco Alentejano apresentou teores de lípidos totais significativamente superiores (4,54 g/100 g de carne, em média) aos observados no porco “Pingo Doce” e porco *standard* (3,20 e 2,75 g/100 g de carne, respetivamente). Os valores que obtivemos nas variedades de porco “Pingo Doce” e porco *standard* encontram-se em concordância com os valores encontrados no trabalho de Fernandez et al. (1999), num estudo em que compara amostras de carne provenientes do músculo *longissimus lumborum* de porcos machos castrados provenientes de duas linhagens diferentes (*Duroc* × *Landrace* e *Tia Meslan* × *Landrace*), onde ficaram registados teores que variaram entre 1,5 e 3,5 g/100 g de carne no primeiro grupo (*Duroc* × *Landrace*) e entre 1,25 e 3,25 g/100 g de carne no segundo grupo (*Tia Meslan* × *Landrace*). O primeiro grupo teve maior sucesso na deposição de lípidos e foi o grupo cuja carne resultou numa maior aceitabilidade e intenção de compra por parte dos consumidores que participaram no estudo, nomeadamente na escala de lípidos totais entre 2,5 e 3,5 g/100 g de carne. Comparando com dados obtidos em diferentes raças por Fjelkner-Modig & Tornberg (1986) podemos notar a diferença de valores obtidos que foram de 2,0 g/100 g de carne em *Hampshire*, 1,8 g/100 g de carne na raça *Swedish Yorkshire* e 1,4 g/100 g de carne em *Swedish Landrace*. Contudo, na altura em que o estudo foi efetuado, a procura de carne de porco com baixos níveis de gordura era mais elevada e a produção estava orientada nesse sentido, fazendo os efeitos notar-se nos baixos teores em lípidos totais e conseqüentemente nas suas qualidades sensoriais.

Relativamente aos teores obtidos na variedade de porco alentejano, quando comparados com os valores apresentados no estudo realizado por Tejada, Gandemer, Antequera, Viau, & García (2002), verificamos que estes se encontram abaixo dos do autor citado (8,05 g/100 g de carne, em média). Esta diferença pode dever-se ao facto das porcas utilizadas no nosso estudo terem passado por um regime de alimentação composto maioritariamente por milho, não tendo tido oportunidade de se alimentarem abundantemente com bolota, ao invés dos animais citados. Para além do mais, no trabalho citado o músculo utilizado foi o *biceps femoris* e os porcos em estudo eram machos castrados. No mesmo estudo foram ainda analisados os níveis de lípidos totais em porcos com as mesmas características mas alimentados com alimento concentrado composto por 40 % de cevada, 30 % de milho e 15 % de soja, com os valores a aproximarem-se mais dos que obtivemos, variando entre 6,0 e 6,8 g/100 g de carne. A composição da alimentação pode ser o fator de maior influência na diferença entre os valores apresentados no estudo citado e os nossos resultados.

Abordando o colesterol, o facto de os músculos LL e LT nas variedades de porco alentejano e de porco “Pingo Doce” não terem registado diferenças estatisticamente significativas entre si, mas significativas em relação ao músculo SM, pode ser interpretado pela diferente composição de fibras musculares entre os diferentes músculos, pois os músculos compostos predominantemente por fibras do tipo oxidativo apresentam um teor de colesterol superior aos músculos compostos maioritariamente por fibras do tipo glicolítico (Chizzolini et al., 1999, Dinh et al., 2011). De facto, verifica-se uma maior presença de colesterol nos músculos LL e LT relativamente ao SM nas variedades de porco Alentejano e de porco “Pingo Doce”. Na variedade porco *standard* não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os músculos. A IMF explica a interação observada entre a variedade e músculo pelo facto de músculos compostos por um maior número de adipócitos compreenderem um menor teor de colesterol, o que ocorre também pelas diferenças genéticas entre os grupos em análise. Em comparação com os resultados obtidos por Piironen, Toivo, & Lampi (2002), nos quais se obteve em média 50,2 mg/100 g de carne de colesterol em amostras de músculo *longissimus dorsi*, verificamos que não divergiram muito dos resultados obtidos na variedade de porco *standard*, sendo um pouco superiores aos das outras duas variedades. Já o trabalho desenvolvido por Honikel & Arneth (1996), revela um valor médio de 45,3 mg/100 g de carne para o músculo *longissimus dorsi*, o que também se aproxima dos nossos resultados.

De acordo com Chizzolini et al. (1999), as variações no colesterol variam consoante o músculo em estudo mas são genericamente de baixa amplitude, o que corrobora os nossos dados. As maiores diferenças no conteúdo em colesterol são relativas à proporção existente entre os diferentes tipos de fibra muscular constituintes (Chizzolini et al., 1999; Alasnier et al., 1996).

Neste estudo foi possível ainda detetar e quantificar dois homólogos da vitamina E ( $\alpha$ - e  $\gamma$ -tocoferol), apesar da existência de oito homólogos naturais. A presença destes e dos restantes homólogos depende essencialmente da dieta, já que a vitamina E não é sintetizada pelos mamíferos. Desta feita, outros homólogos da vitamina E foram identificados e quantificados por Quaresma et al. (2011), em músculo de javali selvagem. O  $\alpha$ -tocoferol representa 93,9 – 97,4 % do total de vitamina E presente no conjunto das variedades de carne de porco em estudo, tendo o  $\gamma$ -tocoferol sido responsável pela parte remanescente. Tal diferença nos teores de  $\alpha$ - e  $\gamma$ -tocoferol decorre da ação de uma proteína-chave, a “ *$\alpha$ -tocoferol transfer protein*” ( $\alpha$ -TTP) que tem um papel fundamental no metabolismo da vitamina E a nível hepático, dado ter uma maior afinidade com o  $\alpha$ -tocoferol relativamente aos restantes homólogos (Decker, Livisay, & Zhou Sheng Ying, 2000). Verificou-se a ocorrência de uma interação estatisticamente significativa entre o músculo e a variedade de porco ( $P < 0,001$ ). Devido a esta interação notou-se que os teores de  $\alpha$ -tocoferol encontrados nos músculos LT e LL no porco alentejano foram significativamente superiores aos observados nos mesmos músculos das outras variedades. Se considerarmos que os mamíferos não dispõem de capacidade biossintética do  $\alpha$ -tocoferol nem dos restantes homólogos da vitamina E, depreendemos que a composição da alimentação é de extrema importância pois sabemos que um vasto conjunto de ervas exteriores, são uma fonte natural de vitamina E, mais especificamente de  $\alpha$ -tocoferol (acima de  $200 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ DM}$ ), o que conduz a uma maior deposição relativamente a porcos engordados em regime intensivo com alimento concentrado não suplementado com vitamina E, como demonstrado no trabalho de Rey, Isabel, Cava, & Lopez-Bote (1998).

Segundo Hansen, Claudi-Magnussen, Jensen, & Andersen (2006), num estudo realizado com porcos de genética similar à variedade de porco “Pingo Doce” do nosso estudo (Duroc  $\times$  Danish Landrace  $\times$  Large White), engordados com alimento concentrado em regime intensivo revelaram teores de  $\alpha$ -tocoferol ( $3,13 \text{ } \mu\text{g/g}$  de carne, no músculo *longissimus dorsi*) próximos aos obtidos nos músculos LL, LT e SM nas variedades de porco “Pingo Doce” e de porco *standard*.

Relativamente aos valores de  $\gamma$ -tocoferol, tendo em conta que a bolota é uma excelente fonte deste homólogo (60 – 70 mg. kg<sup>-1</sup> DM) (Rey et al., 1998), conseguimos facilmente compreender que os valores encontrados nos diferentes músculos de porco alentejano sejam significativamente superiores aos encontrados no porco “Pingo Doce” e de porco *standard*, dado que estas últimas variedades não tiveram bolota presente na sua alimentação. Na pesquisa de Rey, Daza, López-Carrasco, & López-Bote (2006), notou-se que na raça de porco Ibérico (no músculo *l. dorsi*) a concentração de  $\gamma$ -tocoferol vai aumentando consoante o tempo de alimentação com bolota, tendo variado desde valores nulos ao dia 0, até 1,43  $\mu$ g/g de carne aos 111 dias de alimentação com bolota de *Quercus rotundifolia*. Através destes dados podemos aperceber-nos que o facto dos valores por nós encontrados se apresentarem baixos pode ser consequência do pouco tempo de alimentação com bolota (ao momento do abate) levado pelos animais da variedade de porco alentejano do nosso estudo.

## 6.2 Perfil de ácidos gordos

A produção de carne de porco foi, a partir de uma determinada altura, orientada para a diminuição de IMF. Tal orientação seguiu indicações nutricionais que recomendavam uma forte diminuição da ingestão de gordura animal e de gordura saturada em particular. Contudo esta estratégia provocou alterações consideráveis na composição da carne de porco, com consequências na relação entre o consumidor e a carne de porco, uma vez que a carne de porco magra não agradava totalmente ao consumidor (Cameron et al., 2000; Fernandez et al., 1999). Mais recentemente, a fileira da carne de porco tem tentado melhorar as características organoléticas procurando uma genética favorável e melhor adequação da dieta dos animais para atingir o pretendido.

O perfil de ácidos gordos é aqui representado ao nível intramuscular (inclui os ácidos gordos presentes nos fosfolípidos membranares e nos TAG depositados nos adipócitos). Este perfil reveste-se de particular importância, pois indica o conjunto e quantidade de ácidos gordos ingerida pelo consumidor e os potenciais efeitos na sua saúde. O perfil de ácidos gordos é dentro do próprio individuo bastante variável, diferindo entre diferentes depósitos de gordura, diferentes músculos e diferentes órgãos, razão pela qual decidimos neste estudo comparar diferentes músculos do mesmo animal.

Existem evidências que o teor de IMF e/ou marmoreado da carne de porco influenciam diretamente a qualidade organolética da carne e a sua qualidade nutricional (Font-i-Furnols, Tous, Esteve-Garcia, & Gispert, 2012; Armero, Navarro, Nadal, Baselga, & Toldrá, 2002). Contudo, a IMF e particularmente o teor em SFA têm sido identificados como fatores de risco para as doenças cardiovasculares e também tem sido associado ao aumento da incidência de cancro do cólon, da próstata e da mama (Chow, 2007). A IMF e o perfil de ácidos gordos na carne podem ser influenciados por fatores genéticos e fatores ambientais, onde se inclui a dieta do animal e estágio de maturidade ao abate, entre outros (Raes et al., 2004). A variedade de porco condicionou significativamente o teor de quatro dos ácidos gordos (C14:0; C16:0, C18:2n-6 e C18:3n-3), três somatórios parciais (PUFA, n-3PUFA e n-6PUFA) e nos dois rácios nutricionais (PUFA/SFA e n-6/n-3). Apesar de terem sido observadas interações estatisticamente significativas nos ácidos gordos C16:1n-7, C18:1n-7 e C18:1n-9, não se verificou a existência de nenhum padrão relativamente à variedade de carne de porco nem ao músculo em análise.

Quando se avaliam os somatórios parciais verifica-se que a carne de porco alentejano apresenta, relativamente às outras duas variedades em comparação, um maior teor de ácidos gordos saturados, monoinsaturados e polinsaturados da família n-3PUFA. Um teor superior de ácidos gordos saturados e monoinsaturados na carne de porco tem sido positivamente correlacionado com as características organoléticas desejáveis (Cameron & Enser, 1991). Por seu lado, a carne de porco *standard* apresenta menor percentagem de ácidos gordos saturados e monoinsaturados e uma maior concentração de ácidos gordos n-6PUFA. Um aumento no teor de ácidos gordos polinsaturados da família n-6 tem sido negativamente correlacionado com as características organoléticas desejadas (Cameron et al., 2000). A variedade de porco “Pingo Doce” posiciona-se entre as duas outras variedades no que respeita ao teor de ácidos gordos saturados, monoinsaturados e polinsaturados, aproximando-se mais do porco *standard* do que do porco alentejano.

Relativamente aos rácios nutricionais, estes têm sido profusamente usados na avaliação do perfil de ácidos gordos e em termos nutricionais é recomendado que o rácio PUFA/SFA esteja acima de 0,45, enquanto o rácio n-6/n-3 não deve exceder o valor de 4,0 (Who & Consultation, 2003). Contudo, mais recentemente, Griffin (2008) considerou através do seu estudo que o rácio n-6/n-3 PUFA é irrelevante, reafirmando a verdadeira importância dos n-3PUFA de cadeia longa (EPA; DHA) e reforçando as recomendações atuais no que respeita ao aumento da ingestão de ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA; 18:3n-3) e a diminuição da ingestão de ácido linoleico (18:2n-6) para promover a síntese endógena de ácidos gordos n-3 de cadeia longa. À mesma data, um estudo de (Givens & Gibbs, 2008) recomenda a ingestão de 450 mg/dia de n-3PUFA de cadeia longa como forma de prevenção das CVD e corroboram a desadequação do rácio n6-n3PUFA para a avaliação dos perfis de ácidos gordos dos alimentos.

## 7 Conclusões e perspectivas futuras

A comparação das carnes de porco aqui apresentada revelou que a variedade de porco Alentejano em estudo apresentou lípidos totais significativamente superiores às outras variedades. Não foram observadas diferenças significativas entre os músculos em análise dentro de cada variedade.

O teor de  $\gamma$ -tocoferol na carne de porco alentejana foi, em todos os músculos significativamente superior ao observado nas outras duas variedades. O teor de  $\alpha$ -tocoferol nos músculos LT e LL da variedade de porco alentejano foi significativamente superior ao observado para os mesmos músculos nas outras duas variedades. No perfil de ácidos gordos, a variedade de porco “Pingo Doce” apresentou teores intermédios aos das outras duas variedades para os somatórios SFA, MUFA, PUFA e n-6PUFA, assim como teores de n-3PUFA proporcionalmente inferiores às outras variedades.

O presente estudo permitiu constatar que o perfil lipídico da carne da variedade de porco “Pingo Doce” se posiciona entre as variedades de Porco Alentejano e de porco *standard*. Contudo, os baixos teores em n-3PUFA recomendam que se procure melhorar o valor nutricional da carne de porco “Pingo Doce”.

## 8 Bibliografia

- Abitbol, M. (1995). Speculation on posture, locomotion, energy consumption, and blood flow in early hominids. *Gait & Posture*, 3(1), 29–37.
- Alasnier, C., Réminon, H., & Gandemer, G. (1996). Lipid characteristics associated with oxidative and glycolytic fibres in rabbit muscles. *Meat Science*, 43(3–4), 213–224.
- Alfaia, C. M. M., Ribeiro, V. S. S., Lourenço, M. R. A., Quaresma, M. A. G., Martins, S. I. V., Portugal, A. P. V., Prates, J. A. M. (2006). Fatty acid composition, conjugated linoleic acid isomers and cholesterol in beef from crossbred bullocks intensively produced and from Alentejana purebred bullocks reared according to Carnalentejana-PDO specifications. *Meat Science*, 72(3), 425–436.
- Armero, E., Navarro, J. L., Nadal, M. I., Baselga, M., & Toldrá, F. (2002). Lipid Composition of Pork Muscle as Affected by Sire Genetic Type. *Journal of Food Biochemistry*, 26(2), 91–102.
- Baghurst, K. (2004). Dietary fats, marbling and human health. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(7), 635–644.
- Barton-Gade, P. (1988). The effect of breed on meat quality characteristics in pigs (pp. 56–570). Presented at the Proceedings 34th International Congress of Meat Science and Technology.
- Beermann, C., Möbius, M., Winterling, N., Schmitt, J. J., & Boehm, G. (2005). sn-Position determination of phospholipid-linked fatty acids derived from erythrocytes by liquid chromatography electrospray ionization ion-trap mass spectrometry. *Lipids*, 40(2), 211–218.

- Bejerholm, C., & Barton-Gade, P. (1986). Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. *Proceed. 30th Europ. Meet. Meat Res. Workers, Bristol*, 389–391.
- Bhutta, Z. (1999). Protein: digestibility and availability. *Encyclopaedia of Human Nutrition* (Sadler, MJ, Strain, JJ, Caballero, B., Eds) Academic Press. San Diego, 1646–54.
- Bonanome, A., & Grundy, S. M. (1988). Effect of Dietary Stearic Acid on Plasma Cholesterol and Lipoprotein Levels. *New England Journal of Medicine*, 318(19), 1244–1248.
- Brigelius-Flohé, R., Kelly, F. J., Salonen, J. T., Neuzil, J., Zingg, J.-M., & Azzi, A. (2002). The European perspective on vitamin E: current knowledge and future research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(4), 703–716.
- Burdge, G. C., & Calder, P. C. (2005). Conversion of  $\alpha$ -linolenic acid to longer-chain polyunsaturated fatty acids in human adults. *Reproduction Nutrition Development*, 45(5), 581–597.
- Buscailhon, S., Gandemer, G., & Monin, G. (1994). Time-related changes in intramuscular lipids of French dry-cured ham. *Meat Science*, 37(2), 245–255.
- Cameron, N., Enser, M., Nute, G., Whittington, F., Penman, J., Fisker, A., Wood, J. (2000). Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat. *Meat Science*, 55(2), 187–195.
- Cameron, N. D., & Enser, M. B. (1991). Fatty acid composition of lipid in Longissimus dorsi muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. *Meat Science*, 29(4), 295–307.

- Cameron, N. D., Nute, G. R., Brown, S. N., Enser, M., & Wood, J. D. (1999). Meat quality of Large White pig genotypes selected for components of efficient lean growth rate. *Animal Science*, v. 68(1) p. 115-127.
- Cameron, N. D., Warriss, P. D., Porter, S. J., & Enser, M. B. (1990). Comparison of Duroc and British landrace pigs for meat a and eating quality. *Meat Science*, 27(3), 227–247.
- Carbonell Razquín, M. (1975). O porco e sua alimentaçoao racional, Mateo Carbonell Razquín. *Biblioteca agrícola Litexa*.
- Cava, R., Ruiz, J., Ventanas, J., & Antequera, T. (1999). Oxidative and lipolytic changes during ripening of Iberian hams as affected by feeding regime: extensive feeding and alpha-tocopheryl acetate supplementation. *Meat Science*, 52(2), 165–172.
- Chizzolini, R., Zanardi, E., Dorigoni, V., & Ghidini, S. (1999). Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 10(4–5), 119–128.
- Chow, C. K. (2007). *Fatty acids in foods and their health implications*. CRC Press.
- Costa, N. da, McGillivray, C., Bai, Q., Wood, J. D., Evans, G., & Chang, K.-C. (2004). Restriction of Dietary Energy and Protein Induces Molecular Changes in Young Porcine Skeletal Muscles. *The Journal of Nutrition*, 134(9), 2191–2199.
- DeVol D. L., McKeith F. K., M., Bechtel P. J., Novakofsky J., Shanks R. D., & Carr T. R. (1988). Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. *Journal of animal science*, 66.
- Decker, E. A., Livisay, S. A., & Zhou ShengYing. (2000). Mechanisms of endogenous skeletal muscle antioxidants: chemical and physical aspects., 25–60.

- Di Paolo, G., & De Camilli, P. (2006). Phosphoinositides in cell regulation and membrane dynamics. *Nature*, *443*(7112), 651–657.
- Diamond, J. (2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, *418*(6898), 700–707.
- Dinh, T. T. N., Thompson, L. D., Galyean, M. L., Brooks, J. C., Patterson, K. Y., & Boylan, L. M. (2011). Cholesterol Content and Methods for Cholesterol Determination in Meat and Poultry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *10*(5), 269–289.
- Eikelenboom, G., & Hoving-Bolink, A. (1994). The effect of intramuscular fat on eating quality of pork. *Proc. 40th Int. Congr. Meat Science and Technology. The Hague, the Netherlands*.
- Fang, J.-L., Vaca, C. E., Valsta, L. M., & Mutanen, M. (1996). Determination of DNA adducts of malonaldehyde in humans: effects of dietary fatty acid composition. *Carcinogenesis*, *17*(5), 1035–1040.
- Fang, M., Hu, X., Jiang, T., Braunschweig, M., Hu, L., Du, Z., Li, N. (2005). The phylogeny of Chinese indigenous pig breeds inferred from microsatellite markers. *Animal Genetics*, *36*(1), 7–13.
- Faustman, C., Cassens, R. g., Schaefer, D. m., Buege, D. r., Williams, S. n., & Scheller, K. k. (1989). Improvement of Pigment and Lipid Stability in Holstein Steer Beef by Dietary Supplementation with Vitamin E. *Journal of Food Science*, *54*(4), 858–862.
- Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., & Le Bret, B. (1999). Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat — 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimus lumborum. *Meat Science*, *53*(1), 59–65.

- Fjelkner-Modig, S., & 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., & Sloane-Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol chem*, 226(1), 497–509.
- Font-i-Furnols, M., Tous, N., Esteve-Garcia, E., & Gispert, M. (2012). Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. *Meat Science*, 91(4), 448–453.
- Gandemer, G. (1999). Lipids and meat quality : Lipolysis, oxidation, Maillard reaction and flavour. *Sciences des aliments*, 19(3-4), 439–458.
- Garcia-Ruiz, C., Mari, M., Colell, A., Morales, A., Caballero, F., Montero, J., Fernández-Checa, J. C. (2009). Mitochondrial cholesterol in health and disease. *Histology and histopathology*, 24(1), 117–132.
- Geleijnse, J. M., Giltay, E. J., Grobbee, D. E., Donders, A. R. T., & Kok, F. J. (2002). Blood pressure response to fish oil supplementation: metaregression analysis of randomized trials. *Journal of Hypertension*, 20(8), 1493–1499.
- George, J. C., & Naik, R. M. (1958). Relative Distribution and Chemical Nature of the Fuel Store of the Two Types of Fibres in the Pectoralis Major Muscle of the Pigeon. *Nature*, 181(4610), 709–711.
- Givens, D. I., & Gibbs, R. A. (2008). Current intakes of EPA and DHA in European populations and the potential of animal-derived foods to increase them. *Proceedings of the Nutrition Society*, 67(03), 273–280.

- Gray, J. I., Gomaa, E. A., & Buckley, D. J. (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, *43*, Supplement 1, 111–123.
- Griffin, B. A. (2008). How relevant is the ratio of dietary n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids to cardiovascular disease risk? Evidence from the OPTILIP study. *Current opinion in lipidology*, *19*(1), 57–62.
- Groenen, M. A. M., Archibald, A. L., Uenishi, H., Tuggle, C. K., Takeuchi, Y., Rothschild, M. F., Megens, H.-J. (2012). Analyses of pig genomes provide insight into porcine demography and evolution. *Nature*, *491*(7424), 393–398.
- Grunert, K. G. (1997). What's in a steak? A cross-cultural study on the quality perception of beef. *Food Quality and Preference*, *8*(3), 157–174.
- Grunert, K. G., Bredahl, L., & Brunsø, K. (2004). Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector—a review. *Meat Science*, *66*(2), 259–272.
- Halliwel, B. (1987). Oxidants and human disease: some new concepts. *The FASEB Journal*, *1*(5), 358–364.
- Hansen, 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.
- Hintz, C. S., Chi, M. M., Fell, R. D., Ivy, J. L., Kaiser, K. K., Lowry, C. V., & Lowry, O. H. (1982). Metabolite changes in individual rat muscle fibers during stimulation. *American Journal of Physiology - Cell Physiology*, *242*(3), C218–C228.
- Honikel, K., & Arneth, W. (1996). Cholesteringehalt in Fleisch und Eiern. *Fleischwirtschaft*, *76*(12), 1244–1253.

- Ikonen, E. (2008). Cellular cholesterol trafficking and compartmentalization. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 9(2), 125–138.
- Jensen, C., Guider, J., Skovgaard, I. M., Staun, H., Skibsted, L. H., Jensen, S. K., Bertelsen, G. (1997). Effects of dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on  $\alpha$ -tocopherol deposition in porcine m. psoas major and m. longissimus dorsi and on drip loss, colour stability and oxidative stability of pork meat. *Meat Science*, 45(4), 491–500.
- Karlsson, A., Enfält, A. C., Essén-Gustavsson, B., Lundström, K., Rydhmer, L., & Stern, S. (1993). Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *Journal of Animal Science*, 71(4), 930–938.
- Krauss, R. M., Deckelbaum, R. J., Ernst, N., Fisher, E., Howard, B. V., Knopp, R. H., Weinberg, R. (1996). Dietary Guidelines for Healthy American Adults A Statement for Health Professionals From the Nutrition Committee, American Heart Association. *Circulation*, 94(7), 1795–1800.
- Kris-Etherton, P.M., Pearson, T.A., Wan, Y., Hargrove, R. L., Moriarty, K., Fishell, V., & Etherton, T. D. (1999). High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(6), 1009–1015.
- Larson, G., Dobney, K., Albarella, U., Fang, M., Matisoo-Smith, E., Robins, J., Cooper, A. (2005). Worldwide Phylogeography of Wild Boar Reveals Multiple Centers of Pig Domestication. *Science*, 307(5715), 1618–1621.
- Lassen, A., Kall, M., Hansen, K., & Ovesen, L. (2002). A comparison of the retention of vitamins B1, B2 and B6, and cooking yield in pork loin with conventional and

- enhanced meal-service systems. *European Food Research and Technology*, 215(3), 194–199.
- Lawrie, R. A. (2005). *Ciência da carne* (6th ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Science*, 84(2), 257–270.
- Lichtenstein, A. H., Appel, L. J., Brands, M., Carnethon, M., Daniels, S., Franch, H. A., Wylie-Rosett, J. (2006). Diet and Lifestyle Recommendations Revision 2006 A Scientific Statement From the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation*, 114(1), 82–96.
- Marchioli, R., Barzi, F., Bomba, E., Chieffo, C., Gregorio, D. D., Mascio, R. D., Valagussa, F. (2002). Early Protection Against Sudden Death by n-3 Polyunsaturated Fatty Acids After Myocardial Infarction Time-Course Analysis of the Results of the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Infarto Miocardico (GISSI)-Prevenzione. *Circulation*, 105(16), 1897–1903.
- Maxfield, F.R., & Tabas, I. (2005). Role of cholesterol and lipid organization in disease. *Nature*, 438(7068), 612–621.
- Mensink, R.P., Zock, P.L., Kester, A.D, & Katan, M.B. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77(5), 1146–1155.
- Mitsumoto, M., Arnold, R., Schaefer, D., & Cassens, R. (1993). Dietary versus postmortem supplementation of vitamin E on pigment and lipid stability in ground beef. *Journal of Animal Science*, 71(7), 1812–1816.

- Monahan, F., Buckley, D., Morrissey, P., Lynch, P., & Gray, J. (1992). Influence of dietary fat and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on lipid oxidation in pork. *Meat Science*, 31(2), 229–241.
- Montero, J., Mari, M., Colell, A., Morales, A., Basañez, G., Garcia-Ruiz, C., & Fernández-Checa, J. C. (2010). Cholesterol and peroxidized cardiolipin in mitochondrial membrane properties, permeabilization and cell death. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, 1797(6–7), 1217–1224.
- Morrissey, P. A., Buckley, D. J., Sheehy, P. J. A., & Monahan, F. J. (1994). Vitamin E and meat quality. *Proceedings of the Nutrition Society*, 53(02), 289–295.
- Mottram, D. S. (1998). Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*, 62(4), 415–424.
- Mozaffarian, D., Katan, M.B., Ascherio, A., Stampfer, M.J., & Willett, W.C. (2006). Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease. *New England Journal of Medicine*, 354(15), 1601–1613.
- Narayan, B., Miyashita, K., & Hosakawa, M. (2006). Physiological Effects of Eicosapentaenoic Acid (EPA) and Docosahexaenoic Acid (DHA)—A Review. *Food Reviews International*, 22(3), 291–307.
- Niki, E., Noguchi, N., Tsuchihashi, H., & Gotoh, N. (1995). Interaction among vitamin C, vitamin E, and beta-carotene. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(6), 1322S–1326S.
- Adeola, O., & Young Lg., (1989). Dietary protein-induced changes in porcine muscle respiration, protein synthesis and adipose tissue metabolism. *Journal of animal science*, 67(3), 664–673.

- O'fallon, J., Busboom, J., Nelson, M., & Gaskins, C. (2007). A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *Journal of Animal Science*, *85*(6), 1511–1521.
- Ouali, A., Herrera-Mendez, C. H., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A., Aubry, L., & Sentandreu, M. A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*, *74*(1), 44–58.
- Peter, J. B., Barnard, R. J., Edgerton, V. R., Gillespie, C. A., & Stempel, K. E. (1972). Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry*, *11*(14), 2627–2633.
- Piironen, V., Toivo, J., & Lampi, A.-M. (2002). New Data for Cholesterol Contents in Meat, Fish, Milk, Eggs and Their Products Consumed in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, *15*(6), 705–713.
- Prates, J., & Quaresma, M. (2006). R. J. B. Bessa, CMGA Fontes, and CMOM Alfaia. 2006. Simultaneous HPLC quantification of total cholesterol, tocopherols and  $\beta$ -carotene in Barrosã-PDO veal. *Food Chem*, *94*, 469–477.
- Quaresma, M., Rodrigues, I. T., Silva, R. P., Santos, N., Breda, J., Bessa, R., Barreto, A. (2008). Vitamin E homologues in wild boar meat from Montado.
- Raes, K., De Smet, S., & Demeyer, D. (2004). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science and Technology*, *113*(1–4), 199–221.
- Renerre, M., & Labas, R. (1987). Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. *Meat Science*, *19*(2), 151–165.
- Rey, A.I., Daza, A., López-Carrasco, C., & López-Bote, C.J. (2006). Quantitative study of the  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherols accumulation in muscle and backfat from Iberian pigs kept

- free-range as affected by time of free-range feeding or weight gain. *Animal Science*, 82(06), 901–908.
- Rey, A.I., Isabel, B., Cava, R., & Lopez-Bote, C.J. (1998). Dietary acorns provide a source of gamma-tocopherol to pigs raised extensively. *Canadian Journal of Animal Science*, 78(3), 441–443.
- Rosenvold, K., & Andersen, H.J. (2003). Factors of significance for pork quality—a review. *Meat Science*, 64(3), 219–237.
- Ruiz, J., Cava, R., Antequera, T., Martín, L., Ventanas, J., & López-Bote, C. J. (1998). Prediction of the feeding background of Iberian pigs using the fatty acid profile of subcutaneous, muscle and hepatic fat. *Meat Science*, 49(2), 155–163.
- Ryu, Y. C., Choi, Y. M., Lee, S. H., Shin, H. G., Choe, J. H., Kim, J. M., Kim, B. C. (2008). Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*, 80(2), 363–369.
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J., & Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2–3), 187–194.
- Schiaffino, S., Gorza, L., Sartore, S., Saggin, L., Ausoni, S., Vianello, M., LØmo, T. (1989). Three myosin heavy chain isoforms in type 2 skeletal muscle fibres. *Journal of Muscle Research & Cell Motility*, 10(3), 197–205.
- Schiaffino, S., & Reggiani, C. (2011). Fiber Types in Mammalian Skeletal Muscles. *Physiological Reviews*, 91(4), 1447–1531.
- Scollan, N., Hocquette, J.-F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., & Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and

- health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74(1), 17–33.
- Serra, X., Gil, F., Pérez-Enciso, M., Oliver, M., Vázquez, J., Gispert, M., Noguera, J. (1998). A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian (Guadyerbas line) and Landrace pigs. *Livestock Production Science*, 56(3), 215–223.
- Simopoulos, A.. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(8), 365–379.
- Sisk, H., Molloy, M., Morrissey, P., & Buckley, D. (1994). Uptake of a-tocopherol in porcine plasma and adipose tissue. *Proc. Nutr. Soc.*, 54, 13A.
- Smil, V. (2002). Eating Meat: Evolution, Patterns, and Consequences. *Population and Development Review*, 28(4), 599–639.
- Smith, G. C., Morgan, J. B., Sofos, J. N., & Tatum, J. D. (1996). Supplemental vitamin E in beef cattle diets to improve shelf-life of beef. *Animal Feed Science and Technology*, 59(1–3), 207–214.
- Suzuki, A., & Tamate, H. (1988). Distribution of myofiber types in the hip and thigh musculature of sheep. *The Anatomical Record*, 221(1), 494–502.
- Tejeda, J. F., Gandemer, G., Antequera, T., Viau, M., & García, C. (2002). Lipid traits of muscles as related to genotype and fattening diet in Iberian pigs: total intramuscular lipids and triacylglycerols. *Meat Science*, 60(4), 357–363.
- Tholstrup, T., Marckmann, P., Jespersen, J., & Sandström, B. (1994). Fat high in stearic acid favorably affects blood lipids and factor VII coagulant activity in comparison with fats high in palmitic acid or high in myristic and lauric acids. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59(2), 371–377.

- Valin, C., Touraille, C., Vigneron, P., & Ashmore, C. R. (1982). Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *Meat Science*, 6(4), 257–263.
- Von Schacky, C., Angerer, P., Kothny, W., Theisen, K., & Mudra, H. (1999). The Effect of Dietary  $\omega$ -3 Fatty Acids on Coronary Atherosclerosis A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Annals of Internal Medicine*, 130(7), 554–562.
- Wang, W. J., & Crompton, R. H. (2004). The role of load-carrying in the evolution of modern body proportions. *Journal of Anatomy*, 204(5), 417–430.
- Warriss, P. D. (2010). *Meat science: an introductory text*. Cab International.
- Who, J., & Consultation, F. E. (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *WHO technical report series*, 916.
- Williams, C.M. (2000). Dietary fatty acids and human health. *Annales de Zootechnie*, 49(3), 165–180.
- Williams, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64, S113–S119.
- Wilson, B. R., Pearson, A. M., & Shorland, F. B. (1976). Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavor in red and white muscle from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24(1), 7–11.
- Wood, J., Nute, G., Richardson, R., Whittington, F., Southwood, O., Plastow, G., Chang, K. . (2004). Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science*, 67(4), 651–667.
- Wood, J., Richardson, R., Nute, G., Fisher, A., Campo, M., Kasapidou, E., Enser, M. (2004). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66(1), 21–32.

- 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.
- Wu, G. (2009). Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*, 37(1), 1–17.
- Young, O. A., & Davey, C. L. (1981). Electrophoretic analysis of proteins from single bovine muscle fibres. *Biochemical Journal*, 195(1), 317–327.
- Zeven, A.C. (1998). Landraces: A review of definitions and classifications. *Euphytica*, 104(2), 127–139.