

A close-up photograph of a brown cow's face, focusing on its eye and the side of its head. The cow is wearing a collar with several metal bells. The background is slightly blurred, showing some green grass and straw.

Preservar a Qualidade na Carne
Arouquesa
contributo para a valorizar

Grupo Operacional
Preservar a qualidade na Carne Arouquesa

Preservar a Qualidade na Carne
Arouquesa
contributo para a valorizar

Preservar a Qualidade na Carne Arouquesa

contributo para a valorizar

Título: Preservar a Qualidade na Carne Arouquesa - o caminho para a valorizar

Editor: Carlos Venâncio

1ª Edição: junho de 2022

Tiragem: 600 exemplares

Impressão: Minerva Transmontana, Tipografia Lda.,
<https://www.minervavilareal.com>

ISBN: 978-989-53782-4-1

e-ISBN: 978-989-53782-5-8

Depósito Legal: 515218/23

Nota explicativa: Manual elaborado no âmbito do projeto Grupo Operacional Preservar a Qualidade na Carne Arouquesa e tem como objetivo ser uma ferramenta de apoio à sua valorização. A parceria deste GO foi constituída pela UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, ANCRA – Associação Nacional dos Criadores da Raça Arouquesa, Carnarouquesa - Agrupamento Produtores Bovinos Raça Arouquesa CRL, Cevargado Alimentos Compostos Unipessoal Lda e pelos produtores António Manuel Cardoso de Azevedo, Fernando António de Jesus Moreira e Nelson da Silva Valente.

Financiamento: Programa de Desenvolvimento Rural, Operação - 1.0.1 - Grupos Operacionais, Projeto Grupo Operacional Preservar a Qualidade na Carne Arouquesa, nº PDR2020-101-031094 (Parceria-139, Iniciativa-315).

Agradecimentos: Os parceiros do Grupo Operacional Preservar a Qualidade na Carne Arouquesa agradecem a todos os que participaram nas atividades que decorreram durante a execução deste projeto. Particularmente aos criadores da Raça Arouquesa, produtores da Carne Arouquesa, aos técnicos envolvidos com a Raça, com a produção e confeção gastronómica da carne, aos participantes nos painéis de provadores e ao Matadouro PEC-Nordeste em Penafiel.

O nome dos autores que contribuíram para os vários capítulos encontram-se por ordem alfabética.

André M. de Almeida

LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associated Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal.

António Silva

Departamento de Ciências Veterinárias, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias (ECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV) e Laboratório Associado para a Ciência Animal e Veterinária (AL4Animals), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Carlos Matos

Departamento de Química, Escola de Ciências da Vida e do Ambiente (ECVA), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Química - Vila Real (CQ-VR), Escola de Ciências da Vida e do Ambiente (ECVA), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Carlos Venâncio

Departamento de Zootecnia, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias (ECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), Inov4Agro – Instituto para a Inovação, Capacitação e Sustentabilidade da Produção Agro-alimentar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Cristina Roseiro

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. Unidade de Tecnologia e Inovação. Av. da República, Quinta do Marquês, 2780-157 Oeiras. Portugal

Duarte Moreira

ANCRA - Associação Nacional Dos Criadores Da Raça Arouquesa, R. Xanana Gusmão, 4690-048 Cinfães, Portugal.

José Carlos Almeida

Departamento de Zootecnia, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias (ECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Laura Sacarrão-Birrento

LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associated Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal.

Luís Félix

Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), Inov4Agro – Instituto para a Inovação, Capacitação e Sustentabilidade da Produção Agro-alimentar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal

Luís Mendes Ferreira

Departamento de Zootecnia, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias (ECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), Inov4Agro – Instituto para a Inovação, Capacitação e Sustentabilidade da Produção Agro-alimentar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Luís Patarata

Departamento de Ciências Veterinárias, Escola de Ciências Agrárias e Ve-

terinárias (ECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV) e Laboratório Associado para a Ciência Animal e Veterinária (AL4AnimalS), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Madalena Vieira Pinto

Departamento de Ciências Veterinárias, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias (ECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV) e Laboratório Associado para a Ciência Animal e Veterinária (AL4AnimalS), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Maria José Gomes

Departamento de Zootecnia, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias (ECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV) e Laboratório Associado para a Ciência Animal e Veterinária (AL4AnimalS), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Maria Manuel Oliveira

Departamento de Química, Escola de Ciências da Vida e do Ambiente (ECVA), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Centro de Química - Vila Real (CQ-VR), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Mariana Caipira-Lei

Instituto Universitário de Ciências das Saúde – CESPU (IUCS-CESPU), 4585-116 Gandra, Portugal.

Pedro Pereira

Cevargado—Alimentos Compostos, Unipessoal, Lda., Arcos, 4480-028 Vila do Conde, Portugal.

Pedro Valentim

Departamento de Ciências Veterinárias, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias (ECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Raquel Vieira

Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Ricardo Cardoso

Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Sandra Mariza Monteiro

Departamento de Biologia e Ambiente, Escola de Ciências da Vida e do Ambiente (ECVA), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB), Inov4Agro – Instituto para a Inovação, Capacitação e Sustentabilidade da Produção Agro-alimentar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Severiano Silva

Departamento de Zootecnia, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias (ECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal. Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV) e Laboratório Associado para a Ciência Animal e Veterinária (AL4Animals), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

Susana P. Alves

Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal (CIISA) e AL4Animals, Faculdade de Medicina Veterinária, Avenida da Universidade Técnica 1300-477 Lisboa, Portugal.

Índice geral

- 17|** 1. Introdução
- 19|** 2. Sistemas de produção de “Carne Arouquesa”
- 37|** 3. A nutrição dos vitelos
- 49|** 4. Comportamento alimentar de bovinos
- 61|** 5. Utilização de morfometria e análise de imagem para estimar o peso vivo de bovinos da raça Arouquesa
- 71|** 6. Utilização da ultrassonografia em tempo real na avaliação *in vivo* de características da carcaça de bovinos
- 81|** 7. Avaliação da qualidade da carcaça: conformação e nível de acabamento
- 89|** 8. O bem-estar animal na criação de vitelos Arouqueses
- 99|** 9. Avaliação do stresse dos vitelos Arouqueses no transporte para o matadouro
- 109|** 10. Avaliação de bem-estar de bovinos no matadouro
- 121|** 11. As características sensoriais
- 131|** 12. Qualidade da Carne Arouquesa
- 143|** 13. Caracterização histológica do tecido adiposo subcutâneo
- 151|** 14. A importância do tipo de fibras musculares na qualidade da carne
- 159|** 15. A avaliação das características nutricionais na Carne Arouquesa
- 169|** 16. O processo oxidativo na carne Arouquesa
- 179|** 17. Ómicas na produção de carne bovina: importância destas novas tecnologias para a raça Arouquesa

Índice de figuras

- 20|** Figura 2.1. Área de produção de Carne Arouquesa DOP.
- 21|** Figura 2.2. Vaca de raça Arouquesa.
- 26|** Figura 2.3. Esquema representativo do ciclo produtivo da vaca arouquesa.
- 28|** Figura 2.4. Diferentes idades ao desmame que podem ser adaptadas nos sistemas de criação da raça Arouquesa.
- 37|** Figura 3.1. Vitelo a ser amamentado pela mãe no estábulo.
- 43|** Figura 3.2. Desenvolvimento das papilas ruminais às 6 semanas de idade de vitelos alimentados exclusivamente com leite (A), com leite e feno (B) e com leite e um alimento concentrado (C).
- 44|** Figura 3.3. Delineamento do ensaio de crescimento.
- 45|** Figura 3.4. Vista frontal e lateral da balança utilizada.
- 49|** Figura 4.1. Vaca Arouquesa em pastoreio.
- 51|** Figura 4.2. Escala de decisão no processo de seleção de dieta em grandes herbívoros.
- 52|** Figura 4.3. Tempos de pastoreio dos herbívoros domésticos em cada tipo de coberto vegetal: B bovinos; E equinos; O ovinos; C caprinos.
- 53|** Figura 4.4. Variações diurnas na utilização de pastagem por bovinos, equinos, ovinos e caprinos numa parcela parcialmente (24%) melhorada de vegetação natural de montanha durante a Primavera, Verão e Outono.
- 54|** Figura 4.5. Percentagem de tempo de pastoreio de bovinos, equinos, ovinos e caprinos em zonas de matos de ericáceas-tojo com 24% de pastagem semeada de azevém perene e trevo branco.
- 55|** Figura 4.6. Composição da dieta selecionada por vacas, éguas, ovelhas e cabras em matos de brejo-tojo parcialmente melhorados (L. perenne e T. repens) utilizando os n-alcanos como marcadores fecais.
- 56|** Figura 4.7. Ingestão de matéria seca por PV0.75 e digestibilidade da matéria seca (DMS) da dieta selecionada por herbívoros domésticos em matos com áreas de pastagem semeada.
- 57|** Figura 4.8. Nível de complementaridade entre espécies de herbívoros domésticos na utilização de matos com áreas de pastagem semeada.
- 58|** Figura 4.9. Tempos de pastoreio de rebanhos monoespecíficos de bovinos e ovinos ou mistos com caprinos, pastoreando zonas de matos brejo-tojo previamente cortados e com áreas de pastos parcialmente semeados.

59| Figura 4.10. Fitomassa acumulada e sua composição em zonas de matos de brejo-tojo, previamente cortadas com áreas de pastos parcialmente semeados, pastoreados por rebanhos monoespecíficos de bovinos e ovinos ou mistos com caprinos.

59| Figura 4.11. Alterações no coberto vegetal de zonas de matos de brejo-tojo, previamente cortadas com áreas de pastos parcialmente semeados pastoreados por rebanhos monoespecíficos de bovinos e ovinos ou mistos com caprinos.

60| Figura 4.12. Alterações no coberto vegetal de zonas de matos de brejo-tojo, previamente cortadas com áreas de pastos parcialmente semeados pastoreados por rebanhos monoespecíficos de bovinos e ovinos ou mistos com caprinos.

63| Figura 5.1. Imagem que ilustra o procedimento de pesagem de um vitelo.

64| Figura 5.2. Imagem que ilustra a realização das medidas biométricas dos animais durante os ensaios. Exemplo da determinação da largura bi-ilíaca com craveira (A) e exemplar em que estão assinaladas todas as medidas recolhidas exceto as quatro medidas de largura (B).

65| Figura 5.3. Exemplo de imagem de vitelo com os pontos de laser projetados no animal (A) e equipamento para obtenção das imagens (B).

66| Figura 5.4. Exemplo de imagem de um vitelo com os pontos laser da escala e com as medidas que foram determinadas após análise da imagem com o programa Fiji ImageJ.

66| Figura 5.5. Modelo que descreve a relação entre as medidas obtidas por análise de imagem e o PV.

73| Figura 6.1. Imagem da carcaça (A) e imagem equivalente obtida pelo Scanogram (B) ao nível da 3ª vértebra lombar num bovino.

74| Figura 6.2. Imagem da região lombar entre as 3ª e 4ª vértebras lombares obtida por um aparelho UTR (Aloka SSD 500V equipado com uma sonda de 7,5 MHz). Notar a distinção clara entre gordura subcutânea (GS) e o músculo *Longissimus thoracis et lumborum*.

75| Figura 6.3. Representação da localização dos principais pontos anatómicos utilizados como base para os pontos de referência nas medições com ultrassons.

76| Figura 6.4. Realização da ultrassonografia na região lombar e exemplo de imagem ecográfica em que se indicam a pele, a gordura subcutânea e respetivas interfaces e ainda o músculo *Longissimus thoracis et lumborum*.

78| Figura 6.5. Exemplo de análise de uma imagem de UTR para determinação da IMF. A - imagem original de UTR; B - imagem após transformação numa escala de cinzentos de 8-bit, definição de região de interesse (ROI) e

segmentação das partículas de IMF após aplicação de um limiar para o nível de cinzento da gordura e C - determinação numérica das partículas de IMF.

83| Figura 7.1. Padrão fotográfico de carcaças que ilustram a grelha de conformação EUROP.

83| Figura 7.2. Padrão fotográfico de carcaças que ilustram a nível de gordura de acabamento.

84| Figura 7.3. Imagem que ilustra um exemplar de carcaça da raça Arouquesa à qual foi atribuída a classificação de O2.

85| Figura 7.4. Imagem que ilustra a utilização de um sistema VIA com imagem bidimensional (esquerda) e imagem tridimensional com luz estruturada (direita) do sistema VBS 2000.

86| Figura 7.5. Imagem que ilustra o conjunto de câmaras do sistema BCC3 que permitem obter imagens 3D das carcaças à velocidade da uma linha de abate.

91| Figura 8.1. Quatro princípios e doze critérios utilizados como diretrizes para a avaliação do bem-estar animal de acordo com o projeto Welfare Quality®.

93| Figura 8.2. Regiões anatómicas a observar para avaliação da condição corporal.

94| Figura 8.3. Locais de observação nos vitelos para controlo de alterações.

96| Figura 8.4. Resultados da avaliação da termográfica ocular em situações de manejo (A) e exemplo das imagens obtidas (B).

106| Figura 9.1. Alterações fisiológicas comuns (temperatura, frequência respiratória e frequência cardíaca) numa resposta de stresse em bovinos.

107| Figura 9.2. Alterações do cortisol (A) e espécies reativas de oxigénio (B) na saliva dos vitelos Arouqueses devido ao transporte para o matadouro. AT- Antes do transporte; DT- Depois do transporte; DPR- Depois do período de repouso.

119| Figura 10.1. Ilustra Local de aplicação do dispositivo de êmbolo retrátil para o atordoamento de bovinos.

121| Figura 11.1. Sessão de treino de provadores.

126| Figura 11.2. Penalidades na média hedónica.

131| Figura 12.1. Logotipo da Carne Arouquesa DOP.

136| Figura 12.2. Parâmetros de qualidade da carne Arouquesa segundo o sistema de produção.

145| Figura 13.1. Sequência de desenvolvimento dos tecidos com a idade e

em função das regiões corporais.

149| Figura 13.2. Imagem do tecido adiposo subcutâneo (A) coloração com hematoxilina – eosina. (B) Distribuição da área dos adipócitos em gor dura subcutânea em animais da raça Arouquesa.

156| Figura 14.1. Imagens representativas de imunohistoquímica em cortes transversais consecutivos de Carne Arouquesa. A – Marcação com o anti-corpo Anti-Myosin SLOW (Fibras do Tipo I). B – Marcação com o anticorpo Anti-Myosin FAST (Fibras do Tipo II).

157| Figura 14.2. Volumes relativos (VV; %) de fibras tipo I e II nos músculos longuíssimo (LD), semitendinoso (ST) e infraespinhoso (INF).

161| Figura 15.1. Percentagens de humidade, proteína, lípidos totais e cinza no músculo infraespinhoso nos cinco grupos estudados.

162| Figura 15.2. Teores da carne nos minerais cálcio, ferro, potássio, magnésio, manganês, sódio, selênio e zinco determinados no músculo semitendinoso nos cinco grupos estudados.

163| Figura 15.3. Teores em ácidos gordos saturados (sem incluir AG ramificados), monoinsaturados de cadeia cis, monoinsaturados de cadeia trans, total em polinsaturados e AG ômega-3 e ômega-6, no músculo semitendinoso nos cinco grupos estudados.

165| Figura 15.4. Valores do colesterol no músculo infraespinhoso.

166| Figura 15.5. Valores de vitamina A, vitamina E (α -tocoferol), vitamina D e das vitaminas do complexo B (B1, B2, B3, B5, B6, B9 e B12 no músculo infraespinhoso.

174| Figura 16.1. Estratégias mais utilizadas para prevenir e reduzir o processo oxidativo na carne.

176| Figura 16.2. Aumento natural da oxidação da carne Arouquesa entre o dia 1 e 7 *post mortem*, avaliada pelo método de TBARS.

177| Figura 16.3. Heatmaps dos parâmetros de stresse oxidativo avaliados no músculo longuíssimo torácico 1 dia e 7 dias *post mortem*.

180| Figura 17.1. Interligação entre as várias ómicas e a importância na identificação de biomarcadores relacionados com a produção de carne.

Índice de quadros e tabelas

112| Quadro 10.1. Medidas a serem avaliadas no protocolo Welfare Quality® associadas à condução dos animais.

116| Quadro 10.2. Medidas a serem avaliadas no protocolo Welfare Quality® associadas ao alojamento dos animais.

119| Quadro 10.3. Medidas a serem avaliadas no protocolo Welfare Quality® associadas ao atordoamento dos animais.

125| Quadro 11.1. Comparação dos resultados do teste CATA entre carne de animais com idade ao desmame (D) de 5 e 9 meses e abate (A) aos 9 e 12 meses.

127| Quadro 11.2. Variação da apreciação hedônica das amostras anônimas e identificadas com a idade ao desmame (5 ou 9 meses e total). Resultados número de respostas no sentido indicado.

46| Tabela 3.1. Composição analítica, valor energético e valor proteico dos alimentos compostos.

47| Tabela 3.2. Resultados do ensaio de crescimento: ganho médio diário (GMD), ingestão e índice de conversão (IC).

67| Tabela 5.1. Medidas biométricas de machos Arouqueses com 9 (n=39) e 12 (n=21) meses de idade.

101| Tabela 9.1. Consequências para o BEA dos fatores de stresse mais relevantes durante as etapas de transporte.

106| Tabela 9.2- Medidas a avaliar no animal para detecção de diferentes fatores de stresse.

164| Tabela 15.1. Rácios ômega-6/ômega-3, PUFA/SFA (ácidos gordos polinsaturados/ ácidos gordos saturados) e h/H (ácidos gordos hipocolesterolémicos/ hipercolesterolémicos) para o músculo infraespinhoso nos cinco grupos estudados.

1. Introdução

Carlos Venâncio

Os bovinos da Raça Arouquesa são criados, maioritariamente, nos vales e encostas montanhosas dos rios Vouga, Paiva e Douro ou seus afluentes, originando na área do seu solar a Carne Arouquesa - Denominação de Origem Protegida. Esta é comercializada essencialmente como carne de vitela, reconhecida pela sua excelente qualidade organolética, mas que necessita de atingir uma maior diferenciação e valorização pelo mercado/consumidor.

Atualmente, o seu tradicional sistema de produção encontra-se fortemente ameaçado pela fraca produtividade das pequenas explorações, envelhecimento e falta de renovação dos criadores. A tendência verificada no aumento do tamanho das explorações é acompanhada por um pastoreio mais prolongado das vacas, que evidencia a dependência dos recursos naturais e que condiciona a uniformidade das carcaças dos vitelos.

Para ajudar a resolver este problema, criou-se o projeto Preservar a qualidade na Carne Arouquesa, com o financiamento do PDR2020 sobre a Operação - 1.0.1 – Grupos operacionais e resultado da parceria entre a UTAD-Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, ANCRA – Associação Nacional dos Criadores da Raça Arouquesa, Carnarouquesa - Agrupamento Produtores Bovinos Raça Arouquesa CRL, Cevargado Alimentos Compostos Unipessoal Lda e pelos produtores António Manuel Cardoso de Azevedo, Fernando António de Jesus Moreira e Nelson da Silva Valente.

Esta publicação está integrada na tarefa de divulgação deste

projeto, com a contribuição das várias equipas de trabalho que analisaram a informação recolhida durante os ensaios de campo (exploração, transporte, matadouro) e durante as determinações laboratoriais. Os temas abordados fazem o enquadramento do trabalho realizado, exemplificam os principais resultados obtidos, que não sendo de forma exaustiva, permitem sustentar algumas recomendações para todos os que estão mais envolvidos nas várias raças de bovinos com sistemas semelhantes de produção de carne. Desta forma, esta parceria deixa o testemunho de ter contribuído para as soluções nutricionais e equilíbrio adequado da dieta dos vitelos em produção de carne, redução da variabilidade das carcaças, testado novas tecnologias e metodologias inovadoras na cadeia de produção e enriquecido o conhecimento sobre as características da Carne Arouquesa-DOP. Assim, esta publicação pode ser uma ferramenta importante para continuar o trabalho de preservar a qualidade da carne e melhorar a sustentabilidade do sistema de produção da Raça Arouquesa.

2. Sistemas de produção de “Carne Arouquesa”

**José Carlos Almeida, Maria José Gomes, Severiano
Silva, Duarte Moreira e Carlos Venâncio**

A criação de bovinos da raça Arouquesa tem como objetivo principal a produção de “Carne Arouquesa” e está associada a um conjunto de técnicas de manejo tradicionais que dão prioridade à utilização de recursos endógenos (sobretudo alimentares) e está dependente de um mínimo de inputs externos.

2.1. Introdução

A Arouquesa é uma raça de bovinos autóctone com solar nas montanhas do interior centro de Portugal, mais precisamente na região do entre Douro e Vouga (Figura 2.1). Trata-se de uma raça de grande rusticidade onde, apesar de já ter sido criada na tripla aptidão funcional carne-leite-trabalho, as alterações estruturais recentes do sector agrário levaram à sua atual especialização na aptidão carne. O sistema de criação tradicional desta raça é baseado no modelo vaca-vitelo tendo, no entanto, a particularidade dos vitelos poderem ficar confinados no estábulo enquanto as suas mães pastoreiam em terrenos montanhosos de utilização privada ou comunitária. Trata-se de um sistema de criação com inputs mínimos e, como tal, considerado como amigo do ambiente. Podemos considerar que o sistema de criação dos animais desta raça está a prestar um serviço à sociedade uma vez que, para além de preservar um património genético único (raça Arouquesa), contribui para preservar a paisagem rural,

manter a biodiversidade, prevenir os incêndios, mitigar as alterações climáticas e reduzir a taxa de desertificação humana.

É uma raça considerada em risco de extinção, uma vez que apenas tem registado no seu Livro Genealógico cerca de 4500 vacas e 160 touros distribuídos por um pouco mais de 1100 criadores (2), o que se traduz num valor médio de 4 animais por criador. Os criadores estão organizados numa associação (ANCRA-Associação Nacional dos Criadores de Raça Arouquesa) que é a instituição responsável pela defesa e preservação da raça e tem a seu cargo a gestão do Livro Genealógico, do Registo Zootécnico e de todas as atividades inerentes ao seu melhoramento (1).

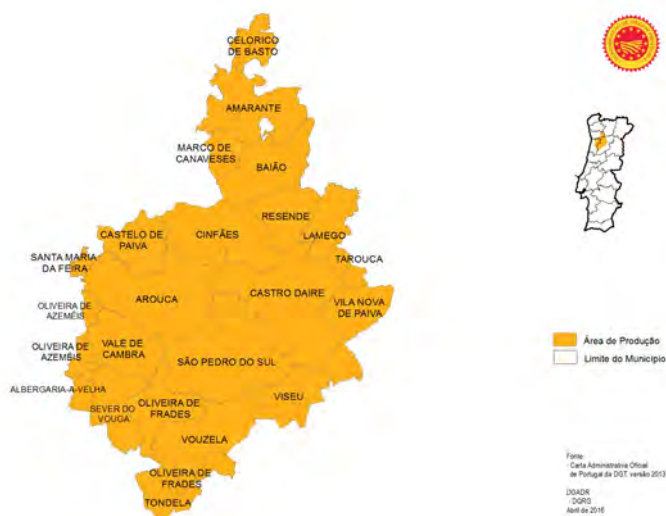


Figura 2.1. Área de produção de Carne Arouquesa DOP, adaptado de (1).

A raça Arouquesa é reconhecida pelas suas excecionais qualidades maternas, que se complementam pela capacidade de produzir leite de excelente qualidade (3). Contudo, estas qualidades carecem de uma quantificação atualizada. Para além disso, podemos prever que, a exemplo de outras raças aleitantes, a sua curva de lactação será relativamente plana, sem acompanhar o aumento das necessi-

dades durante o crescimento do vitelo. Também as vacas jovens, particularmente ao primeiro parto, geralmente têm menor produção de leite do que as vacas múltíparas.

Em termos morfológicos, os bovinos da raça Arouquesa são caracterizados por ter um porte pequeno, perfil sub-côncavo e uma estrutura óssea coberta por boas massas musculares, o que lhe proporciona formas harmoniosas. A sua pelagem tem diversos tons, variando do claro-palha até ao castanho mais escuro. As mucosas são escuras, sendo os cornos dirigidos para a frente e depois para cima (Figura 2.2). Apresenta um peso vivo na ordem dos 25 kg ao nascimento, 190 kg ao desmame (7-8 meses) e um peso maduro que varia entre os 600-700 kg para os machos e os 350-400 kg para as fêmeas (4). A carne dos animais desta raça, reconhecida pelas suas características organolépticas apetecíveis, está diferenciada com o rótulo de Denominação de Origem Protegida (DOP) desde 1994.



Figura 2.2. Vaca de raça Arouquesa.

A maioria dos criadores dos animais desta raça possuem escolaridade baixa, pertencem a um estrato etário elevado e residem em regiões pobres, com grande propensão para a desertificação humana. A empresa pecuária é de dimensão muito reduzida (menos de 5 vacas e área inferior de 3 ha), o que se traduz numa viabilidade económica muito baixa (4).

2.2. Conceito de sistema de produção

Uma empresa pecuária é um sistema complexo onde o criador articula um conjunto de meios económicos (terra, animal, trabalho e capital) com técnicas de produção determinadas (modo de utilização do solo e manejo do efetivo) tendo como finalidade satisfazer um projeto global que evolui com o tempo. Este sistema é influenciado pela evolução do meio socioeconómico envolvente (mercado) e pelos critérios políticos (ajudas sócio estruturais) que têm um peso determinante em muitas tomadas de decisão do criador.

Assim sendo, o sistema de produção de Carne Arouquesa consiste num conjunto de técnicas de cariz agronómico e zootécnico que permitem utilizar de modo eficiente os recursos naturais do solar da raça bovina Arouquesa para criar animais dessa raça, os quais darão origem a carne com características intrínsecas e extrínsecas específicas que a valorizam e lhe garantem um lugar no mercado.

O sistema de produção de “Carne Arouquesa” está associado a uma infinidade de variantes, consoante a especificidade de cada uma das empresas que se dedica a essa atividade. Estas variantes estão, por sua vez, ligadas às características do produto que se pretende obter. No caso da “Carne Arouquesa”, os criadores podem optar por produzir carne indiferenciada ou diferenciada através do rótulo “DOP-Denominação de Origem Protegida”. Consoante a idade de abate do animal, podem produzir “carne de vitela”, “carne de vitelão”, “carne de novilha(o)”, “carne de vaca/touro” ou “carne de boi”. Para além disso, a dimensão da empresa (medida através da disponibilidade do recurso “solo”, da sua fertilidade e do modo como é utilizado), as características genéticas do efetivo animal, a quantidade e qualidade da mão de obra, o equipamentos e instalações disponíveis, os incentivos financeiros, as estruturas de apoio à produção e, não menos importante, a disponibilidade de capital, também conduzem a variantes, mais ou menos particulares, do sistema de criação.

Sendo a “Carne Arouquesa” obtida através da criação de uma raça autóctone, de acordo com princípios ancestrais enraizados nu-

ma cultura que tem como pressuposto otimizar o aproveitamento de recursos naturais escassos em respeito pela natureza e pelo ambiente, qualquer variante do sistema de produção desta carne diferenciada deve obedecer a um conjunto de 3 princípios:

- I. ser aceite pela sociedade, através do cumprimento de um conjunto de boas práticas, especialmente, no que respeita às regras de bem-estar animal;
- II. ser sustentável para o ambiente, ou seja, tender para a neutralidade carbónica e não colocar em causa a biodiversidade nem contribuir para a poluição local;
- III. ser viável sob o ponto de vista económico, ou seja, ter a qualidade que garanta a existência de consumidores disponíveis para remunerar o produto, de modo a garantir uma qualidade de vida adequada aos seus produtores.

2.3. Descrição do sistema tradicional de produção de “Carne Arouquesa”

A criação de bovinos da raça Arouquesa tem como objetivo principal a produção de “Carne Arouquesa” e está associada a um conjunto de técnicas de manejo tradicionais que dão prioridade à utilização de recursos endógenos (sobretudo alimentares) e está dependente de um mínimo de inputs externos. Trata-se de um modo de criação integrado num sistema de policultura que inclui não só a criação de animais de outras espécies, mas também outras atividades agromónicas e silvícolas.

O modo de criação tradicional é caracterizado por vacadas de muito pequena dimensão e com produtividade baixa, onde os animais são cuidados de modo individualizado o que implica uma grande exigência no consumo de mão-de-obra e uma grande debilidade económica. Em contrapartida, tem a vantagem de proporcionar uma ótima relação homem-animal e de permitir otimizar a utilização dos recursos

endógenos na alimentação dos animais. Só por si, estas vantagens facilitam as condições de bem-estar animal e espelham a verdadeira economia circular onde o solo, a planta e o animal estão em perfeita sinergia.

A Carne Arouquesa DOP mais procurada e comercializada é a carne de vitela que corresponde à carcaça dos animais abatidos ao desmame que tem lugar a uma idade média de 8-9 meses (3). Durante a fase de aleitamento os animais apresentam um ganho médio diário de 0,750 kg/dia (0,680 nas fêmeas e 0,820 nos machos), o que dá origem a carcaças com um peso médio na ordem dos 120 kg e um rendimento em carcaça de 52% (3).

2.3.1. Maneio alimentar

No sistema da criação da raça Arouquesa, os animais adultos pastam em lameiros ou baldios, ao longo de todo o ano, durante um período de tempo que varia entre as 2 e as 12 horas por dia, consoante a disponibilidade de pastagem e a época do ano. A alimentação destes animais é complementada com a distribuição à manjedoura de forragem em verde da época (erva, ferrã, milho de desbaste, bandeiras de milho, milharada), alimentos conservados (feno, palha) e, sobretudo após o parto ou quando amamentam as crias em épocas de menor disponibilidade forrageira, pode ser utilizada a farinha de milho, batata ou algum tipo de alimento concentrado comercial (4).

A maioria dos vitelos permanece no estábulo desde o nascimento até à sua saída para abate. É regra a vaca ficar no estábulo com o vitelo durante os dias que se seguem ao parto (entre 2 e 7) entrando depois no regime de pastoreio normal. Assim, a partir deste dia, a amamentação apenas tem lugar nos períodos em que a mãe também se encontra estabulada o que, na maior parte das vezes, ocorre entre o final da tarde e o início da manhã (1). Durante a fase inicial os vitelos têm como único alimento o leite da mãe. Entre o segundo e o terceiro mês de vida, começam a ser fornecidos alimentos

sólidos, nomeadamente, feno, palha, farinha de milho ou concentrado comercial. Tanto a farinha de milho como o concentrado, são distribuídos numa quantidade que oscila entre os 0,5 e os 3 kg/dia (1). Este regime alimentar prolonga-se até à data do desmame que, para a maioria dos vitelos coincide com a data de abate e, como já foi referido antes, ocorre entre os 7 e os 9 meses de idade.

2.3.2. Maneio reprodutivo

Na raça Arouquesa, os partos estão distribuídos, de modo mais ou menos uniforme, ao longo de todo o ano. O método de reprodução das vacas pode ser feito por cobrição natural ou inseminação artificial, sendo que a cobrição natural ainda é predominante (cerca de 70% do efetivo), apesar da inseminação artificial estar disponível desde 1992 (4). Tendo em conta o número reduzido de vacas por criador, a maioria das empresas não possui um macho reprodutor, o que implica que as vacas se tenham de deslocar às instalações de um criador que possua um touro, o chamado “posto de cobrição”. Estes postos de cobrição estão distribuídos pelas localidades com maior número de fêmeas adultas e são autorizados pela Secretaria Técnica do Livro Genealógico - ANCRA. A Associação de Criadores também presta o serviço de inseminação artificial, o qual é realizado em cerca de 30% do efetivo. Os criadores que mais recorrem a este serviço são os que possuem um número muito pequeno de animais e estão localizados nas regiões de criação da raça mais periféricas, onde não existem postos de cobrição (4). O registo tanto das cobrições como das inseminações artificiais é feito pela ANCRA, em formulário próprio, para que, após o parto, seja feito o controlo da paternidade e os vitelos possam ser inscritos no Livro Genealógico da raça (1, 4).

No sistema tradicional de criação, os machos começam a ser utilizados como reprodutores entre os 16 e os 18 meses de idade (1), mantendo-se ativos apenas até aos 5-6 anos. A partir desta idade os criadores consideram que os animais se tornam mais agressivos e começam a apresentar problemas de fertilidade (4).

Nas fêmeas, os indicadores reprodutivos de referência revelam a existência de alguma ineficiência reprodutiva. A primeira cobertura apenas tem lugar a partir dos 15-16 meses de idade, ou mesmo até aos 18-24 meses. Como a idade à primeira cobertura se relaciona com a idade ao primeiro parto, as novilhas parem pela primeira vez entre os 24 e os 36 meses (1).

De acordo com os valores existentes no Livro Genealógico (4), os partos estão distribuídos ao longo do ano, o primeiro parto ocorre, em média, aos 31,7 meses e o intervalo entre partos médio é de 445 dias (15 meses). A conjugação deste valor com a idade ao desmame de 8-9 meses leva-nos a concluir que, em cada ciclo produtivo de 15 meses, a vaca está cerca de 9 meses a amamentar a cria e 6 meses sem produzir (Figura 2.3).

Não existem valores precisos sobre a longevidade produtiva da raça, mas considera-se que as vacas são refugadas entre os 12 e os 14 anos podendo, no entanto, chegar aos 15 a 20 anos de idade (4).



Figura 2.3. Esquema representativo do ciclo produtivo da vaca Arouquesa.

2.4. Sistemas alternativos de produção de “Carne Arouquesa”

A maioria dos criadores de animais de raça Arouquesa pertence a um escalão etário elevado (>55 anos), tem uma formação académica baixa (9º ano ou menos) e trabalha com um nível de mecani-

zação muito reduzido (4). Estes factos, associados à dimensão empresarial micro, determinam que a maioria das empresas tende a desaparecer com o tempo, dada a falta de atratividade sucessória. Com o objetivo de contrariar a tendência de decréscimo do número de animais desta raça autóctone, torna-se importante avaliar a introdução de algumas alterações ao sistema de criação tradicional com o objetivo de aumentar a sua atratividade sem colocar em causa a qualidade (intrínseca e extrínseca) do produto final “Carne Arouquesa”.

O sistema de criação tradicional pode ser melhorado, na perspectiva de aumentar a sua resiliência, através de 3 processos: i) aumentar a dimensão da empresa; ii) fazer um melhor aproveitamento dos recursos locais existentes, através da introdução de técnicas de criação mais eficientes e iii) diversificar o leque de produtos obtidos, através da introdução de uma fase mais ou menos prolongada de recria dos vitelos, seguida de uma fase de acabamento antes do abate.

Como princípio base, devemos ter em conta que, qualquer alteração ao sistema de criação tradicional, não deve colocar em causa a sua aceitação social nem os princípios éticos que lhe estão associados. Os criadores com início de atividade mais recente já têm vacadas com maior número de animais e um maior grau de mecanização. Assim, começam a surgir vacadas com um efetivo superior a 30 vacas que estão a introduzir um maneio diferenciado (3), nomeadamente no que diz respeito à idade ao desmame (Figura 2.4). Um aspeto a ter em conta é que o aumento de dimensão das vacadas não deve tender para uma especialização excessiva da empresa pecuária, a qual pode ter como consequência a redução do seu potencial multifuncional e da capacidade de adaptação do sistema de criação a alterações da conjuntura externa.

2.4.1. Fase mãe ou de cria

Entende-se por fase de cria de vitelos (ou fase mãe) como sendo o período de tempo em que a vaca amamenta o seu vitelo, ou se-

ja, o intervalo entre o seu nascimento e o desmame. Uma das alterações ao sistema tradicional, que ocorre nas vacadas de maior dimensão, consiste em substituir a estabulação individual do duo vaca-vitelo pela estabulação e amamentação em grupo (4). Nestes casos, tal como no sistema tradicional, os vitelos apenas mamam durante as horas em que as mães estão estabuladas. A idade média ao desmame tende a ser mais precoce, podendo ocorrer a partir dos 5 meses (4), o que torna necessário uma fase de recria e acabamento posteriores ao desmame.

Durante esta fase, o aproveitamento dos recursos existentes pode ser melhorado através da introdução de um conjunto de técnicas de manejo que tenham como objetivo aumentar tanto a eficiência reprodutiva das fêmeas (aumento do número de partos durante a sua vida reprodutiva) como o peso vivo dos vitelos ao desmame (aumento da produção de leite das vacas e prolongamento da fase de amamentação). Como método para monitorizar a eficiência desta fase podemos quantificar o número de kg de vitelos que, em termos médios, cada vaca consegue desmamar ao longo da sua vida produtiva.

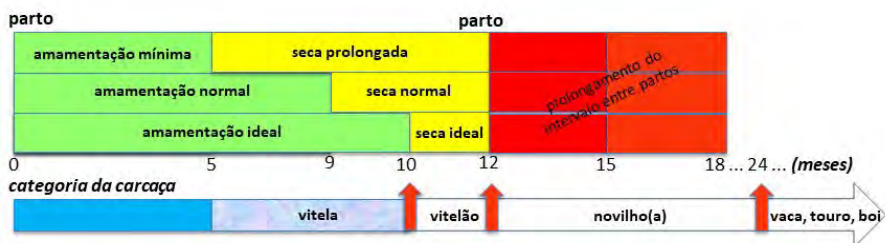


Figura 2.4. Diferentes idades ao desmame que podem ser adaptadas nos sistemas de criação da raça Arouquesa.

Em termos económicos, a rentabilidade máxima de uma vaca aleitante obtém-se quando os partos são intervalados por um período máximo de 12 meses, dos quais a vaca amamenta a cria durante 10 meses e está numa fase de repouso do úbere (seca) durante 2 me-

ses. Assim, quanto menos tempo durar a fase de amamentação (ou maior for o intervalo entre partos) mais tempo a vaca está presente na empresa a consumir recursos, sobretudo alimentares, sem produzir. No sistema tradicional, a idade média ao desmame oscila entre os 8 e os 9 meses. Seria interessante avaliar a variabilidade genética da raça com o objectivo de introduzir nos critérios de seleção das fêmeas reprodutoras a sua persistência de lactação e, assim, tentar aumentar a idade ao desmame para valores próximos dos 10 meses.

Como condição necessária para se otimizar o recurso “vaca Arouquesa”, as vacas reprodutoras de raça Arouquesa devem ter as características seguintes:

- I. boa eficiência reprodutiva, ou seja, capazes de parir 1 vitelo de 12 em 12 meses;
- II. grande longevidade produtiva, ou seja, parir muitos vitelos (8 como referência) ao longo da sua vida;
- III. bom comportamento maternal, ou seja, saber cuidar bem e proteger as suas crias;
- IV. boa capacidade leiteira, ou seja, serem boas produtoras de leite e terem boa persistência de lactação.

Estas características, apesar de serem indicadores de eficiência que se medem na vaca, não dependem apenas do animal e do seu valor genético, mas também de todo um sistema onde eles estão integrados (condições ambientais, tecnológicas, económicas e sociais). Apesar de ter causas multifatoriais, um dos fatores que mais interfere, tanto com a eficiência reprodutiva como com a capacidade leiteira da vaca, é a sua alimentação ao longo do ciclo produtivo. De facto, só uma dieta equilibrada permite o funcionamento normal de todos os tecidos e órgãos envolvidos na produção e reprodução de qualquer espécie animal.

A base do regime alimentar das vacas Arouquesas é o pastoreio, na maior parte das vezes em solos marginais e pobres. Assim, é

necessário complementar a pastagem com outros alimentos a disponibilizar no estábulo. Também aqui as vacadas de maior dimensão estão a introduzir alterações ao sistema de alimentação tradicional tanto das vacas como dos vitelos. Nas vacas, alimentos como a erva, milharada, bandeiras de milho, milho (inteiro ou moído) estão a ser substituídos por silagem de milho, silagem de erva e alimentos concentrados (4). Nos vitelos, as batatas, as abóboras, os cereais moídos (trigo, milho ou centeio) também tendem a ser substituídos por silagem de milho ou de erva e alimentos concentrados (4). Em relação a esta alteração, coloca-se a dúvida se alguns alimentos, como as silagens, podem alterar as características organolépticas da carne.

As perdas de peso e de condição corporal motivadas por carências alimentares (balanço energético negativo), sobretudo nas primeiras semanas após o parto, têm um impacto muito grande no aumento do intervalo entre o parto e a primeira inseminação e no consequente aumento do intervalo entre partos. Assim, com o objetivo de contribuir para o aumento da eficiência reprodutiva recomenda-se uma alimentação que evite as perdas de peso e condição corporal durante a fase inicial da lactação. Este objetivo pode ser atingido através do estabelecimento de encabeçamentos (número de cabeças normais por hectare de área disponível) ajustados às disponibilidades alimentares endógenas (pastagens, forragens, etc.) e à introdução de alterações no manejo alimentar que contemple a introdução criteriosa de alimentos que complementem a dieta tradicional, de modo a satisfazer as necessidades de manutenção mais gestação, durante o período que antecede o parto, e de manutenção mais lactação no período que se segue ao parto.

Uma das alterações ao sistema de criação tradicional que pode ter como consequência a diminuição da eficiência reprodutiva é a disseminação da inseminação artificial. De facto, independentemente da competência técnica do inseminador, a alteração do ambiente social motivada pela ausência de touro na vacada dificulta a identificação deaios e pode prolongar o intervalo entre partos. Como forma de mi-

tigar este inconveniente, recomenda-se que as boas práticas associadas às técnicas de identificação deaios e inseminação artificial sejam divulgadas junto dos criadores.

2.4.2. Fase filho ou de recria

Como referido anteriormente, a idade média ao desmame oscila entre os 8 e os 9 meses, havendo situações em que baixa para os 5 meses, o que torna necessário ponderar a possibilidade de existir uma fase de recria e acabamento entre o desmame e o abate dos vitelos.

Esta fase, para ser otimizada, tem como condição necessária que os vitelos de raça Arouquesa tenham as características seguintes:

- I. peso ao desmame elevado;
- II. ganhos médios diários (GMD) de peso vivo elevados;
- III. boa eficiência de conversão alimentar;
- IV. dar origem a carcaças homogéneas e de boa qualidade comercial.

Nesta fase, o manejo alimentar e as condições gerais de bem-estar animal são determinantes para otimizar o sistema de criação, o qual pode ser medido pelo GMD, eficiência de conversão alimentar e rendimento/qualidade da carcaça. No entanto, a importância e o sucesso desta fase dependem, não só do ambiente que o animal vai encontrar, mas também das suas características genéticas individuais e do modo como ele foi tratado durante a fase de aleitamento. Um animal fraco ao desmame nunca virá a ser um animal bom uns meses depois, por muito bem cuidado que seja.

Existem diversas alternativas ao sistema tradicional de criação onde, regra geral, não há recria e o abate tem lugar na data do desmame. No capítulo deste livro “*A nutrição dos vitelos*” foram estuda-

das 3 dessas alternativas que contemplam uma fase de recria e que podem ser adaptadas às vacadas:

Alternativa 1: desmame aos 8-9 meses e uma fase de recria e acabamento de 2 a 4 meses com abate entre os 10 e os 12 meses (carne de vitelão);

Alternativa 2: desmame aos 5-6 meses e uma fase de recria e acabamento de 2 a 4 meses com abate entre os 7 e os 10 meses (carne de vitela);

Alternativa 3: desmame aos 5-6 meses e uma fase de recria e acabamento de 5 a 6 meses com abate entre os 10 e os 12 meses (carne de vitelão).

A existência de uma fase de recria no sistema de criação de bovinos de raça Arouquesa apresenta várias vantagens, das quais podemos destacar:

- I. proporcionar pesos ao abate mais elevados, o que permite obter carcaças com maior rendimento, melhor conformadas e melhor acabadas;
- II. aproveitar melhor o potencial genético do animal, uma vez que ele é abatido numa idade mais próxima da idade técnica de abate (ponto de inflexão da curva de crescimento), ou seja, quando o vitelo apresenta tanto ganhos médios diários de peso como valores de eficiência de conversão dos alimentos máximos;
- III. possibilitar acertos na dieta durante a fase de acabamento, o que permite obter carcaças com características de qualidade mais homogêneas;
- IV. proceder a desmames agrupados de vitelos, de modo a facilitar algumas operações logísticas e de manejo, sem colocar em causa a qualidade das carcaças;
- V. ajustar a data de abate às características de acabamento da carcaça estimadas no animal vivo.

Como é óbvio, a existência desta fase de recria acarreta custos de produção mais elevados, sobretudo relacionados com a necessidade de alimentos complementares à pastagem, que nem sempre são produzidos na empresa de criação, mas também de algumas instalações e mão de obra para o manejo dos vitelos.

2.5. Conclusões

A Raça Arouquesa é um património genético a preservar, o seu sistema de criação contempla a possibilidade de produção de carne com DOP e existem estruturas de apoio aos seus criadores, como a ANCRA.

O sistema de criação tradicional tem a capacidade de valorizar solos de baixa qualidade, uma vez que transforma recursos vegetais de muito baixo valor em proteína animal com elevada qualidade nutricional para os humanos. Para além disso, trata-se de um sistema aceite pela sociedade, sustentável para o ambiente e que garante condições de bem-estar animal muito boas. Tem como grande ponto negativo, o facto de não ser economicamente viável e estar dependente da existência de mecanismos de apoio à produção que têm sempre um carácter temporário.

A maioria das vacadas têm uma dimensão muito pequena, com um nível de mecanização muito baixo e os criadores seus proprietários pertencem a um escalão etário elevado, o que se torna pouco atrativo e conduz a uma alta taxa de mortalidade das empresas pecuárias com animais desta raça.

Com o objetivo de preservar a raça, torna-se determinante aumentar a resiliência das empresas de produção de carne Arouquesa. Para isso, existem diversas estratégias que, sendo complementares,

devem ser equacionadas em simultâneo.

A primeira estratégia deve ter como objetivo aumentar a eficiência do sistema de criação. Para isso, é prioritário melhorar a qualidade e quantidade de alimentos disponíveis para os animais, tanto sobre a forma de pastagem como de forragem. Em consequência dessa melhoria, é possível selecionar como reprodutoras as vacas com maior potencial leiteiro, tanto em termos de produção total como de persistência de lactação. Quanto mais leite produzir uma vaca, mais pesado é o vitelo ao desmame e quanto maior a duração da amamentação, menos tempo está a vaca sem produzir. Um bom manejo alimentar também permite aumentar a eficiência reprodutiva e quanto menor o intervalo entre partos, menos tempo está a vaca sem produzir. Para além do manejo alimentar, o aumento da eficiência do sistema também está dependente da qualidade do manejo geral e das boas práticas associadas à criação de bovinos de carne.

A segunda estratégia deve ter como objetivo introduzir alterações no sistema de criação que, sem o desvirtuar, tornem a atividade mais interessante sob o ponto de vista económico. Para isso, é prioritário ganhar escala, ou seja, as vacadas terem uma dimensão maior e com menores necessidades de mão de obra para o manejo individual dos animais. Para além disso, deve ser equacionada a possibilidade de existir um período de recria após o desmame, compatível com o aumento do número de animais por criador. Em relação a este ponto, devemos realçar que qualquer alteração ao sistema de criação deve preservar os critérios de produção ética (bem estar animal e sustentabilidade ambiental), preservar a qualidade do produto final “*Carne Arouquesa*”, ser testado para colocar no mercado um produto homogéneo e tender a ser autossustentável.

A terceira estratégia deve ter como objetivo valorizar o produto “Carne Arouquesa” junto do consumidor. Para isso, devem ser realçadas, não só as características intrínsecas da carne (nutricionais e organoléticas), mas sobretudo as suas características extrínsecas resultantes do sistema de produção ética que a caracteriza, o qual contribui para o desenvolvimento sustentável da região onde se localiza o solar da raça Arouquesa. Não devemos olhar para o bovino Arouquês de modo isolado, mas como fazendo parte de um sistema sinérgico em equilíbrio (solo-planta-animal-solo) que contribui para preservar o espaço rural, a paisagem e a biodiversidade, tendo também um efeito importante na prevenção de incêndios rurais e na revitalização económica e social de territórios em risco de desertificação.

Referências

- 1– ANCRA, (2022). Associação Nacional dos Criadores de Raça Arouquesa. <https://www.ancra.pt/>
- 2– SPREGA. (2022). Sociedade Portuguesa de Recursos Genéticos Animais. Raça Arouquesa. <https://www.sprega.com.pt/conteudo.php?idesp=bovinos&idraca=Arouquesa>
- 3– Guedes, P.T.D.V., (2019). *A raça Arouquesa: contributo para o estudo da cadeia de valor*. Relatório Final de Estágio do MIMV. ICBAS, Universidade do Porto.
- 4 – Moreira, D.B.O., (2020). Caracterização do sistema de produção da raça bovina Arouquesa. Estudo de alguns indicadores produtivos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Zootécnica. UTAD, Vila Real.



3. A nutrição dos vitelos

Maria José Gomes, Luís Ferreira, Pedro Pereira, José Carlos Almeida, Duarte Moreira, Severiano Silva e Carlos Venâncio

O ganho de peso vivo dos vitelos depende muito da capacidade leiteira da mãe



Figura 3.1. Vitelo a ser amamentado pela mãe no estábulo.

3.1. Introdução

Como referimos anteriormente (capítulo 2), a maioria dos vitelos Arouqueses criados de modo tradicional, permanece no estábulo desde o nascimento até à sua saída para abate aos 8-9 meses de idade, sendo amamentados pelas mães durante todo este período. Verifica-se, no entanto, que alguns produtores começaram a introduzir alterações ao sistema tradicional, tendendo a idade média ao desmame a ser mais precoce, podendo ocorrer a partir dos 5 meses, tornando-se assim necessária uma fase de recria e de acabamento posteriores ao desmame. Estes diferentes modos de produção têm implicações na satisfação das necessidades nutricionais dos vitelos, bem como nas características da carcaça.

O leite produzido pela vaca é a principal fonte de nutrientes para o vitelo amamentado durante os primeiros meses de vida. Esta importância vai diminuindo à medida que o vitelo cresce e se desenvolve. Estudos de comportamento animal de longa duração, em que os vitelos permaneceram sempre com a mãe, mostram que os vitelos mamam cerca de 10 vezes por dia no primeiro mês de vida e que o número de mamadas diminui gradualmente até ao desmame, o que se verifica por volta dos 9 meses de idade (1). A partir de determinada altura, o leite produzido pela mãe não é suficiente para cobrir as suas necessidades alimentares, e os vitelos gradualmente passam a ingerir outros alimentos.

3.2. Os alimentos dos vitelos

3.2.1. O primeiro alimento – o colostro

O colostro (ou primeiro “leite”) é amplamente reconhecido como o mais importante fator na determinação da saúde e sobrevivência do vitelo recém-nascido. É constituído por secreções lácteas e constituintes do soro sanguíneo, e começa a ser produzido antes do parto, acumulando-se na glândula mamária. Recomenda-se o seu consumo no intervalo mais curto de tempo possível após o nascimento (a primeira toma deve ocorrer preferencialmente nas 2 horas após o parto) por várias razões:

1. os vitelos nascem agamaglobulinémicos, isto é, com ausência de linfócitos B e níveis muito baixos ou nulos de imunoglobulinas (Ig); portanto, nascem sem qualquer proteção contra os agentes infecciosos a que se encontram expostos. Esta condição decorre do facto da placenta dos bovinos impedir o contacto entre o sangue materno e fetal e, por isso, não ser possível a transmissão das imunoglobulinas (anticorpos) para o útero. Assim, o vitelo depende quase exclusivamente das Ig maternas que lhe são transmitidas através do colostro (imunização passiva). A absorção de Ig maternas no intestino delgado ajuda a proteger o vitelo con-

tra organismos patogénicos até que seu próprio sistema imunológico imaturo se torne funcional.

2. O revestimento intestinal do vitelo é permeável à assimilação dos anticorpos apenas durante as primeiras 12 a 24 horas após o parto; a partir desse período, os anticorpos sofrem o processo digestivo normal da proteína alimentar, pelo que perdem o seu poder imunitário. Assim, há que garantir que o colostro é ingerido o mais depressa possível após o nascimento.
3. O colostro é um alimento de alta qualidade, fornecendo ao vitelo todos os nutrientes necessários. Apresenta duas vezes mais matéria seca e minerais e cinco vezes mais proteína do que o leite integral. O alto teor de gordura e vitaminas A, D e E no colostro são especialmente importantes, já que o vitelo neonato tem baixas reservas nestes nutrientes. Além disso, o teor relativamente baixo de lactose do colostro reduz a incidência de diarreia;
4. O neonato é muito sensível ao stresse térmico pelo frio, e possui uma quantidade muito pequena de gordura corporal, sendo o colostro uma excelente fonte de energia para a termogénese (isto é, para obtenção de energia que assegure a manutenção da temperatura corporal);
5. Existem muitas outras substâncias bioativas, para além das Ig, com propriedades benéficas para o vitelo. Atualmente sabe-se que, além de Ig, o colostro fornece células imunitárias maternas que também são absorvidas pelo vitelo, assim como diversas hormonas e fatores de crescimento que são benéficos e fundamentais para o desenvolvimento dos vitelos;
6. As propriedades laxantes do colostro facilitam a expulsão do mecónio (primeiras fezes).

Em Portugal, a prevalência da falha na transferência da imunidade passiva (FTIP) e a sua relação com as taxas de morbilidade e mortalidade dos vitelos até ao desmame estão pouco documentadas no que se refere ao modo de produção de carne em extensivo, ha-

vendo apenas algumas referências no setor leiteiro. As consequências da FTIP têm grande impacto económico em qualquer exploração, mas especialmente quando o produto alvo da exploração são os vitelos. Mesmo quando aos vitelos afetados conseguem sobreviver, serão sempre animais com ganhos médios diários inferiores, e notoriamente mais fracos comparativamente aos da mesma faixa etária que não tenham sofrido FTIP.

O estado nutricional inadequado da vaca resulta num colostro de qualidade inferior com o risco de não atingir, no vitelo, o conteúdo de imunoglobulinas séricas reconhecido ideal para uma prevenção eficiente das patologias e que é superior ou pelo menos igual a 10 g/l, podendo traduzir-se em mortalidade.

Tradicionalmente, na raça Arouquesa a vaca aos primeiros sinais de parto é separada para um compartimento, de forma a que este decorra de forma tranquila e, apesar de existir alguma vigilância, as suas qualidades maternas permitem que ocorra normalmente sem necessidade de intervenção. Por isso, os vitelos raramente são encolostrados manualmente e são mantidos com as mães desde o nascimento ao desmame, pelo menos durante o tempo suficiente para a amamentação de manhã e à noite. Contudo, com o aumento da dimensão das explorações, os partos deixam de ser alvo de observação tão controlada, e um vitelo com problemas, que não consiga mamar sem assistência no período crítico para a ingestão do colostro ou, nos casos de morte da fêmea, comportamento maternal anómalo ou produção insuficiente de colostro, pode receber uma quantidade deficitária de colostro. Esta situação é um problema acrescido porque as explorações não dispõem geralmente de colostro armazenado para fornecer aos vitelos, pelo que as alternativas terapêuticas são escassas. Neste sentido, importa alertar o produtor para a importância de fazer uma observação do comportamento após o parto e de prestar atenção à vaca adulta antes da gestação, para que possa produzir um colostro de qualidade e em quantidade suficiente.

3.2.2. O leite materno

O ganho de peso dos vitelos aumenta com a quantidade de leite disponível, particularmente nos primeiros 3 meses de vida, e o consumo de leite nesta fase vai condicionar fortemente o crescimento do vitelo até ao desmame. A conversão da energia e da proteína do leite em ganho de peso é muito eficiente. De acordo com o INRA (2), no caso de vitelos saudáveis, a ingestão de 1 kg de leite adicional por dia durante os 3 primeiros meses de vida traduz-se num aumento adicional de ganho de peso vivo (GPV) de cerca de 100 g/dia. Este efeito permanece significativo durante toda a lactação, passando para 90 g GPV/kg de leite/dia até aos 6 meses e para 65 g GPV/kg de leite/dia dos 6 aos 8 meses. A magnitude destes valores pode não ser a mesma na raça Arouquesa, já que estes foram obtidos com outras raças. Contudo, é de esperar que o efeito qualitativo prevaleça também na Raça Arouquesa.

O crescimento dos vitelos depende assim da capacidade leiteira da mãe. Existindo esta estreita relação entre a quantidade de leite produzido pela vaca e o aumento do peso do vitelo, em sistemas de produção como o da raça Arouquesa, poderemos concluir que a utilização do leite materno na alimentação do vitelo é a forma mais ecológica de transformar recursos alimentares que não podem ser consumidos pelos animais monogástricos e pelo Homem num produto de alta qualidade – a carne de vitela. Portanto, é fundamental que, para além do vitelo, tenhamos em consideração o manejo alimentar das mães, por forma a garantir que produzam o máximo de leite possível.

Algumas raças de carne bovina têm uma produção de leite relativamente alta, mas esta produção varia muito entre raças. A raça Arouquesa é reconhecida pelas suas excepcionais qualidades maternas, que se complementam pela capacidade de produzir leite de excelente qualidade (3). Contudo, estas qualidades carecem de uma quantificação atualizada. Para além disso podemos prever que, a exemplo de outras raças aleitantes, a sua curva de lactação será relativamente plana, sem acompanhar o aumento das necessidades

durante o crescimento do vitelo. Também as vacas jovens, particularmente ao primeiro parto, geralmente têm menor produção de leite do que as vacas multíparas.

A capacidade de ingestão do vitelo determina a quantidade de alimento que este consegue ingerir, para além do leite. Esta capacidade aumenta gradualmente com a idade, acompanhando o desenvolvimento dos “pré-estômagos”. Claro que, se a disponibilidade de leite for menor, e havendo disponibilidade de alimentos sólidos, o vitelo tenderá a compensar a menor ingestão de leite com um aumento da ingestão de alimentos sólidos.

A partir do 3º mês de idade, a produção de leite não garante a cobertura das necessidades do vitelo, sendo necessário distribuir outros alimentos sólidos. No entanto, esta distribuição deve iniciar-se mais cedo, por forma a estimular o desenvolvimento dos pré-estômagos.

3. 2. 3. Os alimentos sólidos

A distribuição de alimentos sólidos deve iniciar-se o mais cedo possível, já que o consumo destes alimentos é um pré-requisito para o desenvolvimento precoce da população microbiana do rúmen. Os alimentos sólidos proporcionam os substratos e as condições do meio ruminal para o crescimento dos microrganismos anaeróbios comuns do rúmen-retículo (RR) de animais ruminantes adultos. Por outro, é sabido que se o vitelo for alimentado com uma dieta exclusivamente láctea, o RR continua a ser rudimentar (Figura 3.2). Quando o vitelo mama, o leite passa diretamente para o abomaso, graças ao reflexo da goteira esofágica e, portanto, não desempenha qualquer papel no desenvolvimento do RR. O desenvolvimento histológico destes “pré-estômagos” ocorre ao mesmo tempo que o desenvolvimento anatómico. Assim, a produção de ácidos gordos voláteis pela população microbiana do RR, vai estimular o desenvolvimento do epitélio ruminal, ocorrendo o crescimento das papilas, que contribuem

para o desenvolvimento de todo o órgão. Os alimentos concentrados simples (por exemplo, farinha de milho) ou compostos (o caso de alimentos concentrados comerciais) são muito digestíveis e, portanto, desempenham um papel fundamental para que isto aconteça. Já os alimentos forrageiros (nomeadamente feno e palha), são de extrema importância para fomentar o crescimento e desenvolvimento da musculatura do rúmen e para estimular a ruminação.

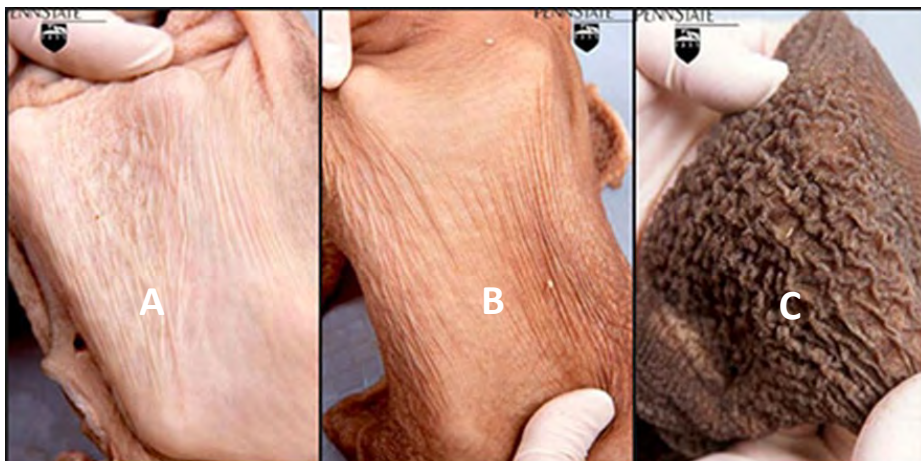


Figura 3.2. Desenvolvimento das papilas ruminais às 6 semanas de idade de vitelos alimentados exclusivamente com leite (A), com leite e feno (B) e com leite e um alimento concentrado (C), adaptado de (4).

Além da importância que os alimentos sólidos desempenham na transição do vitelo pré-ruminante para o seu estado pleno de ruminante, o seu fornecimento é fundamental para permitir complementar a quantidade de nutrientes fornecidos pelo leite. Contudo, o tipo de alimento a fornecer deve adequar-se às diferentes etapas de vida, já que as necessidades nutricionais do vitelo se alteram ao longo do seu crescimento, quer em termos quantitativos, quer qualitativos.

3.2.4. Água

A água é importante para o desenvolvimento do rúmen. A partir

dos 3-4 dias de idade, os vitelos devem ter sempre água limpa à sua disposição. Embora o leite seja rico em água (cerca de 87%), este não substitui a necessidade de consumo de água.

3.3. Ensaio de crescimento com vitelos da raça arouquesa

O ensaio de crescimento efetuado no projeto “Preservar a Qualidade na Carne Arouquesa” teve como princípio orientador responder às condições representativas de criação dos vitelos. Foram utilizados apenas animais do sexo masculino, para eliminar o sexo como fonte de variação nos resultados. Os animais estavam distribuídos por 5 grupos, sendo o número de animais em cada grupo condicionado pela sua disponibilidade em número e idades pretendidas nas explorações intervenientes. Os grupos de estudo foram mantidos em idênticas condições, à exceção da disponibilização do novo suplemento na dieta, idade do desmame e idade do abate. Os 64 animais que completaram o ensaio faziam parte dos seguintes grupos, e que se descrevem também na Figura 3.3:

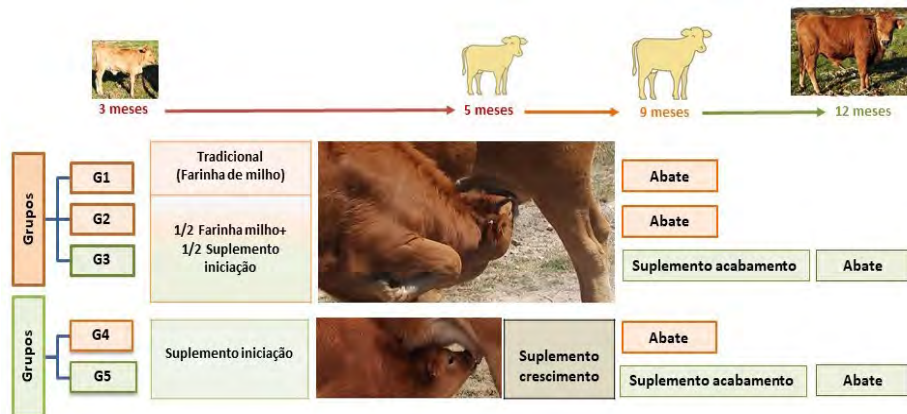


Figura 3.3. Delineamento do ensaio de crescimento.

G1(controlo)- animais criados de modo tradicional e abatidos ao desmame com 9 meses de idade;

G2- idêntico ao G1, mas os animais receberam um alimento compos-

to de iniciação (ACi) durante a fase de amamentação;

G3- idêntico ao G2 até ao desmame (9 meses), mas os animais receberam depois do desmame um AC de acabamento (ACa) até serem abatidos aos 12 meses de idade;

G4- animais desmamados precocemente (5 meses) e que receberam o ACi até ao desmame; posteriormente, receberam um AC de crescimento (ACc) até serem abatidos aos 9 meses de idade;

G5- idêntico ao G4 até aos 9 meses, tendo recebido, posteriormente, o ACa até serem abatidos aos 12 meses de idade.

Os animais foram pesados a cada 2 semanas, em balança analógica, que era transportada até à exploração (Figura 3.4).



Figura 3.4. Vista frontal e lateral da balança utilizada.

A composição analítica e o valor energético e proteico dos alimentos compostos encontram-se na Tabela 3.1. A formulação dos mesmos foi efetuada tendo em consideração as diferentes etapas do crescimento dos vitelos. Saliente-se o aumento do teor energético (UF) e a redução do teor proteico (PDI) com a evolução da etapa de crescimento dos animais, acompanhando as alterações nutricionais

que ocorrem à medida que os vitelos crescem.

Tabela 3.1. Composição analítica, valor energético e valor proteico dos alimentos compostos.

	Alimento Composto ¹		
	ACi	ACc	ACa
Composição analítica (%) ²			
Matéria Seca	87,50	87,45	87,43
Cinzas totais	5,46	4,62	4,39
Proteína Bruta	18,56	16,60	15,57
Gordura Bruta	3,33	3,80	4,21
Fibra Bruta	4,32	4,84	4,77
NDF	15,08	14,59	14,10
ADF	5,31	5,88	5,58
Amido	35,48	40,57	43,87
Cálcio	0,64	0,42	0,40
Fósforo	0,46	0,40	0,34
Sódio	0,20	0,20	0,20
Cloro	0,39	0,38	0,38
Magnésio	0,21	0,22	0,27
Potássio	0,97	0,81	0,73
Valor energético ³			
UFV (por kg)	0,98	1,01	1,03
Valor proteico (%) ⁴			
PDIA	7,30	6,49	6,08
PDIE	11,66	10,89	10,52
PDIN	13,47	11,95	11,18

¹ACi – alimento composto de iniciação; ACc – alimento composto de crescimento; ACa – alimento composto de acabamento; ²NDF = fibra de detergente neutro; ADF = fibra de detergente ácido; ADL = lenhina de detergente ácido ³UFV = unidade forrageira carne, ⁴PDIA = proteína digestível no intestino (PDI) de origem alimentar; PDIE = PDI quando a energia é fator limitante à atividade microbiana no rúmen; PDIN = PDI quando o azoto é o fator limitante à atividade microbiana no rúmen.

Os resultados relativos ao ganho médio diário, ingestão e índice de conversão obtidos neste ensaio apresentam-se na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Resultados do ensaio de crescimento: ganho médio diário (GMD), ingestão e índice de conversão (IC).

	Grupos				
	G1	G2	G3	G4	G5
GMD (kg.dia ⁻¹)	0,847	1,050	0,937	1,004	1,145
Ingestão (kg.dia ⁻¹)	4,474	5,765	5,440	5,970	7,060
IC (kg alimento/kg GPV)	5,3	5,5	5,8	5,9	6,3

Estes resultados permitem verificar que:

1. os vitelos criados em modo tradicional e que receberam suplemento (Grupo 2) apresentaram maior GMD do que os animais criados em modo tradicional (G1; 1050g e 847g, respetivamente), mas estas diferenças, que foram de +203g, não atingiram significância estatística. Este resultado permite-nos supor que a administração de um AC com um teor em PB de 18% poderá ter permitido aos animais expressar maior desenvolvimento muscular.
2. os animais desmamados precocemente (5 meses) apresentaram um GMD semelhante ao dos animais criados de modo tradicional, mas este resultado foi conseguido com a ingestão de maior quantidade de alimentos concentrados;
3. um plano nutricional adequado, pode permitir realizar o abate dos animais a idades mais tardias;
4. a suplementação com alimentos adequados a cada fase pode potenciar o desenvolvimento da massa muscular e a deposição de

gordura na fase de acabamento (como confirmado pela ultrassonografia, como descrito no Capítulo 6).

3.4. Conclusões

Como é sabido, as dietas devem fornecer energia suficiente para suportar o crescimento e proteína suficiente para ser usada nesse crescimento. Havendo uma limitação na dieta de qualquer um destes elementos, ou fornecer uma dieta com a proporção errada de energia e proteína, limitará o crescimento.

Este estudo evidenciou o bom potencial de crescimento dos vitelos da raça Arouquesa até à idade em que se pratica desmame tradicional (i.e., aos 9 meses de idade), verificando-se ainda que a utilização de um AC suplementar desenhado especificamente para esta fase permite expressar um maior GMD. Os resultados também suportam a recomendação de, sempre que seja aconselhável fazer o desmame mais precoce, nomeadamente por razões de carência alimentar das mães, se deve prolongar a recia dos vitelos, recorrendo a AC com as características nutricionais adequadas a cada fase.

Referências

- 1 – Hafez, E. S. E., & Lineweaver, J. A. (1968). Suckling Behaviour in Natural and Artificially Fed Neonate Calves 1. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 25 (2), 187-198.
- 2 – Sauvant, D., Delaby, L., & Nozière, P. (2017). *INRA feeding system for ruminants*. Wageningen Academic Publishers.
- 3 – Catálogo Oficial de Raças Autóctones Portuguesas (DGAV), s/d. (https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2021/04/Arouquesa_GRGA.pdf)
- 4 – Jones, C.M. & Heinrichs, C. (2022). Feeding the Newborn Dairy Calf. The Pennsylvania State University 2022. (<https://extension.psu.edu/feeding-the-newborn-dairy-calf>)

4. Comportamento alimentar de bovinos

Luis Mendes Ferreira e Maria José Gomes



Figura 4.1. Vaca Arouquesa em pastoreio.

Grandes extensões de terreno do noroeste da Península Ibérica são cobertas por comunidades vegetais constituídas por vegetação arbustiva e espécies herbáceas de muito baixo valor nutritivo, o que torna difícil o estabelecimento de sistemas de produção animal sustentáveis nestas áreas. Este tipo de vegetação constitui-se como a principal carga combustível dos incêndios que aqui ocorrem nestas áreas, causando sérios problemas ambientais e perdas económicas diretas associadas aos custos de prevenção e o combate a estes incêndios. A maioria destas áreas são consideradas desfavorecidas, sendo necessário encontrar formas para o seu desenvolvimento sustentável. O estabelecimento de sistemas de produção animal nestas áreas poderá proporcionar um benefício ambiental e económico, contribuindo para a melhoria das condições de vida das populações. No entanto, com o objetivo de assegurar a sustentabilidade económica destes sistemas extensivos é necessário proceder à melhoria destas pastagens, com a sementeira de espécies vegetais de

maior produtividade e valor nutritivo, e a utilização de fertilizantes. Os resultados por nós obtidos indicam que a sua utilização por herbívoros domésticos conduz a uma redução significativa na acumulação de biomassa e, conseqüentemente, à diminuição dos riscos de incêndio, bem como a uma melhoria da biodiversidade através do aumento da heterogeneidade estrutural da canópis vegetal, e, em simultâneo, a produção de produtos de origem animal o que poderá trazer benefícios económicos e sociais para a população destas regiões.

O sucesso da gestão destas comunidades vegetais, orientadas por objetivos de produção e/ou ambientais, requer a compreensão dos processos envolvidos nas interações dinâmicas entre pastagem-herbívoros. Por um lado a estrutura, a composição, a produtividade, o valor nutritivo e a distribuição das diferentes comunidades vegetais determinam o estado nutricional dos animais. Por outro lado, a atividade de pastoreio, o pisoteio e a excreção dos resíduos produzidos pelos mesmos afetam de uma forma significativa a dinâmica da pastagem em termos de produtividade, conservação e persistência das espécies vegetais. É assim fundamental compreender estas relações, específicas para cada tipo de pastagem, de modo a podermos atingir os objetivos de produção previamente definidos, e possuir, simultaneamente, pastagens de maior produtividade e valor nutricional e num estado adequado de conservação.

O conhecimento do comportamento alimentar dos bovinos (tempo dedicado às atividade de pastoreio, a seleção da sua dieta, a ingestão voluntária) nos diferentes tipos de comunidades vegetais é crucial para que se possam desenvolver e aplicar sistemas de pastoreio apropriados a cada situação específica, de modo a obtermos, simultaneamente, uma eficiente e sustentável utilização da pastagem e atingir os objetivos de produção animal previamente definidos. O processo de seleção dos bovinos em regime de pastoreio envolve um conjunto de decisões organizadas em escala de decisão hierárquica a diferentes níveis espaciotemporais. O processo inicia-se com a seleção da paisagem, onde o animal realiza a sua atividade de pastoreio, e termina com a preensão da espécie vegetal selecionada (Figura 4.1

e 4.2). Algumas características da pastagem (a disponibilidade de pastagem, a composição botânica, o seu valor nutritivo e a palatabilidade das espécies vegetais que compõem a pastagem), mas também as condições edafoclimáticas (declive, clima, duração dos dias, presença/ausência de pontos de sombra), o manejo (distância ao ponto de fornecimento de água ou de alimento forrageiro conservado e/ou concentrado, carga animal, cercas) e fatores inerentes ao animal (raça, estado fisiológico, experiência de pastoreio) fazem com que o comportamento alimentar e a ocupação espacial da pastagem pelos bovinos se altere ao longo da época de pastoreio. Os bovinos apresentam características anátomo-fisiológicas específicas, o que lhes confere comportamentos alimentares distintos dos observados nas outras espécies. A forma de preensão do alimento (i.e., com o auxílio da língua) e a forma e tamanho crânio-encefálica faz com que estes animais se caracterizem por uma grande capacidade em termos de volume de preensão, mas também por uma baixa habilidade de seleção de alimento. O tempo de pastoreio e o número de preensões por unidade de tempo, são variáveis compensatórias utilizadas pelos bovinos como resposta à diminuição do volume de alimento ingerido por preensão, pelo que em situações de disponibilidade limitada de pastagem (i.e., épocas de menor desenvolvimento da pastagem), os ani-

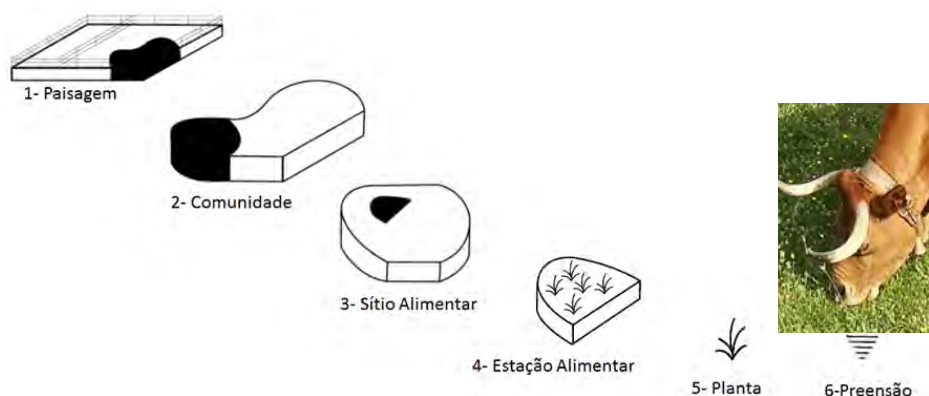


Figura 4.2. Escala de decisão no processo de seleção de dieta em grandes herbívoros, adaptado de (1).

mais aumentam a frequência destas atividades, traduzindo-se num aumento do tempo de pastoreio. Na Figura 4.3 são apresentados resultados do comportamento alimentar de bovinos, ovinos, caprinos e equinos em pastoreio numa parcela localizada a 900-1000 m de altitude, estabelecida numa área de vegetação natural de montanha (ericáceas, gramíneas naturais e tojo—*Ulex gallii*) com uma área adjacente de pastagem semeada (azevém perene e trevo branco), ao longo da época de pastoreio. Como se pode observar, os tempos de pastoreio variaram entre espécies e ao longo da época de pastoreio. Os equinos apresentaram o maior tempo de pastoreio (mais de 10 horas por dia), comparativamente à média de 8h para os ruminantes. O tempo de pastoreio dedicado às distintas comunidades vegetais variou entre espécies animais e ao longo da época de pastoreio. De facto, quando expressarmos os tempos de pastoreio em percentagem do período de observação, o tempo despendido pelos animais na vegetação natural, aumentou ao longo da época de pastoreio como resultado da redução da disponibilidade da pastagem semeada, que está apresentada na Figura 4.3 pela linha azul. Os resultados da observação do comportamento alimentar (Figura 4.4) indicaram tam-

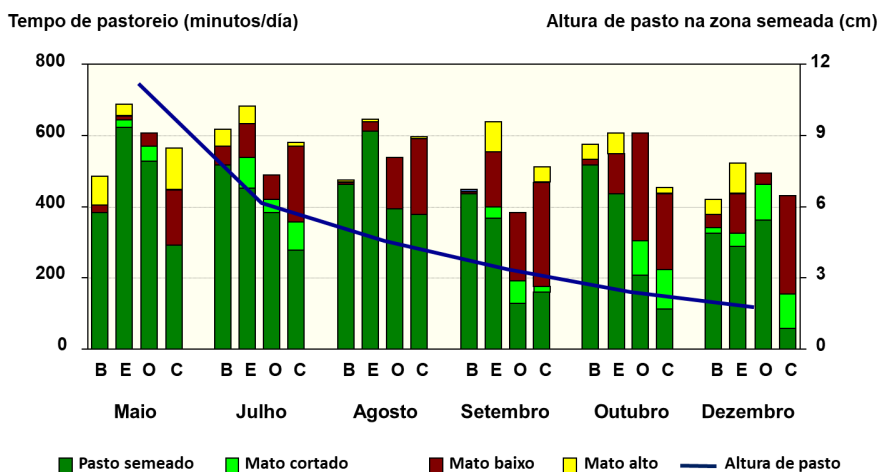


Figura 4.3. Tempos de pastoreio dos herbívoros domésticos em cada tipo de coberto vegetal: B bovinos; E equinos; O ovinos; C caprinos.

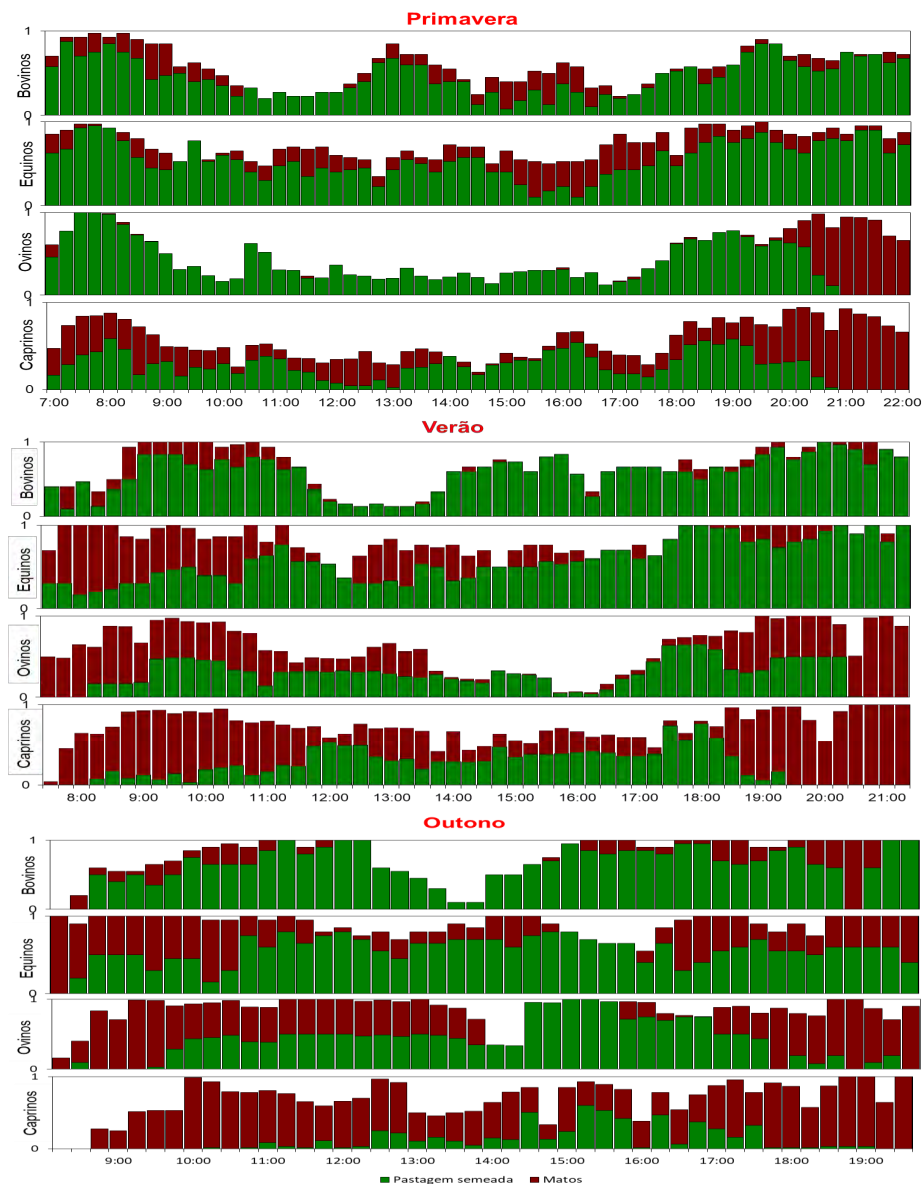


Figura 4.4. Variações diurnas na utilização de pastagem por bovinos, equinos, ovinos e caprinos numa parcela parcialmente (24%) melhora de vegetação natural de montanha durante a Primavera, Verão e Outono.

bém claros padrões de alimentação diurna, verificando-se uma concentração da atividade de pastoreio no início e final de cada dia, tanto na primavera, como no verão e no outono, com os períodos de descanso a localizarem-se no meio do dia. É claramente perceptível que os animais reduzem os seus períodos de descanso à medida que avança a estação de pastoreio. Se expressarmos o tempo de pastoreio em percentagem do tempo total de observação, verificamos que estas percentagens foram mais elevadas quando a disponibilidade de pastagem semeada foi mais baixa. Isto significa que a uma diminuição da disponibilidade de pastagem semeada e, por conseguinte, a uma diminuição do tamanho da preensão, os animais responderam aumentando o tempo de pastoreio e, muito provavelmente, também o ritmo de preensões com o intuito de manterem o nível de ingestão. Um facto curioso que observámos foi que os tempos de pastoreio, quando expressos em percentagem do tempo total (Figura 4.5), foram de mais curta duração no verão do que na primavera, apesar de naquela estação a disponibilidade de pastagem semeada ter sido superior à da primavera. Este comportamento poderá ter sido induzido pelas condições de temperatura elevada que poderão persuadir os animais das atividades de pastoreio.

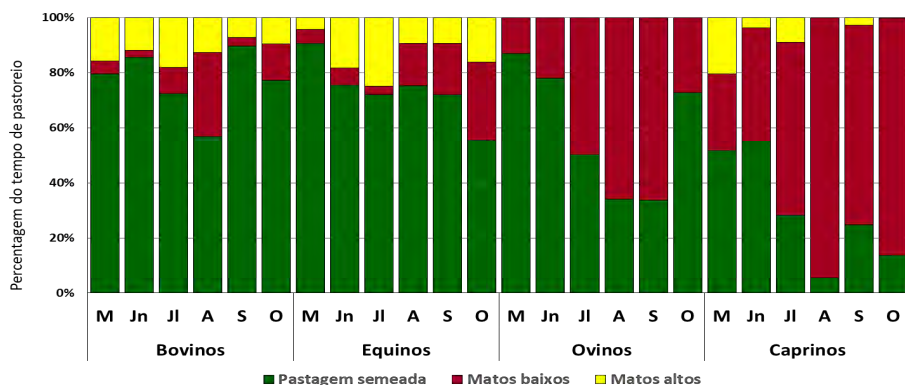


Figura 4.5. Percentagem de tempo de pastoreio de bovinos, equinos, ovinos e caprinos em zonas de matos de ericáceas-tojo com 24% de pastagem semeada de azevém perene e trevo branco.

Para além das variações temporais na atividade de pastoreio, observámos claras diferenças na comunidade vegetal selecionada pelas espécies, sendo também influenciada pela época de pastoreio. A comunidade selecionada por bovinos, cavalos e ovinos pareceu relacionar-se com o valor nutritivo e disponibilidade dos recursos alimentares, uma vez que os animais despenderam a maior parte do seu tempo de pastoreio na pastagem semeada, que possui maior valor nutritivo e que lhes permite satisfazer as suas necessidades nutricionais, alterando o seu comportamento para as espécies menos apetecíveis (vegetação natural) quando a disponibilidade da pastagem semeada diminuiu. Como complemento à observação direta do comportamento alimentar, utilizámos uns componentes das ceras epicuticulares das plantas, - os alcanos - como marcadores fecais para avaliar a seleção de dieta pelas distintas espécies animais. Os resultados (Figura 4.6) indicam as preferências dos bovinos, cavalos e ovinos, a serem quase exclusivamente dirigidas para as espécies vegetais que compõem a pastagem semeada. Este já era um resultado esperado, dado o reconhecido comportamento “grazer” destas espécies animais. No entanto, a diminuição da dispo-

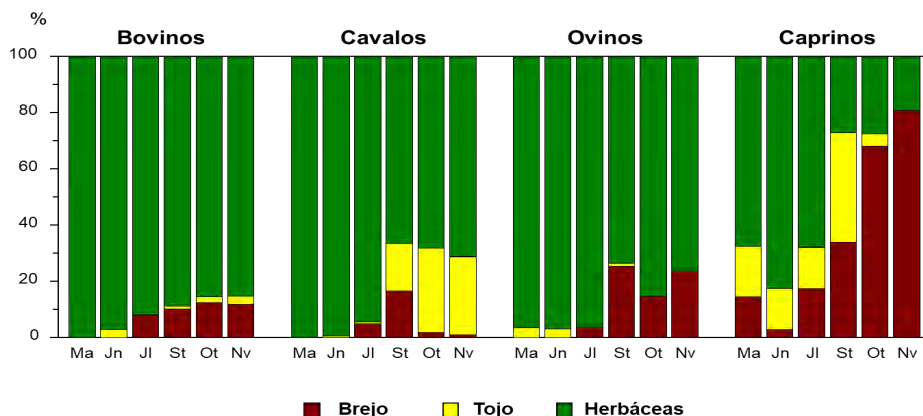


Figura 4.6. Composição da dieta selecionada por vacas, éguas, ovelhas e cabras em matos de brejo-tojo parcialmente melhorados (*L. perenne* e *T. repens*) utilizando os *n*-alcanos como marcadores fecais.

nibilidade de pastagem semeada ao longo da época de pastoreio levou estas espécies animais a consumirem vegetação natural e aqui parecem existir diferenças entre elas. De facto, os bovinos tenderam a incluir nas suas dietas brejo e a evitar a seleção de tojo, indicando a sua muito pouca flexibilidade alimentar, sendo incapazes de incorporar grandes quantidades de vegetação. De facto, a sua especialização morfofisiológica para a seleção de herbáceas (forma de preensão de alimento, a arcada maxilar larga e achatada), não lhes permite ser tão eficientes na seleção das partes mais nutritivas das espécies arbustivas, como os ovinos, com uma arcada maxilar mais afunilada e profunda.

Um dos parâmetros de comportamento alimentar que também comparámos foi a sua ingestão voluntária (Figura 4.7). Os valores mais elevados de ingestão foram observados na época de maior disponibilidade dos recursos alimentares, diminuindo com a diminuição da disponibilidade de alimento, atingindo o seu valor mínimo no final do verão. Nesta época o valor de altura do pasto era já inferior a 3-4 cm, valor considerado limite de altura de pasto para a generalidade das espécies animais que limita a ingestão de alimento. Para além da menor disponibilidade, o menor valor nutritivo dos recursos alimentares seleccionados, mais fibrosos e, portanto, menos digestí-

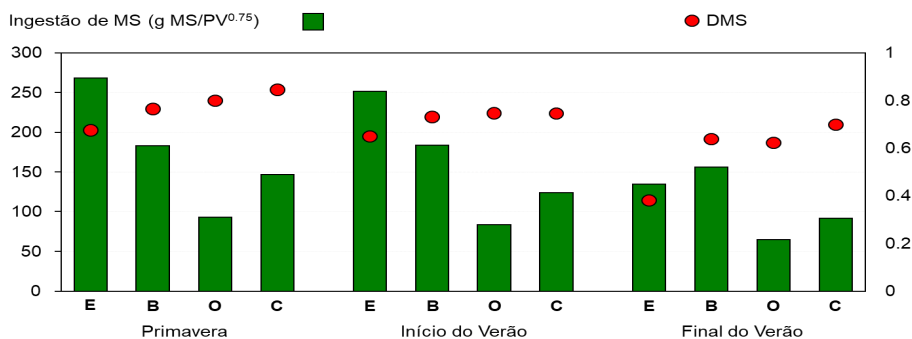


Figura 4.7. Ingestão de matéria seca por PV^{0.75} e digestibilidade da matéria seca (DMS) da dieta seleccionada por herbívoros domésticos em matos com áreas de pastagem semeada.

veis poderá também explicar os menores valores de ingestão que se observam no final do verão, tal como podem verificar pelos menores valores de digestibilidade observados nesta fase. Da comparação entre espécies verificamos que os cavalos apresentam valores médios de ingestão mais elevados que os ruminantes. Um aspeto que importa salientar é que no final do verão os cavalos apresentaram valores de ingestão mais baixos que os bovinos. Um facto curioso é que no caso dos caprinos a incorporação de vegetação arbustiva na sua dieta não teve um efeito significativo na ingestão, o que ilustra claramente a experiência que estes animais possuem na manipulação destas espécies vegetais. Como resultado destes comportamentos alimentares distintos, o grau de complementaridade entre as espécies animais variou tendo diminuído ao longo da época de pastoreio. De facto, como podemos ver na Figura 4.8, os valores mais elevados de complementaridade foram observado entre bovinos, ovinos e equinos, como resultado da seleção quase exclusiva de vegetação herbácea da pastagem semeada. No entanto, a combinação de qualquer uma destas espécies animais com os caprinos resultou nos valores mais baixos de complementaridade, consequência de uma seleção de dieta distinta pelos animais desta espécie. Uma das perguntas que poderemos colocar é se a composição do efetivo animal poderá afetar o compor-

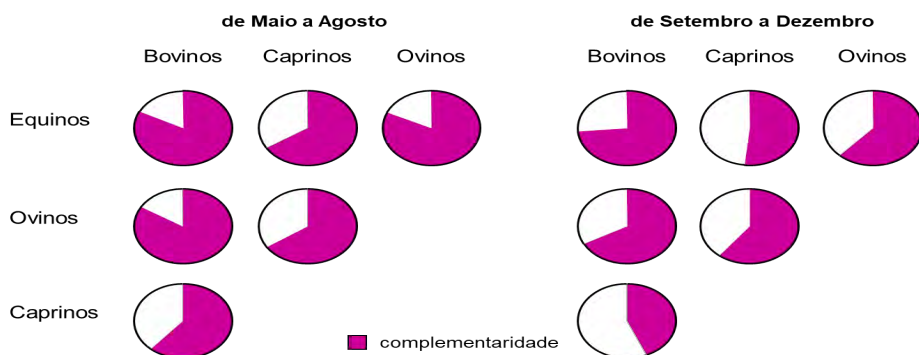


Figura 4.8. Nível de complementaridade entre espécies de herbívoros domésticos na utilização de matos com áreas de pastagem semeada.

tamento das distintas espécies animais e se esse comportamento tem efeito no coberto vegetal. Neste sentido elaborámos um conjunto de estudos com rebanhos mono-específicos de bovinos e ovinos e mistos com caprinos em zonas de matos previamente cortados com áreas de pasto semeado. Os resultados de observação direta do comportamento nestes estudos (Figura 4.9) são consistentes com os anteriormente apresentados, com os caprinos a despendem grande parte do seu tempo de pastoreio na vegetação natural, ao contrário dos ovinos e bovinos, que preferiram a zona de pasto semeado. Em termos de efeito do tipo de rebanho no comportamento alimentar, os resultados parecem indicar que os caprinos dedicam mais tempo ao pastoreio quando integram rebanhos mistos, despendendo mais tempo na vegetação natural do que quando em rebanhos mono-específicos. Em termos de composição da dieta, os resultados (Figura 4.10) são similares com uma maior seleção de tojo por parte dos caprinos, enquanto tanto ovinos como bovinos tenderam a evitar as espécies arbustivas. A pergunta que colocamos é qual o efeito destes distintos comportamentos alimentares em termos de coberto vegetal. As Figuras 4.10, 4.11 e 4.12 são claras ao demonstrar, em primeiro lugar, que em rebanhos mono-específicos de bovinos e ovinos existe um aumento da fitomassa acumulada através do aumento

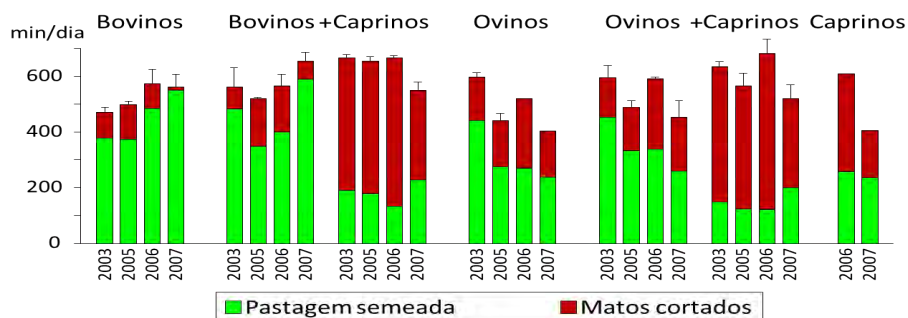


Figura 4.9. Tempos de pastoreio de rebanhos mono-específicos de bovinos e ovinos ou mistos com caprinos, pastoreando zonas de matos brejo-tojo previamente cortados e com áreas de pastos parcialmente semeados.

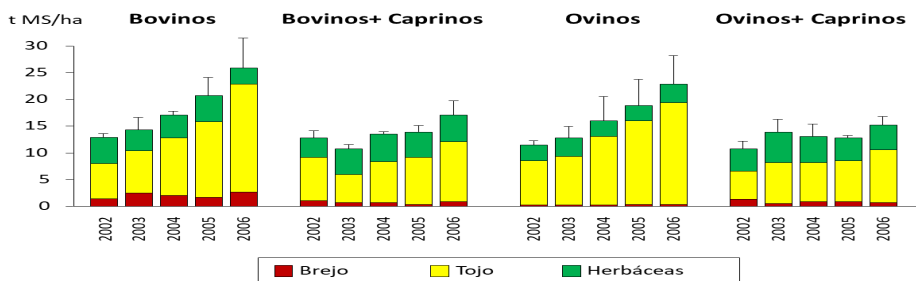


Figura 4.10. Fitomassa acumulada e sua composição em zonas de matos de brejo-tojo, previamente cortadas com áreas de pastos parcialmente semeados, pastoreados por rebanhos mono-específicos de bovinos e ovinos ou mistos com caprinos.

da quantidade de tojo. Pelo contrário, a combinação destas espécies com caprinos resultou no controlo da acumulação de fitomassa, em particular do tojo, como resultado da sua seleção por estes animais.

Os resultados que apresentámos neste breve texto evidenciam a importância que o conhecimento do comportamento alimentar dos bovinos e outras espécies de herbívoros domésticos tem não apenas na produtividade animal, mas também o seu efeito no composição e produtividade do coberto vegetal existente. De facto, os resultados indicam claras diferenças entre espécies que variam com

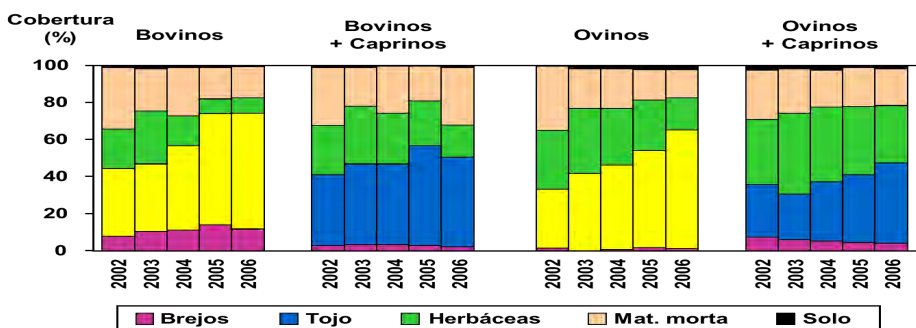


Figura 4.11. Alterações no coberto vegetal de zonas de matos de brejo-tojo, previamente cortadas com áreas de pastos parcialmente semeados pastoreados por rebanhos mono-específicos de bovinos e ovinos ou mistos com caprinos.



Figura 4.12. Alterações no coberto vegetal de zonas de matos de brejo-tojo, previamente cortadas com áreas de pastos parcialmente semeados pastoreados por rebanhos monoespecíficos de bovinos e ovinos ou mistos com caprinos.

a época de pastoreio/disponibilidade dos recursos mais palatáveis. Devido ao seu particular comportamento alimentar, os caprinos demonstram ser um bom complemento para qualquer uma das outras espécies de herbívoros, no sentido de termos uma mais eficiente utilização das comunidades vegetais de montanha. Esta combinação de espécies pode contribuir, não só para controlar a acumulação de biomassa arbustiva, com vantagens evidentes na mitigação do risco de incêndio nestas áreas, como também para um maior desenvolvimento de espécies herbáceas de que irão beneficiar as outras espécies animais. Os resultados sugerem que o tipo e composição do efetivo animal (mono específico ou misto) nestas condições de vegetação deverá depender das características da vegetação (espécies vegetais e suas participações) e dos objetivos previamente definidos (produção ou ambientais), existindo evidências que a utilização de rebanhos mistos poderá promover uma mais eficiente utilização dos recursos alimentares disponíveis.

Referências

1- Stuth, J.W. (1991). Foraging behavior. In: Grazing management: an ecological perspective (Heitschmidt, R.K., Stuth, J.W., eds.). Oregon: Timber Press, pp. 85-108.

5. Utilização de morfometria e análise de imagem para estimar o peso vivo de bovinos da raça Arouquesa

**Severiano Silva, Duarte Moreira, Maria José Gomes,
Carlos Venâncio e José Carlos Almeida**

5.1. Introdução

O peso vivo (PV) é um parâmetro fundamental em ciência animal para determinar o crescimento, avaliar as exigências nutricionais, para a determinação do consumo e eficiência alimentar e para determinar o resultado económico na produção (1, 2). Além disso, o PV é usado para determinar a dosagem apropriada de medicamentos e vacinas. Na produção animal o PV é geralmente determinado por pesagem. No entanto, há alguns problemas que podem ser observados durante a pesagem dos animais e em especial nos animais de grande porte como são os bovinos (3). Um dos problemas é a disponibilidade de uma balança, uma vez que é frequente em muitas explorações e, particularmente, nas sistemas extensivos não existir esse equipamento. Por outro lado, a pesagem de animais é um trabalho laborioso e causador de stresse quer para os animais quer para os operadores e pode ser uma tarefa perigosa (4). Para ultrapassar alguns destes problemas os fabricantes de balanças têm desenvolvido sistemas de plataforma nas quais os animais são pesados enquanto se movem - *walk-over-weighing* (5, 6). Contudo, estas balanças são dispendiosas e isso constitui uma forte limitação para serem utilizadas em sistemas de produção de reduzida escala como o praticado na raça Arouquesa. Por estas razões têm sido desenvolvidos métodos de estimativa, como os que são baseados na correlação entre medidas morfológicas e o peso vivo (7, 8). Esta

abordagem está na base do desenvolvimento de soluções simples como as fitas de pesagem (9). Esta solução tem sido utilizada em diversas raças de bovinos com resultados positivos. Todavia apresenta limitações quando se transpõem os valores de uma fita desenvolvida para uma raça para outra raça (4). Para além disso, mesmo que seja necessária apenas uma medida, isso obriga a uma interação direta com o animal, o que levanta problemas de bem-estar, de segurança e de tempo, sendo que estes problemas se agravam em raças com temperamento mais reativo, como é típico das raças criadas em sistemas extensivos (10). É desta problemática que têm surgido várias abordagens em que se utiliza a medição dos animais a partir de técnicas de imagem para estimar o PV. Nestas abordagens são utilizados equipamentos e metodologias muito diversas, mas de uma forma geral fazem uso de imagens obtidas através de câmaras de 2D e 3D, que são analisadas para obtenção das medidas corporais através de regressão múltipla, métodos de análise multivariada ou de análise por redes neuronais (11, 12, 13). Neste capítulo são apresentados dois métodos de estimativa do peso de bovinos da raça Arouquesa: um em que se estabelece uma regressão entre o PV e uma medida morfológica obtida por medição direta no animal e outro em que estima o PV a partir de medidas morfológicas obtidas a partir de análise de imagem.

5. 2. Estimativa do peso vivo a partir de medidas morfológicas e de análise de imagem

Para obter um modelo de estimativa do PV a partir de medidas morfológicas, procedeu-se à pesagem e medição dos vitelos a cada duas semanas. Para a pesagem foi utilizada uma balança analógica marca CABRAL e com um valor máximo de pesagem de 1 000 kg e uma precisão de 0,5 kg, que era rebocada por um jipe para as diferentes explorações (Figura 5.1).

As medições foram efetuadas com um hipómetro e uma fita métrica. que permitiam um alcance de 200 cm com uma precisão de

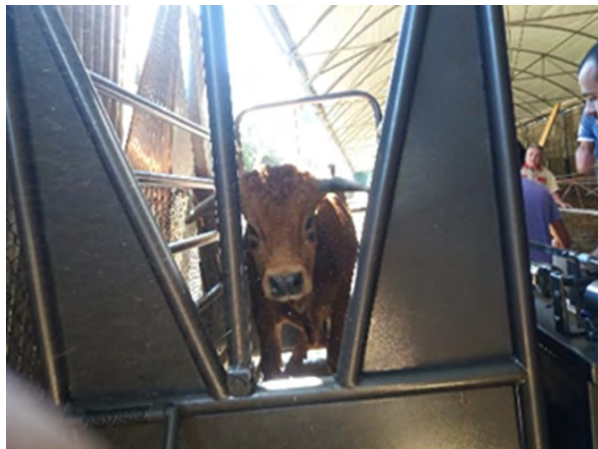


Figura 5.1. Imagem que ilustra o procedimento de pesagem de um vitelo.

0,5 cm. Depois da pesagem de cada animal foram obtidas as seguintes medidas morfológicas:

a) Medidas obtidas através do hipómetro

- Altura à cernelha (a1) – distância do ponto mais alto da linha da cernelha ao solo;
- Altura à inserção da cauda (ANC) – distância desde o solo até à base da cauda, logo após as vértebras sacrais;
- Profundidade do peito (a4) – medida reta obtida desde o cilhado até ao fim da cernelha;
- Largura do tronco (c1) – medição reta obtida atrás das espaldas;
- Largura bi-iliáca (c2) – medida reta entre os pontos mais externos dos ílions;
- Largura bi-isquiática (c3) – medida reta entre os pontos mais extremos das tuberosidades isquiáticas;
- Largura coxo-femural (LCF) – amplitude entres as articulações coxo-femorais;
- Comprimento da garupa (b2) – distância entre a ponta mais extrema do ílion e a tuberosidade isquiática;

b) Medidas obtidas através da fita métrica

- Comprimento escápulo-isquial (b1) – amplitude reta entre a

tuberosidade isquiática e a articulação escápulo-humoral;

- Perímetro torácico (d1) – perímetro do tórax, tomado imediatamente atrás das espáduas

A contenção dos animais era efetuada na balança após a realização da pesagem (Figura 5.2).

Depois de testados todos os procedimentos de realização das medidas biométricas verificou-se uma elevada repetibilidade dos valores obtidos e, por isso, estas foram tomadas uma única vez.

A pesagem e as medidas biométricas foram realizadas ao longo do período de crescimento. Para a obtenção das equações de regressão, para estimar o PV a partir de medidas biométricas, foram considerados todos os registos recolhidos e o modelo que melhor estimou o PV foi conseguido com a medida d1 (perímetro torácico) em cm:

$$PV (kg) = -305,52 + 3,682 \times d1 + 0,019 \times (d1 - 134,375)^2$$

$$(n=700; R^2 > 0,95; p < 0,0001)$$

Desta forma podemos estimar o PV apenas com a medida do perímetro torácico, e sem estar a fazer a pesagem, facilitando o tra-

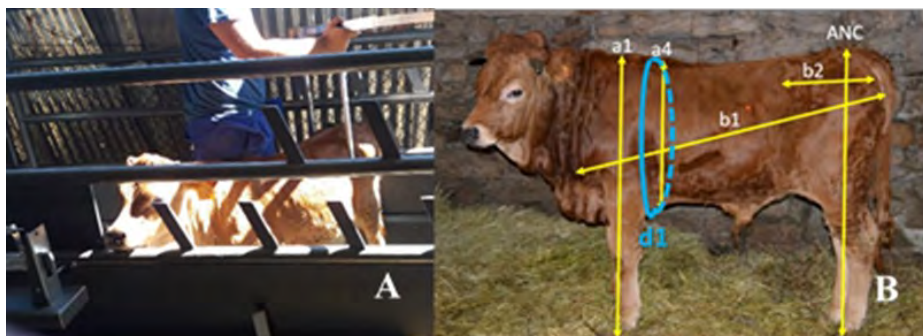


Figura 5.2. Imagem que ilustra a realização das medidas biométricas dos animais durante os ensaios. Exemplo da determinação da largura bi-ilíaca com craveira (A) e exemplar em que estão assinaladas todas as medidas recolhidas exceto as quadro medidas de largura (B).

balho, particularmente nas explorações de menor dimensão que não dispõem de balança e são de difícil acesso.

Para a estimativa do PV utilizando a análise de imagem foram seguidos passos semelhantes aos descritos anteriormente e para além da obtenção do PV e das medidas biométricas foram ainda obtidas imagens num plano lateral dos animais. Para a captura das imagens foi utilizada uma câmara Nikon D3100 montada numa estrutura com dois lasers vermelhos de 650 nm colocados paralelamente com espaçamento de 31 cm. Estes lasers permitem projetar dois pontos no animal, o que representa a escala para a análise da imagem (Figura 5.3).

As imagens foram analisadas usando o programa de análise de imagens Fiji ImageJ (ImageJ 1.49u), e determinadas as medidas equivalentes às obtidas por biometria diretamente nos vitelos (Figura 5.4).

Foram recolhidas imagens em 145 vitelos (PV 159 ± 56 kg), a partir das quais se determinaram as medidas. Nestes animais, foram também obtidas as medidas biométricas pelo processo convencional. Para estabelecer um modelo de estimativa do PV a partir das medidas obtidas por imagem, foram realizadas equações de regressão múltiplas *stepwise* com validação cruzada por K-Folds. O melhor

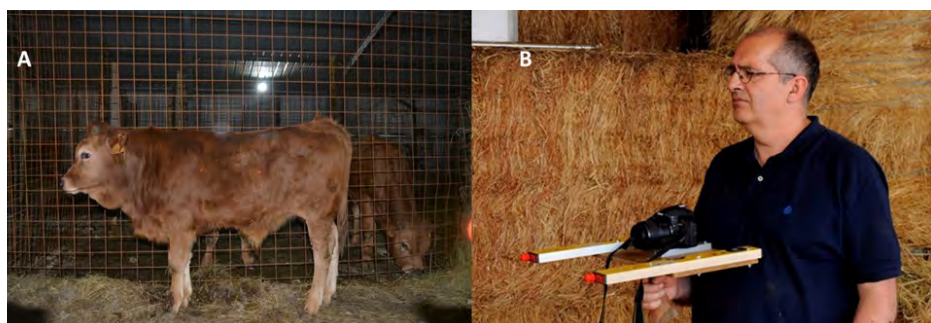


Figura 5.3. Exemplo de imagem de vitelo com os pontos de laser projetados no animal (A) e equipamento para obtenção das imagens (B).

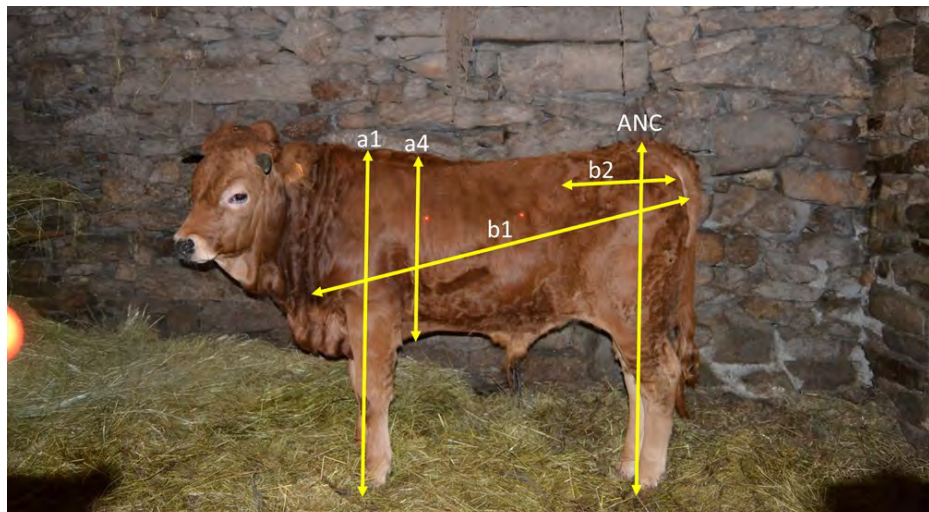
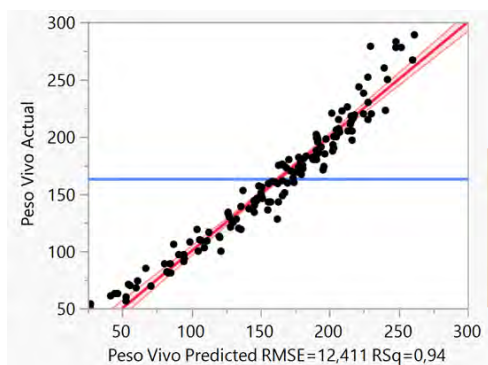


Figura 5.4. Exemplo de imagem de um vitelo com os pontos laser da escala e com as medidas que foram determinadas após análise da imagem com o programa Fiji ImageJ.

modelo permitiu explicar 94% da variação do PV com erro de 12,4 kg (Figura 5.5).

Foi ainda estudada a correlação entre as medidas biométricas pelo sistema convencional e as medidas equivalentes determinadas



Modelo de regressão múltipla

$$PV \text{ (kg)} = -286,05 + 0,8386a1 + 5,693a4 + 0,988b1$$

Onde as medidas a1, a4 e b1 são em cm.

Figura 5.5. Modelo que descreve a relação entre as medidas obtidas por análise de imagem e o PV.

por análise de imagem. Verificou-se uma significativa correlação (valores entre 0,887 para a medida b2 e 0,983 para a medida b1).

No final do período de crescimento foram abatidos 39 animais aos 9 meses e 21 animais aos 12 meses (Sacarrão-Birrento et al., 2022). Na Tabela 5.1 são apresentados a média e o desvio padrão das medidas biométricas dos animais abatidos aos 9 e 12 meses.

Tabela 5.1. Medidas biométricas de machos Arouqueses com 9 (n=39) e 12 (n=21) meses de idade.

Medidas biométricas (cm)	Sigla	Idade ao abate	
		9 meses	12 meses
Altura à cernelha	a1	107,80 ± 4,77	114,97 ± 5,50
Altura à inserção da cauda	ANC	113,80 ± 5,62	121,18 ± 6,32
Altura do peito	a4	54,45 ± 3,45	60,34 ± 3,07
Largura do tronco	c1	34,44 ± 3,91	40,72 ± 2,30
Largura bi-ilíaca	c2	35,69 ± 3,08	40,34 ± 2,67
Largura bi-isquiática	c3	23,71 ± 2,78	28,22 ± 2,21
Largura coxo-femural	LCF	35,96 ± 3,53	40,50 ± 2,39
Comprimento escapulo-isquial	b1	130,40 ± 9,55	142,93 ± 7,18
Comprimento da garupa	b2	42,47 ± 2,90	45,69 ± 2,87
Perímetro torácico	d1	149,82 ± 9,41	163,81 ± 9,60

5.3. Conclusões

Há uma forte capacidade para estimar o PV tanto a partir de medidas biométricas convencionais como a partir da análise de imagem, o que abre a possibilidade de criar uma fita biométrica de estimativa do peso vivo específica para a raça Arouquesa. Por outro lado, quando se considera a análise de imagem, é possível encontrar um modelo com precisão e rigor para estimativa do PV, mas sem necessidade de conter e conduzir os animais. O desenvolvimento de metodologias de análise automática das imagens alarga o valor das técnicas baseadas na imagem tornando todo o procedimento mais simples e rápido.

Referências

- 1– Crews Jr, D. H. (2005). Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: a review. *Genetics and molecular research: GMR*, 4(2), 152-165.
- 2– NRC. (2000). Nutrient Requirements of Beef Cattle; National Research Council: Washington, DC, USA.
- 3– Dohmen, R., Catal, C., & Liu, Q. (2022). Computer vision-based weight estimation of livestock: a systematic literature review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 65(2-3), 227-247.
- 4– Quaresma, M., Bacellar, D., Leiva, B., & Silva, S. R. (2019). Estimation of live weight by body measurements in the Miranda donkey breed. *Journal of Equine Veterinary Science*, 79, 30-34.
- 5– Dickinson, R. A., Morton, J. M., Beggs, D. S., Anderson, G. A., Pyman, M. F., Mansell, P. D., & Blackwood, C. B. (2013). An automated walk-over weighing system as a tool for measuring liveweight change in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4477-4486.
- 6– Tzanidakis, C., Tzamaloukas, O., Simitzis, P., & Panagakis, P. (2023). Precision livestock farming applications (PLF) for grazing animals. *Agriculture*, 13(2), 288.
- 7– Ozkaya, S., & Bozkurt, Y. (2009). The accuracy of prediction of body weight from body measurements in beef cattle. *Archives Animal Breeding*, 52(4), 371-377.
- 8– Washaya, S., Bvirwa, W., & Nyamushamba, G. (2021). Use of body linear measurements to estimate live weight in communal beef cattle. *Journal of Environmental and Agricultural Studies*, 2(2), 11-20.
- 9– Heinrichs, A. J., Heinrichs, B. S., Jones, C. M., Erickson, P. S., Kalscheur, K. F., Nennich, T. D., ... & Cardoso, F. C. (2017). Verifying Holstein heifer heart girth to body weight prediction equations. *Journal of Dairy Science*, 100(10), 8451-8454.
- 10– Titterington, F. M., Knox, R., Buijs, S., Lowe, D. E., Morrison, S. J., Lively, F. O., & Shirali, M. (2022). Human–Animal Interactions with *Bos taurus* Cattle and Their Impacts on On-Farm Safety: A Systematic Review. *Animals*, 12(6), 776.
- 11– Le Cozler, Y., Allain, C., Xavier, C., Depuille, L., Caillot, A., Delouard, J. M., ... & Faverdin, P. (2019). Volume and surface area of Holstein dairy cows calculated from complete 3D shapes acquired using a high-precision scanning system: Interest for body weight estimation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104977.
- 12– Cominotte, A., Fernandes, A. F. A., Dorea, J. R. R., Rosa, G. J. M., La-

deira, M. M., Van Cleef, E. H. C. B., ... & Neto, O. M. (2020). Automated computer vision system to predict body weight and average daily gain in beef cattle during growing and finishing phases. *Livestock Science*, 232, 103904.

13– Wang, Y., Mücher, S., Wang, W., Guo, L., & Kooistra, L. (2023). A review of three-dimensional computer vision used in precision livestock farming for cattle growth management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 206, 107687.

14– Sacarrão-Birrento, L., Gomes, M. J., Silva, S. R., Silva, J. A., Moreira, D., Vieira, R., ... & Venâncio, C. (2022). Growth performance, carcass and meat traits of autochthonous Arouquesa weaners raised on traditional and improved feeding systems. *Animals*, 12(19), 2501.

6. Utilização da ultrassonografia em tempo real na avaliação *in vivo* de características da carcaça de bovinos

Severiano Silva, Maria José Gomes, Carlos Venâncio e José Carlos Almeida

6.1. Introdução

A necessidade de conhecer *in vivo* características da carcaça e da carne é fundamental em diversos campos da ciência animal com destaque para o melhoramento genético, a nutrição e a produção de carne. Esta necessidade tem conduzido ao longo dos anos, e com particular destaque na última década, à procura de métodos não destrutivos que possam ser utilizados para estimar as características da carcaça e da carne. A utilização de técnicas de imagem é uma das abordagens que tem merecido mais atenção. Têm sido avaliadas numerosas técnicas baseadas na imagem com destaque para a ultrassonografia em tempo real (UTR), a tomografia computadorizada, a ressonância magnética e a absorciometria de raios X de dupla radiação (1, 2). Destas técnicas de imagem, a UTR é reconhecidamente a que evidencia uma relação custo/benefício mais adequada, quer em situações de produção quer em situações de investigação. Como qualquer técnica utilizada na produção necessita de se mostrar robusta, fácil de utilizar, portátil, capaz de imagens precisas e de grande repetibilidade, ser de baixo custo e com boa aceitação pelo público, características que se verificam na UTR (3). A utilização da UTR para o melhoramento genético está, geralmente, ligada a associações de criadores onde se faz um trabalho sistemático de recolha de características da carcaça e da carne para selecionar os

reprodutores. Em relação à nutrição, o conhecimento da composição corporal e das suas variações com o crescimento, com o ciclo produtivo ou com o regime alimentar constitui o alvo de aplicação da UTR. A capacidade de seguir o mesmo animal ao longo do tempo representa um aspeto chave da UTR. No que respeita à produção de carne, a maioria dos trabalhos publicados nos últimos 30 anos visam a estimativa da composição das carcaças e da qualidade da carne. Para além disso, a capacidade da UTR em monitorizar o nível da gordura de acabamento e do marmoreado, permitindo determinar o ponto ótimo de abate, faz desta técnica uma ferramenta muito relevante para a precisão dos sistemas de produção de carne. Neste capítulo será apresentada uma nota sobre a evolução da UTR, a sua aplicação à produção de bovinos e sobre a sua utilização no projeto da raça Arouquesa.

6.2. Desenvolvimento da técnica de UTR

Os ultrassons foram descobertos no final do século XIX pelos irmãos Curie e aplicados de forma variada, mas com grande relevância na marinha de guerra. Paralelamente ao desenvolvimento militar, foram criados equipamentos para diagnóstico em medicina, que apresentaram desde logo grande potencial de aplicação à ciência animal em estudos *in vivo*. A possibilidade de discriminar tecidos e órgãos numa imagem constitui a base do enorme sucesso que a técnica atingiu na medicina e na ciência animal. Como foi referido, a sua aplicação à ciência animal tem tido vários alvos preferenciais sendo a avaliação da composição dos animais um dos mais importantes.

Um dos primeiros trabalhos de investigação com os ultrassons em bovinos foi realizado no final dos anos 50 (4). Mais tarde, Stouffer et al. 1961 (5) utilizaram um novo aparelho de modo B (Branson 1,6 MHz) para determinar a composição da carcaça a partir de medidas *in vivo* (área do músculo *Logissimus thoracis et lumborum* (LTL), espessura do LTL e comprimento do LTL. Ainda nos anos 60 do século XX, fizeram-se outros trabalhos com diferentes evoluções do mesmo

aparelho, mas com outras sondas (6, 7). Embora os resultados tenham sido encorajadores, só no final dos anos 70 e início dos anos 80 do mesmo século, é que se verifica um novo impulso na utilização dos ultrassons nos bovinos, com a utilização de novos aparelhos construídos especificamente para a aplicação à ciência animal, sendo os resultados mais consistentes e repetíveis (8). A partir dos anos 70 surgiram equipamentos mais sofisticados e que permitiram uma melhor interpretação dos tecidos observados. Nesta altura, a técnica era já vista com algum entusiasmo para a resolução do problema da estimativa da composição da carcaça ou da composição corporal nos animais vivos. Um equipamento marcante foi o Scanogram. Apresentado em 1969 por James Stouffer foi utilizado até final aos anos 80 (4). Esta longevidade ficou a dever-se à qualidade da imagem que permitia uma medição rigorosa da gordura subcutânea e de medidas do músculo LTL (Figura 6.1).

A partir da segunda metade da década de 80 há uma nova vaga de trabalhos com ultrassons, desta vez com aparelhos em tempo real geralmente resultantes da medicina humana, que desde logo mostraram ser versáteis na obtenção das imagens, no tipo e frequência das sondas e frequentemente na portabilidade. Estes aspetos de adequação à ciência animal contrastam muitas vezes com uma robustez que não é própria para as condições de ambiente da produção animal (3,10).

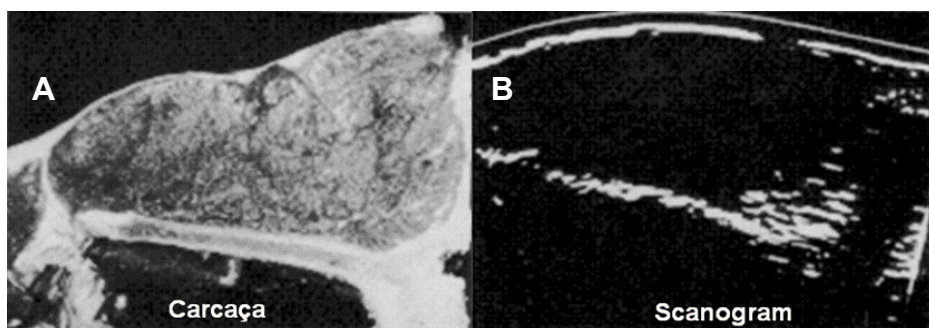


Figura 6.1. Imagem da carcaça (A) e imagem equivalente obtida pelo Scanogram (B) ao nível da 3ª vértebra lombar num bovino (9).

A década de 90 representou a consolidação da técnica de ultrassons como uma importante ferramenta para a obtenção de informação sobre característica da carcaça tendo por base imagens de boa qualidade, em que são facilmente identificadas as interfaces entre tecidos (Figura 6.2). Este aspeto, em paralelo com a evolução da análise das imagens de UTR, que por sua vez tem suporte no desenvolvimento dos computadores e sobretudo nos programas de análise de imagem, fazem com que a técnica seja atualmente apontada como uma técnica de referência para a obtenção de características da carcaça ou da composição corporal em animais vivos.

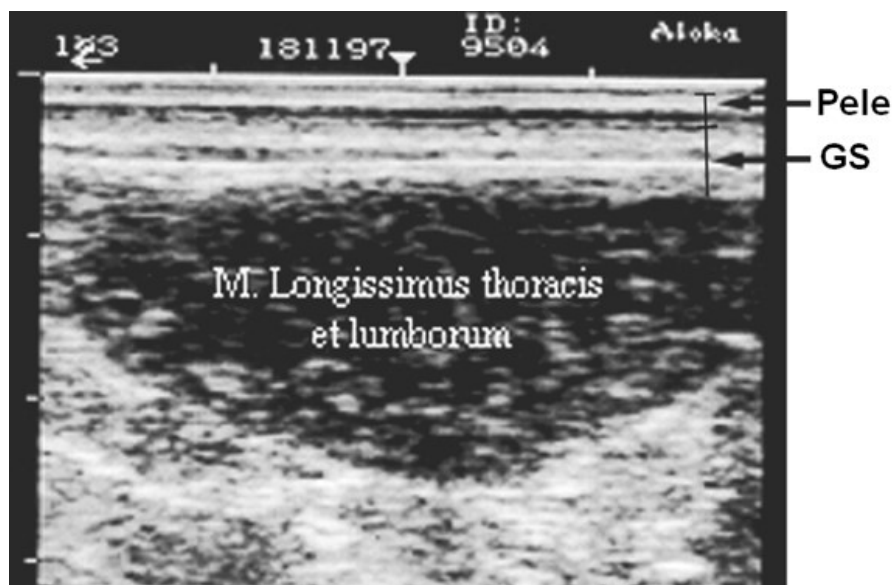


Figura 6.2. Imagem da região lombar entre as 3^a e 4^a vértebras lombares obtida por um aparelho UTR (Aloka SSD 500V equipado com uma sonda de 7,5 MHz). Notar a distinção clara entre gordura subcutânea (GS) e o músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (11).

6.3. A técnica de UTR em bovinos

A procura de medidas que, tomadas no animal vivo em pontos de referência relevantes permitem estimar de forma precisa a composição da carcaça, tem sido o objetivo de trabalho de numerosos autores (1, 8, 12). As medidas de músculo e de gordura mais testadas para estimar a composição da carcaça, em ovinos e bovinos, são as que estão relacionadas com o LTL (Figura 6.3). Este facto deve-se à utilização generalizada das medidas deste músculo e das camadas de GS que o cobrem, em trabalhos de avaliação da qualidade das carcaças. De um modo geral, verifica-se que as medidas relacionadas com o LTL utilizadas para a estimativa da composição da carcaça apresentam resultados significativos, embora se observe alguma variação entre os diversos autores. Além disso, este músculo é fácil de localizar e possui uma estrutura simples, características que são fundamentais para a fácil interpretação das imagens que se obtêm junto das vértebras, na região torácica e na região lombar (8). Adicionalmente, as estruturas ósseas nestas regiões são simples de identificar (palpação das costelas e apófises das vértebras) o que conduz a uma elevada repetibilidade nas medidas aí tomadas.

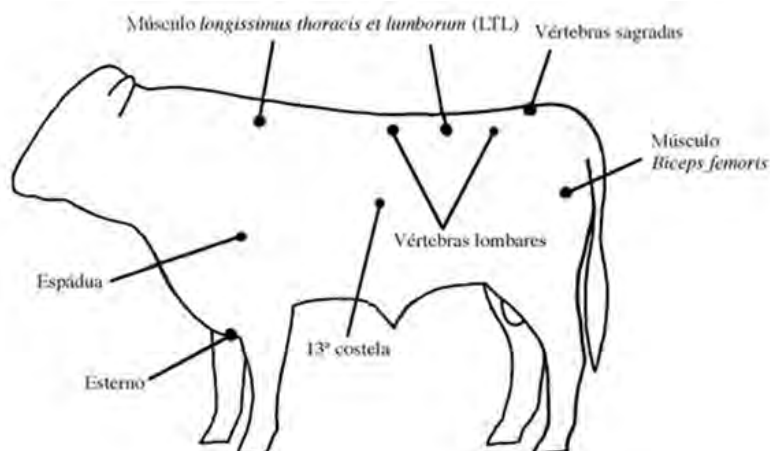


Figura 6.3. Representação da localização dos principais pontos anatômicos utilizados como base para os pontos de referência nas medições com ultrassom (8).

6.4. Determinação da espessura da gordura subcutânea e do músculo LTL

Há numerosos trabalhos que utilizaram com sucesso a UTR para determinar espessura da gordura subcutânea e do músculo LTL em bovinos (8, 10).

Para o projeto da Arouquesa foi utilizada a técnica de UTR para monitorizar a espessura da gordura subcutânea e da espessura do músculo LTL. Antes do abate foram capturadas imagens de UTR usando um equipamento de ultrassom SonoScape A6 equipado com uma sonda linear de 5 MHz. Os animais foram contidos individualmente numa balança para minimizar os movimentos e garantir que permanecessem numa postura semelhante (Figura 6.4). Em seguida, foi realizada palpação da região lombar para identificar com precisão o ponto referencial. A sonda foi colocada numa posição perpendicular

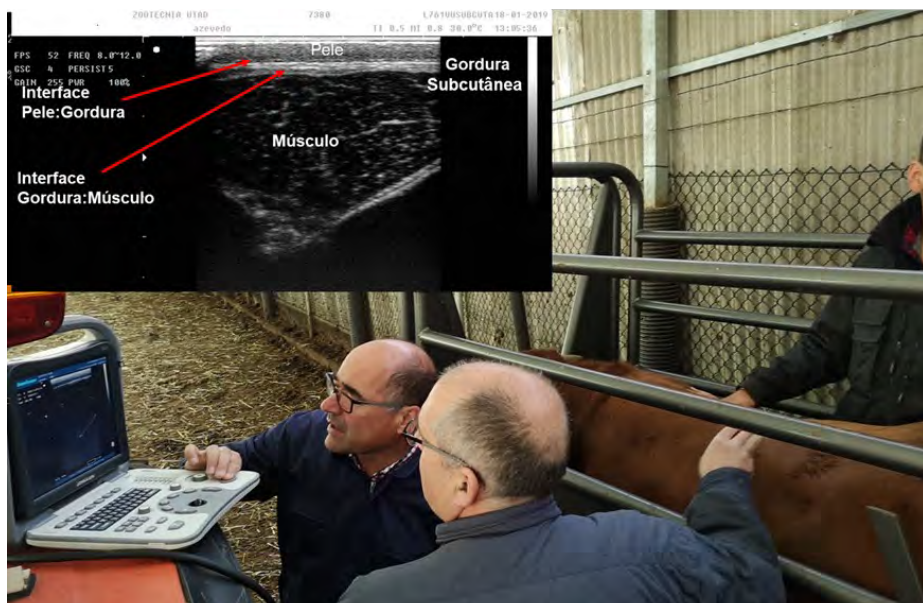


Figura 6.4. Realização da ultrassonografia na região lombar e exemplo de imagem ecográfica em que se indicam a pele, a gordura subcutânea e respetivas interfaces e ainda o músculo *Longissimus thoracis et lumborum*.

à coluna vertebral ao nível da segunda vértebra lombar. Para garantir o contacto acústico entre a sonda e pele foi utilizado gel próprio para ultrassonografia. As imagens de UTR foram capturadas e gravadas diretamente no ecógrafo para posterior análise. As imagens foram analisadas usando o programa Fiji (<http://fiji.sc/Fiji>, NIH, EUA) e determinadas as medidas de espessura da gordura subcutânea (EGS) e do músculo LTL (ELTL). Foram realizados abates de animais aos 9 meses (peso vivo de 262 ± 32 kg; $n=39$) e aos 12 meses (peso vivo de 318 ± 47 kg; $n=21$). Os valores obtidos de EGS foram de $5,9 \pm 1,7$ mm e $6,7 \pm 1,5$ mm e de ELTL foram de $58,3 \pm 4,9$ mm e $62,8 \pm 10,8$ mm, para os animais abatidos aos 9 e 12 meses, respetivamente. Foi também determinada a relação entre as medidas *in vivo* e as medidas equivalentes determinadas após o abate e verificou-se que tanto para a ELTL como para a EGS foram encontradas correlações significativas ($P < 0,01$) o que mede o rigor desta técnica (13). Os valores de correlação variaram entre 0,87 e 0,95 para a EGS e entre 0,69 e 0,96 para a ELTL (14).

6.5. Utilização de UTR para avaliar a gordura intramuscular em bovinos

Está bem documentado que a gordura intramuscular (IMF) ou marmoreado desempenha um papel importante na qualidade da carne (15). A IMF representa a gordura determinada quimicamente, enquanto o marmoreado está associado às partículas de tecido adiposo entre os feixes de fibras musculares (16). A monitorização da variação do IMF durante o crescimento e na fase de acabamento é possível com técnicas *in vivo* como a UTR (17, 18). Para avaliar a IMF com UTR tira-se partido do facto deste depósito de gordura apresentar partículas de forma irregular e dispersa no meio do músculo, o que faz com que o feixe de ultrassons se disperse aparecendo, nas imagens de UTR, como manchas com um nível de cinzento mais claro que coincidem com a IMF (19, 20; Figura 6.5).

A IMF e o marmoreado podem ser estimados utilizando técnicas de medição *in vivo* como a UTR (10), apresentando resultados com elevada precisão em diferentes espécies, nomeadamente, a bovina (18, 21; 22). Essa capacidade de prever a IMF e o marmoreado *in vivo* permite formular a dieta para a fase de acabamento e ajustar o momento de abate dos animais, tendo como objetivo obter carcaças com as características que são mais valorizadas pelos consumidores, o que é determinante quando se está a produzir carne diferenciada, com valor acrescentado, como é o objetivo dos criadores de bovinos de raça Arouquesa.

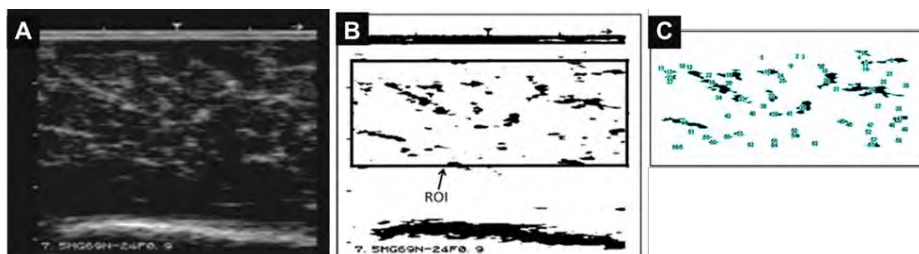


Figura 6.5. Exemplo de análise de uma imagem de UTR para determinação da IMF. A - imagem original de UTR; B - imagem após transformação numa escala de cinzentos de 8-bit, definição de região de interesse (ROI) e segmentação das partículas de IMF após aplicação de um limiar para o nível de cinzento da gordura e C - determinação numérica das partículas de IMF, adaptado de (20).

Referências

- 1– Scholz, M., Bünger, L., Kongsro, J., Baulain, U., & Mitchell, D., (2015). Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review. *Animal* 9, 1250–1264.
- 2– Silva, S., Guedes, C., Rodrigues, S., & Teixeira, A. (2020). Non-destructive imaging and spectroscopic techniques for assessment of carcass and meat quality in sheep and goats: A review. *Foods*, 9(8), 1074.
- 3– Silva, S. R., (2017). Use of ultrasonographic examination for in vivo evaluation of body composition and for prediction of carcass quality of sheep. *Small Ruminant Research*, 152 (2017): 144-157.
- 4– Silva, S. R., & Stouffer, J. R. (2019). Looking under the hide of animals. The history of ultrasound to assess carcass composition and meat quality in farm animals. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, 20, 523-535.
- 5– Stouffer, J. R., Wallentine, M. V., Wellington, G. H. & Diekmann, A. (1961). Development and application of ultrasonic methods for measuring fat thickness and rib-eye area in cattle and hogs. *Journal of Animal Science*, 20, 759-767.
- 6– Hedrick, H. B., Meyer, W. E., Alexander, M. A., Zobrisky, S. E., & Naumann, H. D., (1962). Estimation of rib-eye area and fat thickness of beef cattle with ultrasonics. *Journal of Animal Science*, 21, 362-365.
- 7– Brown, C. J., Temple, R. S., Ramsey, C. B. & Lewis, P. K., (1964). Ultrasonic and carcass measurements of young bulls. *Journal of Animal Science*, 23 (Suppl. 1), 847 (Abstr.).
- 8– Simm, G., (1983). The use of ultrasound to predict the carcass composition of live cattle- a review. *Animal Breeding Abstracts*, 51, 853-875.
- 9– Andersen, B. B., Busk, H., Chadwick, J. P., Cuthbertson, A., Fursey, G. A. J., Jones, D. W., Lewin, P., Miles, C. A. & Owen, M.G., (1983). Comparison of ultrasonic equipment for describing beef carcass characteristics in live cattle (report on a joint ultrasonic trial carried out in the UK and Denmark). *Livestock Production Science*, 10, 133-147.
- 10– Silva, S. R., & Cadavez, V.A.P., (2012). Real-time ultrasound (RTU) imaging methods for quality control of meats, in: Sun, D.W. (Ed.), *Computer Vision Technology in the Food and Beverage Industries*. Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 277–329.
- 11– Silva, S. R., Gomes, M. J., Dias-da-Silva, A. A., Gil, L. F., & Azevedo, J. M. T., (2005). Estimation in vivo of the body and the carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography. *Journal of Animal*

Science, 83, 350-357.

12– Duff, C. J., Van Der Werf, J. H. J., Parnell, P. F., & Clark, S.A. (2021). Comparison of two live-animal ultrasound systems for genetic evaluation of carcass traits in Angus cattle. *Translational Animal Science*, 5(1), txab011.

13– Hopkins, D. L., Ponnampalam, E. N., & Warner, R. D., (2008). Predicting the composition of lamb carcasses using alternative fat and muscle depth measures. *Meat Science*, 78, 400–405.

14– Sacarrão-Birrento, L., Gomes, M. J., Silva, S. R., Silva, J. A., Moreira, D., Vieira, R., ... & Venâncio, C. (2022). Growth Performance, Carcass and Meat Traits of Autochthonous Arouquesa Weaners Raised on Traditional and Improved Feeding Systems. *Animals*, 12(19), 2501.

15– Wood, J. V., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, Hughes S. I., & Whittington F. M., (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343–358.

16– Silva, S. R., Teixeira, A., & Fonti-Furnols, M., (2015). Intramuscular fat and marbling. Handbook of Reference Methods for the Assessment of Meat Quality Parameters; Font-i-Furnols, M., Candek-Potokar, M., Maltin, C., Prevolnik Povše, M., Eds, 12-21.

17– Williams, A. R., (2002). Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *Journal of Animal Science*, 80(E-suppl_2), E183-E188.

18– Beriain, M. J., Insausti, K., Valera, M., Indurain, G., Purroy, A., Carr, T. R., & Horcada, A., (2021). Effectiveness of using ultrasound readings to predict carcass traits and sensory quality in young bulls. *Computers and Electronics in Agriculture*, 183, 106060.

19– Whittaker, A. D., Park, B., Thane, B. R., Miller, R. K. & Savell, J. W. (1992). Principles of ultrasound and measurement of intramuscular fat. *Journal of Animal Science*, 70, 942-952.

20– Silva S. R., Patrício, M., Guedes, C. M., Mena, E., Silva, A., & Jorge V. S. A. (2010). Assessment of muscle longissimus thoracis et lumborum intramuscular fat by ultrasonography and image analysis. Proceedings of the 6th International Conference on Simulation and Modelling in the Food and Bio-industry, Bragança, Portugal, 211-215.

21– Aass, L., Fristedt, C. G., & Gresham, J. D., (2009). Ultrasound prediction of intramuscular fat content in lean cattle. *Livest. Sci.* 125, 177–186.

22– Fabbri, G., Giancesella, M., Gallo, L., Morgante, M., Contiero, B., Muraro, M., ... & Fiore, E., (2021). Application of ultrasound images texture analysis for the estimation of intramuscular fat content in the longissimus thoracis muscle of beef cattle after slaughter: A methodological study. *Animals*, 11(4), 1117.

7. Avaliação da qualidade da carcaça: conformação e nível de acabamento

Severiano Silva, Maria José Gomes, Carlos Venâncio e José Carlos Almeida

7.1. Introdução

A produção de carne representa um importante setor na União Europeia e no mundo, com uma tendência para crescimento e diversificação de produtos (1). Ao mesmo tempo, enfrenta importantes desafios que se relacionam com a sustentabilidade dos sistemas de produção, com o bem-estar animal (2, 3, 4) e com a alteração dos hábitos alimentares relativamente à carne em geral, e das carnes vermelhas em particular, com uma necessária tendência da redução do seu consumo (5). É neste quadro que a avaliação da qualidade e da composição da carcaça enfrenta o importante desafio de acrescentar valor ao produto e tornar os sistemas de produção mais eficientes (6, 7), o que vai ao encontro da otimização dos sistemas de produção conjugada com menores desperdícios (8).

A avaliação da qualidade e da composição da carcaça das diversas espécies de animais de produção não é uma preocupação recente, como mostram diversas referências que se situam na primeira metade do século XX, no entanto foi a partir do final dos anos 70 que surgiram ações para definir métodos e equipamentos para a avaliação da qualidade e da composição da carcaça de forma mais sistemática (9). Desde essa altura que tem havido uma enorme evolução na avaliação da qualidade e da composição da carcaça, tanto no espaço europeu como mundial, em resultado de uma organização cada vez mais profissional da fileira da produção de carne, do desenvolvimento tecnológico e da necessidade de valorizar as carcaças de forma diferenciada. De facto, existem atualmente diversas iniciativas para cumprir esse desafio, que será muito relevante nos sistemas de produção

intensivos, mas também nos sistemas extensivos como o que se pratica com a raça Arouquesa. Neste capítulo vamos analisar o sistema de EUROP e a sua aplicação às carcaças da raça Arouquesa e ainda apontar recentes avanços nos sistemas de classificação de carcaças.

7.2. Sistema de classificação morfológica EUROP

A avaliação da conformação dos animais e da carcaça tem sido realizada desde que o Homem começou o processo de domesticação. Todavia, só a partir dos anos 70 do século XX é que várias ações foram desenvolvidas para a classificação de carcaças bovinas como forma de aumentar o rigor no estabelecimento dos preços dentro e entre os países europeus (10), através do estabelecimento dos objetivos seguintes:

- I. aumentar a eficiência da cadeia, valorizando as carcaças com características compatíveis com um maior rendimento comercial;
- II. ir ao encontro dos interesses do consumidor, valorizando as carcaças com características compatíveis com carne de melhor qualidade intrínseca;
- III. promover a transparência no mercado através da criação de uma linguagem comercial comum associada a uma classificação estandardizada.

Para avaliar a qualidade das carcaças na EU foi criada a grelha de classificação EUROP (9). Esta grelha classifica uma carcaça de acordo com a sua conformação (forma) e com o grau de gordura de acabamento, numa escala alfa numérica. A combinação das notas de conformação e da gordura de acabamento determina a classificação da carcaça (EC 1208/1981). A conformação é avaliada através da observação da forma mais ou menos convexa do perfil das regiões da coxa, dorso e pá, sendo consideradas 5 classes expressas pelas letras EUROP (Figura 7.1) estando estas letras associadas, respetivamente, a carcaças classificadas como Excelentes, Muito Boas, Boas, Médias e Fracas. Existe a opção de usar uma classe adicional S (Superior) que é atribuída a carcaças com elevado desenvolvimento muscular como as que resultam de indivíduos das raças de dupla musculatura. A gordura de acabamento é avaliada em cinco atributos (Figura 7.2) que são frequentemente transformados numa escala numérica de 1 a 5, em que 1 representa uma carcaça muito magra e 5 uma carcaça muito gorda.

Há países que subdividem cada uma das categorias de conformação e gordura de acabamento em 3 subclasses para dar uma escala de 15x15. Para que a aplicação da grelha seja consistente, os classificadores têm uma formação avançada e são regularmente avaliados para manter o rigor da avaliação. As normas em toda a UE são mantidas por um painel de especialistas que visita cada país regularmente para verificar se a classificação está de acordo com os padrões da UE.

Em Portugal, como na maioria dos países da União Europeia, a qualidade da carcaça bovina é avaliada com base no tipo de animal, considerando o sexo, a idade, o peso da carcaça, bem como avaliação visual da conformação da carcaça (EUROP) e cobertura de gordura (11). Esta avaliação é também a que se realiza para as carcaças da raça Arouquesa. Da análise dos dados resultantes do projeto “Preservar a Qualidade na Carne Arouquesa” verificou-se que em 61 de 63 carcaças avaliadas foram classificadas

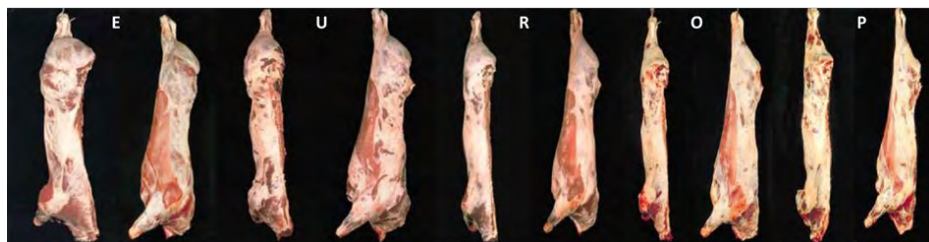


Figura 7.1. Padrão fotográfico de carcaças que ilustram a grelha de conformação EUROP, adaptado de (12).

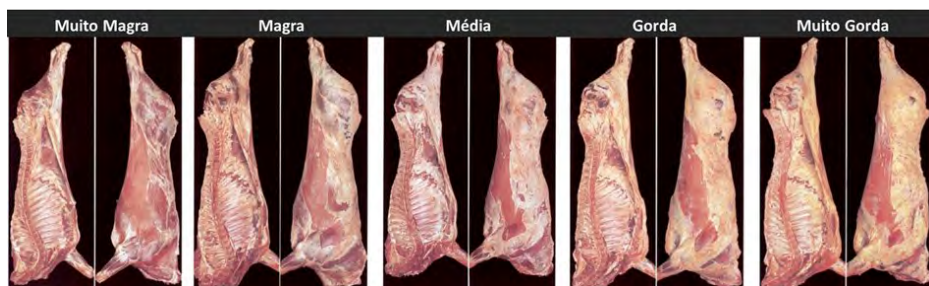


Figura 7.2- Padrão fotográfico de carcaças que ilustram a nível de gordura de acabamento, adaptado de (12).

como O e com um nível de gordura de 2 (Figura 7.3). As restantes carcaças foram classificadas como P. Estes resultados, apesar de serem de uma amostra limitada, são representativos das carcaças da raça Arouquesa e indicam que o sistema EUROP não permite discriminar as carcaças desta raça.

As características morfológicas da raça são dos fatores que mais determinam a conformação da carcaça de bovinos. Sendo a raça bovina Arouquesa caracterizada por ter um porte pequeno e morfologia a tender para a forma côncava, torna-se evidente que o sistema EUROP é muito limitado na capacidade de contribuir para uma valorização diferenciada das carcaças. A

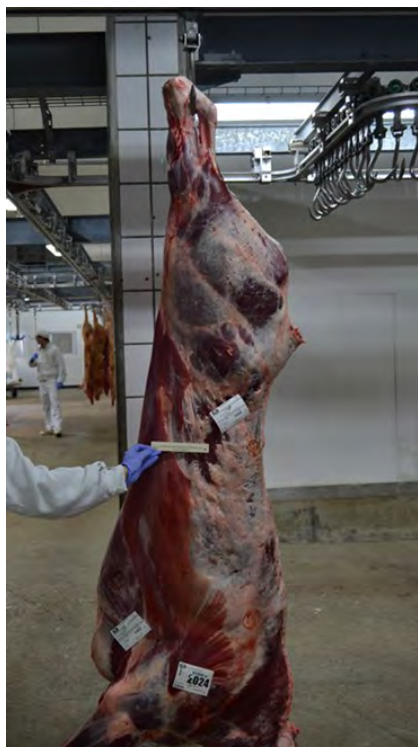


Figura 7.3. Imagem que ilustra um exemplar de carcaça da raça Arouquesa à qual foi atribuída a classificação de O2.

reforçar esta limitação junta-se o facto de, nos sistemas de criação da raça Arouquesa, a maior parte dos animais serem abatidos a uma idade jovem (menos de 12 meses de idade) quando o seu desenvolvimento corporal ainda está longe de estar completo. Esta limitação é igualmente reconhecida para outras raças autóctones portuguesas.

Diversos investigadores apontam a necessidade de incluir outros indicadores para além da conformação como o que tem sido praticado, por exemplo, pelo sistema Australiano (MAS) em que se avaliam também outros aspetos relacionados com o manejo dos animais, bem como atributos associados à qualidade da carne (13, 14). É certamente por isso que tem havido várias iniciativas no espaço europeu que visam encontrar indicadores robustos para estabelecer um sistema diferenciado de valorização das carcaças (15, 16, 17). Esta é a razão pela qual foram testados os mesmos protocolos de MSA e testada sua aplicabilidade para os consumidores de carne bovina na Europa (18).

7.3. Outros sistemas de avaliação

Como foi referido, o sistema EUROP apresenta limitações para uma avaliação diferenciada das carcaças e, tendo isso presente, o regulamento de classificação foi alterado para permitir o uso de sistemas mecânicos de classificação, desde que suficientemente precisos (EC 1215/2003).

Os sistemas que se baseiam na análise de imagem têm sido os mais utilizados. Estes sistemas geralmente designados de VIA (do Inglês - *video image analysis*) permitem uma avaliação das carcaças de forma objetiva, não destrutiva e não invasiva (17, 19). A tecnologia VIA envolve a obtenção de imagens de uma carcaça e o uso de um programa de análise de imagem para extrair dados como medições lineares, volumes, ângulos, curvaturas e cores (Figura 7.4), usando estes dados em modelos para prever a conformação e a classe de gordura de uma carcaça. Esta tecnologia tem tido muito sucesso e por isso há várias empresas que têm equipamentos a serem utilizados em matadouros na Europa e nos principais países produtores de carne de bovino.



A utilização de imagens tridimensionais acrescenta capacidade aos sistemas VIA e por isso recentemente foi apresentado um sistema composto por múltiplas câmaras que permitem obter imagens 3D das carcaças de bovinos (Figura 5).

Os sistemas VIA podem ser uma boa solução para a avaliação das carcaças da raça Arouquesa deste que sejam flexíveis e de reduzido custo. Do ponto de vista prático há um caminho a percor-

Figura 7.4. Imagem que ilustra a utilização de um sistema VIA com imagem bidimensional (esquerda) e imagem tridimensional com luz estruturada (direita) do sistema VBS 2000, adaptado de (17).

rer, mas com os equipamentos que atualmente estão disponíveis para a captura das imagens e a capacidade de análise das imagens com os programas abertos (open source) é realista pensar numa solução VIA capaz para a avaliação das carcaças de raças que não se enquadram no sistema EUROP e de reduzido efetivo como são quase todas as raças autóctones portuguesas.



Figura 7.5. Imagem que ilustra o conjunto de câmaras do sistema BCC3 que permitem obter imagens 3D das carcaças à velocidade da uma linha de abate, adaptado de (20).

Referências

- 1- Grasso, S., & Goksen, G. (2023). The best of both worlds? Challenges and opportunities in the development of hybrid meat products from the last 3 years. *LWT*, 173, 114235.
- 2- Kumar, P., Abubakar, A. A., Verma, A. K., Umaraw, P., Adewale Ahmed, M., Mehta, N., ... & Sazili, A. Q. (2022). New insights in improving sustainability in meat production: opportunities and challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-29.
- 3- Parlasca, M. C., & Qaim, M. (2022). Meat consumption and sustainability. *Annual Review of Resource Economics*, 14, 17-41.
- 4- de Boer, J., & Aiking, H. (2022). Considering how farm animal welfare concerns may contribute to more sustainable diets. *Appetite*, 168, 105786.

- 5- González, N., Marquès, M., Nadal, M., & Domingo, J. L. (2020). Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidences. *Food Research International*, 137, 109341.
- 6- Buller, H., Blokhuis, H., Lokhorst, K., Silberberg, M., & Veissier, I. (2020). Animal welfare management in a digital world. *Animals*, 10, 1–12. <https://doi.org/10.3390/ani10101779>
- 7- Rovelli, G., Ceccobelli, S., Perini, F., Demir, E., Mastrangelo, S., Conte, G., Abeni, F., Marletta, D., Ciampolini, R., Cassandro, M., Bernabucci, U., & Lasagna, E. (2020). The genetics of phenotypic plasticity in livestock in the era of climate change: a review. *Italian Journal of Animal Science*, 18, 997–1014. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1809540>
- 8- Wirsenius, S., Azar, C., & Berndes, G. (2010). How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? *Agricultural Systems*, 103, 621–638.
- 9- Allen, P. (2007). New methods for grading beef and sheep carcasses. *Publication-European Association for Animal Production*, 123, 39-47.
- 10- Fisher, A. (2007). Beef carcass classification in the EU: an historical perspective. *Publication-European Association for Animal Production*, 123, 19-30.
- 11- Polkinghorne, R. J., & Thompson, J. M. (2010). Meat standards and grading. A world view. *Meat Science*, 86, 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.010>
- 12- Anónimo, 2020. Beef Carcass Classification Scheme. Guidance on dressing specifications and carcase classification. *Rural Payments Agency*. 22pp.
- 13- Hocquette, J., Ellies-Oury, M., Lherm, M., Pineau, C., Deblitz, C. & Farmer, L. (2018). Current situation and future prospects for beef production in Europe - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31, 968–975. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0201>
- 14- Pogorzelski, G., Woźniak, K., Polkinghorne, R., Półtorak, A., & Wierzbicka, A. (2020). Polish consumer categorisation of grilled beef at 6 mm and 25 mm thickness into quality grades, based on Meat Standards Australia methodology. *Meat Science*, 161, 7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107953>
- 15- Hocquette, J. F., Legrand, I., Jurie, C., Pethick, D. W., & Micol, D. (2010). Perception in France of the Australian system for the prediction of beef quality (Meat Standards Australia) with perspectives for the European beef sector. *Animal Production Science*, 51(1), 30-36.
- 16- Verbeke, W., Van Wezemael, L., de Barcellos, M. D., Kügler, J. O., Hocquette, J. F., Ueland, Ø., & Grunert, K. G. (2010). European beef consumers' interest in a beef eating-quality guarantee. Insights from a qualitative study in four EU countries. *Appetite*, 54, 289–296. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2009.11.013>

- 17- Craigie, C. R., Navajas, E. A., Purchas, R. W., Maltin, C. A., Bünger, L., Hoskin, S. O., Ross, D. W., Morris, S. T., & Roehe, R. (2012). A review of the development and use of video image analysis (VIA) for beef carcass evaluation as an alternative to the current EUROP system and other subjective systems. *Meat Science*, 92, 307–318. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.05.028>
- 18- Hocquette, J. F., Ellies-Oury, M. P., Legrand, I., Pethick, D., Gardner, G., Wierzbicki, J., ... & Polkinghorne, R. (2020). Research in beef tenderness and palatability in the era of big data. *Meat and Muscle Biology*, 4(2).
- 19- Scholz, A. M., Bünger, L., Kongsro, J., Baulain, U., & Mitchell, A.,D. (2015). Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: Dual energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: Invited review, *Animal* 9, 1250–1264.
- 20- Frontmatec. (2020). Beef Classification Center, *BCC-3TM*. <https://www.frontmatec.com/en/other/instruments/carcass-grading-traceability/beef-classification-center-bcc-3>

8. O bem-estar animal na criação de vitelos Arouqueses

Mariana Caipira Lei, Pedro Valentim, Madalena Vieira-Pinto, José Carlos Almeida, Severiano Silva e Carlos Venâncio

A termografia de infravermelhos permite a avaliação imediata de reações de stresse de forma não invasiva.

O bem-estar animal (BEA) é um conceito complexo e difícil de definir que representa um compromisso crescente na salvaguarda de boas condições de vida dos animais por parte de todos os envolvidos na sua criação, desde os detentores/tratadores até ao seu abate. Neste sentido, tem-se verificado em todo o setor pecuário e em particular na cadeia de produção de carne de bovino um aumento da consciencialização sobre garantir e promover as melhores práticas de manejo de forma a garantir o BEA destes animais.

Apesar das exigências legislativas relativas ao BEA, que no espaço da União Europeia são das mais avançadas do Mundo, é imperativo aumentar a transparência sobre as condições de bem-estar em que se encontram os animais para melhorar a confiança da sociedade na sua aplicação. Estas preocupações levaram à criação de sistemas de avaliação do BEA e com base nestes a processos de certificação, sendo o mais conhecido o que resulta da aplicação dos protocolos desenvolvidos pelo projeto Welfare Quality.

O protocolo de BEA Welfare Quality® prevê uma abordagem em que é feita a avaliação e o registo de diferentes indicadores com

base no animal ou nas condições envolventes (1). A informação recolhida através desses indicadores é posteriormente convertida e agrupada em diferentes critérios que, por sua vez, refletem os quatro princípios fundamentais, relacionados com o conceito das cinco liberdades: a boa alimentação, o bom alojamento, a boa saúde e o comportamento adequado com a ausência de estados emocionais negativos (Figura 8.1). A definição dos melhores indicadores de BEA que sejam válidos, fidedignos e exequíveis é um desafio constante e dinâmico tendo por base a evolução do conhecimento científico. Para além disso, a aplicação dos protocolos de avaliação é um processo exigente que necessita de tempo para verificação e não é de fácil adequação à realidade das pequenas explorações como é típico na Raça Arouquesa. O sistema de criação nesta raça, como descrito anteriormente no capítulo 2, mostra que os animais são mantidos, de uma forma geral, em condições de BEA, percepção esta, que pode justificar escassearem informações sobre a sua caracterização. Assim, neste trabalho, procuramos fazer algumas considerações sobre as observações das condições particulares que intervêm no BEA na criação dos vitelos Arouqueses, quer sejam positivas ou sejam passíveis de acarretar riscos. Para além disso, apresentamos a testagem da alteração da temperatura ocular medida, por termografia de infravermelhos (IRT), como indicador de uma resposta a situações de stresse dos animais durante intervenções de manejo na exploração.

As normas mínimas de proteção dos vitelos são enquadradas pela Diretiva do Conselho Europeu 2008/119/CE, nomeadamente sobre as condições de instalações/alojamento, alimentação e cuidados a ter no seu manejo (2).

O sistema de criação dos vitelos Arouqueses, como descrito previamente, apresenta várias particularidades que não são encontradas nos sistemas de criação mais frequentes de produção de carne. É de destacar o facto de estarmos perante efetivos de reduzida dimensão onde os vitelos são separados das mães durante o dia,

ficando no estábulo, enquanto as vacas vão para o pastoreio e onde também se pratica o desmame natural. O sistema de criação existente deve-se à evolução pragmática para o melhor aproveitamento dos recursos em montanha e, assim, proporcionar as melhores condições de proteção dos vitelos contra as condições climáticas frequentemente desfavoráveis.



Figura 8.1. Quatro princípios e doze critérios utilizados como diretrizes para a avaliação do bem-estar animal de acordo com o projeto Welfare Quality®, adaptado de (1).

A nível das instalações, encontramos maioritariamente as típicas e ancestrais construções de pedra, com paredes de considerável largura. A prática comum é fazer as camas diariamente com o mato ou os restos de feno sobrantes, ficando desta forma garantida a higiene (impedindo a acumulação de sujidade e controlando a presença de insetos) e também o conforto térmico dos vitelos com im-

pacto positivo direto na sua saúde. Cada animal tem normalmente à sua disposição uma manjedoura e bebedouro, estando livre de amarras, de acordo com o que a legislação recomenda (2). Contudo, particular atenção deve ser dada não só às condições de ventilação, de forma a que sejam sempre as adequadas para permitir a renovação de ar com eliminação de odores e humidade; à iluminação, que deve ser suficiente (equivalente à luz natural, geralmente entre as 9 e 17 h) para evitar períodos prolongados de obscuridade.

Para além disso, o risco de elevada densidade de animais nos parques (área mínima de 1,5 m² por cada 150 kg de peso vivo) é reduzido. Pelo contrário, existem condições para que os animais se possam movimentar e expressar os seus comportamentos naturais, sendo fator de risco o isolamento social destes animais, nomeadamente nas explorações com efetivos pequenos. Este aspeto é merecedor de atenção já que os bovinos são animais sociais que devem poder interagir com os seus pares e não apenas com a mãe ou com o produtor.

O desmame ocorre, geralmente, de forma natural, quando os vitelos têm 8-9 meses de idade, como resultado de uma diminuição da produção de leite e de uma perda de interesse mútuo entre vaca e cria. Mesmo em situações onde o desmame ocorre mais cedo, raramente acontece antes dos 5-6 meses de idade, pelo que não é causa de stresse já que nessa idade o vitelo consegue ingerir, de forma consolidada, alimentos sólidos em quantidade adequada às suas necessidades.

As melhores práticas de nutrição são fundamentais para o crescimento dos vitelos e retorno económico e já foram apresentadas anteriormente. Uma insuficiente adequação nutricional pode ser avaliada pela condição corporal, que se faz pela observação do animal, dando especial atenção aos pontos indicados na Figura 8.2, ou seja, as bases ósseas devem estar parcialmente identificáveis numa condição corporal ideal (1).

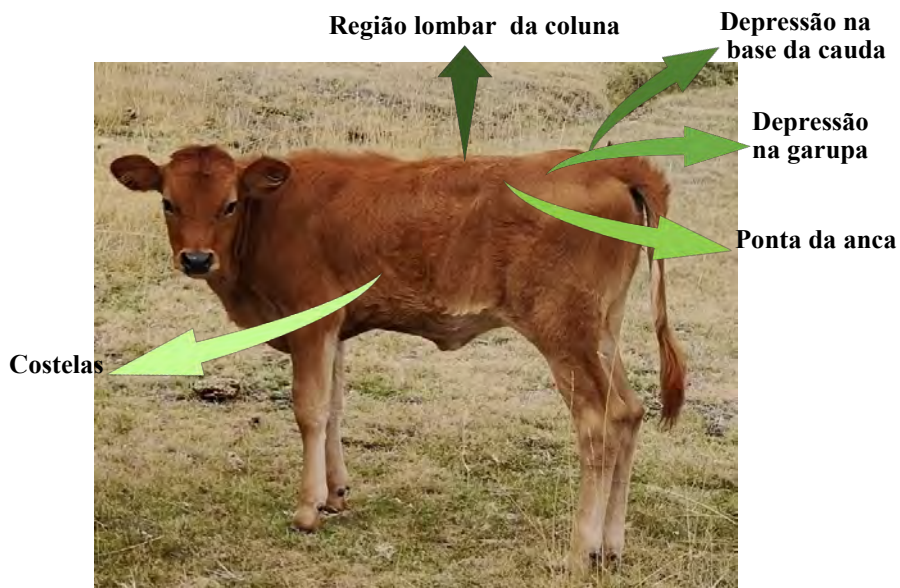


Figura 8.2. Regiões anatômicas a observar para avaliação da condição corporal, adaptado de (1).

Os vitelos são sempre inspecionados, pelo menos, duas vezes por dia pelos seus detentores. Nesses momentos, será importante reconhecer alterações que possam ser sinais de doença ou dor, para que sejam tratados, evitando atempadamente desconforto, sofrimento ou dor (3). Especial atenção deve ser dada no período após o parto, debilitante tanto para o vitelo como para a vaca, e no desmame, que pode ser debilitante para o vitelo. Um animal saudável deve reunir todos os aspetos indicados na figura 8.3.

Outros comportamentos também são motivo de preocupação e devem servir de alerta para o estado de saúde dos vitelos: vocalizações sem separação da mãe ou companheiros, mutilações, perda de apetite, sudação excessiva, postura defensiva e outras atitudes ou comportamentos anormais. Perante sinais de doença ou dor, é importante receber, de imediato, os adequados cuidados Médico

Veterinários.

Na manutenção do estado de saúde deve ser previsto e executado um adequado plano de biossegurança, higienização, desparasitação, rastreio sanitário e vacinação. Estes aspetos ganham ainda mais relevância quando se introduzem animais novos ao efetivo ou quando os animais são submetidos a um período de quarentena.

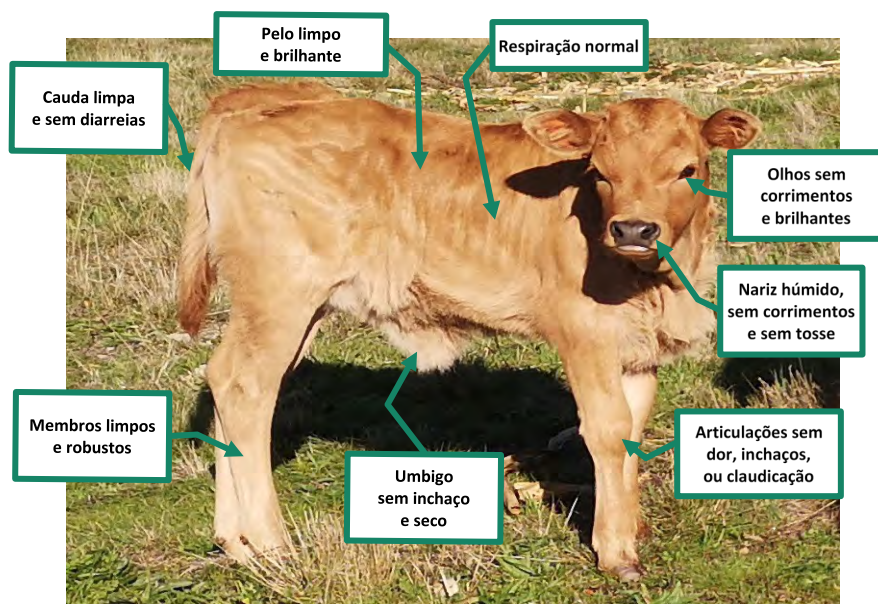


Figura 8.3. Locais de observação nos vitelos para controlo de alterações, adaptado de (3).

A nível da expressão dos comportamentos naturais, para além do risco de isolamento social já referido anteriormente, devemos ter em atenção os comportamentos agressivos e a necessidade de uma reorganização das hierarquias sociais sempre que ocorre a introdução de novos animais. Para além disso, deve existir sempre uma adequada relação humano-animal, respeitando a natureza própria do

animal e manipulando-o sempre de forma calma, segura e controlada. Atitudes positivas dos humanos levam a uma redução do medo e à melhoria dos seus comportamentos, facilitando qualquer operação que seja necessária realizar posteriormente, como a condução e contenção necessárias para as diferentes operações de manejo. Nesta raça podemos encontrar desde animais muito dóceis, por serem diariamente manipulados, até animais que se afastam de qualquer aproximação quando o contacto com os humanos é pouco frequente.

Neste projeto, pretendemos testar novas metodologias para avaliar o BEA em situações que possam perturbar o animal. A existência de situações de stress é, sem dúvida, um fator que deve ser evitado. Assim, tivemos como objetivo verificar a viabilidade de utilizar as alterações de temperatura ocular detetados por Termografia por Infravermelhos (IRT) como indicador de resposta ao stress. A IRT é uma técnica não invasiva capaz de mapear as alterações de temperatura emitidas pela superfície do corpo. Esta metodologia apresenta várias vantagens e inconvenientes que estão apresenta-

Tabela 8.1. Resumo de algumas das vantagens e limitações da utilização da IRT nos animais (4, 5, 6).

dos bela	Vantagens	Limitações	na ta- 8.1.
	Executada à distância e com elevada sensibilidade	Influenciada por factores climáticos	
Não invasiva para o animal	Ainda sem valores de referência		
Aquisição instantânea da imagem	Investimento inicial		
Segura	Não informa sobre a gravidade ou etiologia de doenças		
Regista dados individualmente ou em grupo e com potencial para automatizar	Pode exigir uma análise posterior das imagens		

A escolha da região ocular deve-se ao facto de não apresentar pelo e ser provida de uma densa rede de capilares inervada por fibras do sistema nervoso simpático, permitindo que estes capilares respondam a um estímulo stressante ou nocivo (7, 8).

Para o efeito, utilizamos uma câmara termográfica de infravermelhos FLIR 8 (FLIR Systems AB, Sweden) e testamos a utilização da IRT ocular em três situações onde a condução/contenção são necessárias ocorrer na Raça Arouquesa (pesagem dos vitelos, intervenção sanitária nos vitelos e intervenção sanitária nas vacas).

Os resultados observados neste estudo permitem concluir que existe uma boa correlação entre a IRT e a temperatura rectal (avaliada por termómetro), tendo permitido constatar que as pesagens e os procedimentos de contenção nas intervenções sanitárias, tanto em vitelos como em vacas, induzem um aumento da temperatura ocular máxima na avaliação por IRT (Figura 8.4), o que é indicativo de uma resposta a uma situação de stress. Deste modo, podemos propor esta metodologia, considerada não invasiva, para a avaliação em "real time" de possíveis alterações ao bem-estar dos animais e, desta forma, permitir implementar medidas corretivas eficazes para corrigir o seu impacto.

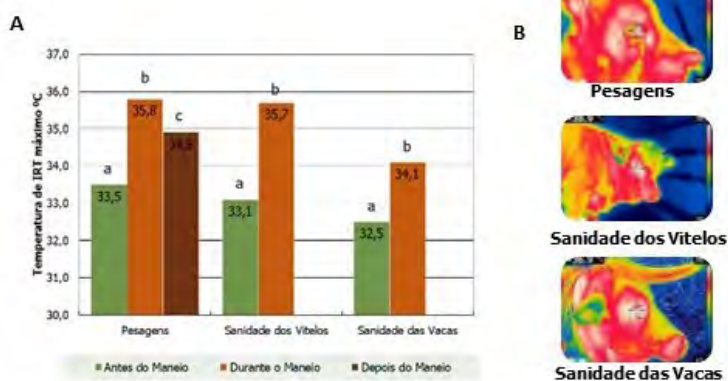


Figura 8.4. Resultados da avaliação da termográfica ocular em situações de manejo (A) e exemplo das imagens obtidas (B).

Referências

- 1- Welfare Quality® (2009). Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Welfare Quality®. Consortium, Lelystad, Netherlands.
- 2- Diretiva do Conselho Europeu 2008/119/CE de 18 de Dezembro de 2008 relativa às normas mínimas de protecção dos vitelos.
- 3- National Farm Animal Care Council (2017). Code of Practice for the Care and Handling of Veal Cattle. Ontario: Canadian Veal Association.
- 4- Cuthbertson, H., Tarr, G., Loudon, K., Lomax, S., White, P., McGreevy, P., . . . Gonzalez, L.A. (2020). Using infrared thermography on farm of origin to predict meat quality and physiological response in cattle (*Bos Taurus*) exposed to transport and marketing. *Meat Science*. 169.
- 5- Usamentiaga, R., Venegas, P., Guerediaga, J., Vega, L., Molleda, J., & Bulnes, F.G. (2014). Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing. *Sensors*. 14(7): p. 12305-12348.
- 6- Rekant, S.I., Lyons, M.A., Pacheco, J.M., Arzt, J., & Rodriguez, L.L. (2016). Veterinary applications of infrared thermography. *American Journal of Veterinary Research*. 77(1): p. 98-107.
- 7- Zhang, C., Xiao, D., Yang, Q., Wen, Z., & Lv, L. (2020). Review: Application of Infrared Thermography in Livestock Monitoring. *Transactions of the Asabe*. 63(2): p. 389-399.
- 8- Mota-Rojas, D., Pereira, A.M.F., Wang, D., Martinez-Burnes, J., Ghezzi, M., Hernandez-Avalos, I., . . . Geraldo, A.M. (2021). Clinical Applications and Factors Involved in Validating Thermal Windows Used in Infrared Thermography in Cattle and River Buffalo to Assess Health and Productivity. *Animals (Basel)*. 11(8).

9. Avaliação do stresse dos vitelos Arouqueses no transporte para o matadouro

Mariana Caipira Lei, Luís Félix, Severiano Silva, Sandra Mariza Monteiro, António Silva e Carlos Venâncio

*Entre a multiplicidade de fatores passíveis de provocar stresse, físico e psicológico, são de destacar, o contacto com a novidade, ...
... a colheita de saliva é uma técnica fácil e não invasiva que permite avaliar os marcadores de stresse ...*

O transporte dos bovinos para o matadouro é considerado uma fase crítica no processo produtivo da carne, pois muitos são os fatores que, comprovadamente podem condicionar o bem-estar dos animais. A preocupação com o cumprimento do bem-estar animal (BEA) é transversal a todos os envolvidos. Na União Europeia, as normas regulamentares para o BEA no transporte são das mais exigentes a nível mundial, suportadas pela crescente atenção dos consumidores (opinião pública) relativamente ao seu cumprimento e pelos produtores, conhecedores de que problemas no BEA comprometem a qualidade da carne. O investimento feito nos veículos, na formação dos operadores envolvidos no transporte dos animais e na aplicação de práticas mais adequadas tem sido considerável.

Na Raça Bovina Arouquesa, a exemplo de outras raças autóctones, a maioria da carne com Denominação de Origem Protegida tem origem em vitelos que são transportados para o matadouro ao desmame, entre os 8 e 9 meses de idade. O rigoroso cumprimento da legislação em vigor e a procura das melhores práticas são preocupações demonstradas pelos intervenientes, para garantir o BEA ao longo de toda a cadeia produtiva e obtenção de carne de elevada

qualidade. Ainda assim, as diferentes fontes de stresse que podem afetar os animais durante o transporte, apesar de conhecidas, nem sempre são fáceis de evitar, pelo que este fenómeno não deve ser menosprezado. Para além disso existe a necessidade de melhores indicadores de BEA, baseados nas respostas animais, que sejam válidos, fidedignos e facilmente utilizáveis (1). Assim, neste capítulo serão sumariamente descritos os principais fatores que podem ser condicionadores do BEA, referindo aqueles que, na nossa opinião, necessitam de maior cuidado para evitar o stresse dos vitelos Arouqueses durante o transporte. Apresentamos ainda a possibilidade de realizar uma avaliação da resposta ao stresse por marcadores laboratoriais colhidos na saliva.

Para facilitar a sistematização dos procedimentos, o transporte pode ser dividido nas etapas de preparação, carregamento e descarregamento, a viagem e as pausas. O transporte é uma atividade de elevado risco de indução de stresse, com origem complexa e multifatorial. Entre a multiplicidade de fatores passíveis de provocar stresse, físico e psicológico, são de destacar: o contacto com a novidade, com espaços/veículos e sons desconhecidos, animais estranhos, manipulação por pessoas estranhas, entre outros (Tabela 9.1). Estes fatores, que frequentemente ocorrem no início do transporte, desencadeiam um estado de ansiedade, medo e stresse que podem condicionar toda a restante manipulação e estado geral, pelas alterações comportamentais e agitação a que podem estar associadas. Estes aspetos são particularmente importantes em animais jovens, como os vitelos Arouqueses, pelo incompleto desenvolvimento funcional dos seus mecanismos fisiológicos de defesa e adaptação (2).

Assim, tendo por base as normas do Regulamento (CE) n.º 1/2005 do Conselho, de 22 de Dezembro de 2004 (3), vamos em cada uma das etapas do transporte dos vitelos Arouqueses para o matadouro, apresentar alguns dos riscos e das medidas aplicáveis de forma a prevenir ou diminuir as condições de stresse.

O planeamento do transporte e a sua preparação deverá ser a

primeira etapa, crucial para o sucesso de todo o processo. De acordo com o descrito para a realidade existente no sistema de criação da Raça Arouquesa (capítulo 2), esta etapa é ainda mais exigente. Tendo presente que com alguma frequência são encontradas dificul-

Tabela 9.1. Consequências para o BEA dos fatores de stresse mais relevantes durante as etapas de transporte, adaptado de (4).

Fatores de stresse	Consequência ou efeitos	Etapas do transporte			
		Preparação	Carga e descarga	Viagem	Pausas
<i>Manipulação</i>	Estados emocionais negativos como angústia/stresse ou desconforto.	X	X		X
<i>Lesões</i>	Dor ou desconforto devido a traumas físicos ou lesão anterior.		X		
<i>Agrupamento</i>	Dor, medo e/ou frustração por interações negativas ou agressivas.	X			X
<i>Sobre-estimulação sensorial</i>	Medo ou desconforto por alterações visuais, auditivas, olfativas ou tácteis.		X	X	X
<i>Temperaturas elevadas</i>	Angústia, stresse, desconforto e/ou estados emocionais negativos.		X	X	
<i>Movimento do veículo</i>	Indisposição, stresse e/ou cansaço físico para manter a postura e equilíbrio.			X	
<i>Fome prolongada</i>	Desejo de alimento podendo conduzir a um estado de fraqueza.			X	X
<i>Sede prolongada</i>	Desejo de água podendo conduzir à desidratação			X	X
<i>Alterações respiratórias</i>	Desconforto, dor ou falta de ar.			X	
<i>Sem condições de descanso</i>	Desconforto e/ou frustração por não se deitar ou dormir confortavelmente, fadiga.			X	
<i>Restrição de movimento</i>	Dor, medo, desconforto ou frustração por ser incapaz de se mover livremente, ou de andar confortavelmente.			X	

dades intransponíveis para planificar de acordo com o que seria uma situação ideal e desejável.

De acordo com todas as recomendações, podemos enumerar que: o transporte é efetuado em veículos e por manipuladores previamente autorizados e certificados; os condutores são experientes e conhecedores dos percursos a realizar; a densidade nos carregamentos é sempre considerada baixa, escolhendo a dimensão do veículo ou utilizando dois veículos, de forma a disponibilizar uma área de 0,4 a 0,7 m² ou 0,95 a 1,3 m² por animal, considerando vitelos arouqueses pesados (aproximadamente 200 kg) ou bovinos médios (aproximadamente 325 kg), respetivamente; a temperatura do veículo encontra-se dentro dos limites de conforto dos vitelos e é garantida a adequada ventilação; na região, as temperaturas são normalmente aceitáveis e em dias em que sejam elevadas, os horários de transporte são ajustados para o período em que sejam mais apropriadas ao transporte dos bovinos.

Contudo, destacamos as seguintes condições a merecer maior atenção: o transporte dos animais da raça Arouquesa é realizado para um matadouro localizado a uma distância média de 60 km do solar da Raça; os criadores estão maioritariamente situados nas encostas montanhosas, pelo que o percurso é feito por estradas sinuosas e com declives acentuados; a duração da viagem pode demorar para alguns animais 6-7 horas, sem ser uma viagem longa, não seria expectável dada a distância ao matadouro; .

Para além disso, outro aspeto a considerar de extrema importância na realização do transporte é o pequeno número de animais por exploração. Este aspeto exige que sejam recolhidos animais de vários locais para rentabilizar os custos, por isso, as recolhas são planeadas entre as explorações mais próximas de forma a diminuir o tempo de viagem, e os animais a incluir nessas recolhas sejam de condição semelhante. No veículo, existe a possibilidade de realizar a sua separação por lotes de acordo com o seu tamanho e sexo. Também acontece existirem animais que foram criados isoladamente e menos familiarizados com o contacto humano, neste caso será

necessário a sua separação dos restantes, pois são um dos fatores que aumenta o stresse e medo, podendo assim gerar agressividade (5).

Geralmente, a viagem para o matadouro é um acontecimento único na vida dos vitelos Arouqueses, pois na sua maioria sempre foram mantidos nos estábulos pelos criadores, sem existir a necessidade de deslocações. O contacto que existe diariamente entre os criadores e os vitelos é para os alimentar ou na preparação das camas, ao contrário do que acontece com as vacas em que existe uma maior interação ao levar e recolher da pastagem. Desta forma, a preparação dos animais para o transporte deve acontecer o mais cedo possível, nos dias ou semanas anteriores para reduzir os efeitos da novidade quando se iniciar o carregamento. Será por isso recomendado reforçar algumas práticas que poderão ter um efeito benéfico, como seja o contacto com o criador/tratador, promovendo manipulações que eliminem o receio da aproximação do animal, a habituação a levar à manga, balança ou local de carregamento (4).

Nesta fase, é obrigatória a avaliação do estado geral do animal e do seu grau de locomoção para detetar se algum animal está inapto para o transporte. Devem ser verificadas condições dolorosas como lesões, traumatismos ou feridas, que impossibilitem a deslocação autónoma, sem dor ou em que a dor se agrava com o movimento do animal ou do veículo. Também devem ser confirmadas condições patológicas como, por exemplo, pneumonias graves, que reduzam a tolerância ao exercício e à capacidade de compensar golpes de calor.

Na preparação da viagem, será importante assegurar a disponibilidade de água até ao momento do carregamento, para os animais estarem perfeitamente hidratados e, tratando-se de vitelos, estes devem ser alimentados, pelo menos, até à manhã do próprio dia (dependendo da hora de transporte), fazendo um período de jejum o mais curto possível para evitar fome prolongada (4).

Para a realização da carga e descarga, deverão ser controla-

dos fatores que possam gerar medo ao animal. O veículo deve ser colocado na manga, no cais ou o mais próximo do estábulo, e a inclinação da sua rampa deve ficar inferior a 20°, no local de carregamento os pisos devem ser antiderrapantes e livres de obstáculos (4). Além disso, durante a carga e descarga, os animais devem ser sempre ser conduzidos de forma calma, preferencialmente pelo tratador que conhecem e não podem ser agredidos, suspensos ou arrastados. Deve ser dada particular atenção aos animais que mostrem sinais de agressividade, de forma a não estimular esse comportamento, impedindo consequências negativas para eles e para os restantes. Os animais devem ser mantidos calmos, sendo que isso passa por evitar a sua estimulação desnecessária e incorreta, impedindo que ocorram ruídos estranhos ou garantindo que tenham a menor duração possível. A iluminação deve ser correta e estar direcionada para o trajeto pretendido ou que permita a visualização de obstáculos - nunca diretamente para os olhos dos animais; por último, a sua intensidade não deve causar contraste ou zonas de sombra (4).

Durante a viagem para o matadouro, existe uma variedade de fatores que também podem ser causadores de stresse aos animais. Para evita-los devem ser sempre asseguradas as condições adequadas no interior do veículo ao nível de cama/piso antiderrapante, temperatura, humidade, e ventilação; uma boa qualidade de condução, para garantir que decorra de forma suave e segura, evitando velocidade excessiva, guinadas, acelerações ou travagens bruscas que causem desequilíbrios ou quedas dos animais, sejam minimizadas as oscilações como resultado das inclinações e curvas apertadas existentes no percurso da viagem. De referir, os estímulos exteriores devidos à vibração e ao ruído do motor do veículo ou dos veículos com os quais se cruzam, e ainda todos os outros estímulos imponderáveis que os podem atingir ao longo do percurso (ruídos, odores, ...). Entre os inúmeros fatores que se poderiam enumerar, salientamos o contacto entre animais desconhecidos no mesmo veículo quando são colocados em grupos (lotes). Nesta situação, são normalmente deixados sem qualquer contenção para facilitar os movi-

mentos, equilíbrio e permitir os comportamentos de interação, contudo alguns destes são indesejáveis como o de monta. A duração da viagem não é normalmente proporcional à distância a percorrer entre cada um dos criadores e o matadouro. Esta, está dependente do número de animais a carregar em locais diferentes e do tempo necessário para esses procedimentos. Assim, apesar da distância para o matadouro ser relativamente curta e de nunca se atingir o limite das 8 horas, por vezes é efetuada uma pausa para o almoço do transportador, quando o carregamento se inicia no período da manhã e termina apenas durante a tarde. Ao ocorrer a pausa é escolhido um local tranquilo e à sombra em dias de sol. Raramente é garantido abeberamento, situação que seria obrigatória, assim como alimentação, se a viagem fosse mais demorada.

Para além das condições da viagem, o período posterior, de repouso ou de recuperação do stresse, é de particular importância para as condições de BEA e para a qualidade da carne dos vitelos. Este é, atualmente, de 16-18h, desde a chegada à abegoaria até ao abate na manhã seguinte. A alteração deste período deve, porém, ser ponderada em função de estudos científicos que sugerem o efeito benéfico deste procedimento (6).

Nos últimos anos têm sido feitos avanços significativos na compreensão e monitorização do BEA, com a realização de estudos da resposta fisiológica e comportamental dos animais. Como referido no capítulo anterior e evidenciado na Figura 9.1, o aumento de temperatura, particularmente da superfície ocular, constitui um bom exemplo de indicador de resposta fisiológica ao stress, de fácil avaliação por termografia de infravermelhos (7). Além deste, apresenta-se na Tabela 9.2, um conjunto de indicadores úteis para avaliar o BEA dos bovinos durante a carga e descarga, registando incidentes, lesões, e alterações de comportamento. Contudo, a procura de melhores metodologias e indicadores para a avaliação do BEA, particularmente os baseados nas respostas do animal, continua a ser um desafio na investigação deste tema. O transporte, por desencadear



Figura 9.1. Alterações fisiológicas comuns (temperatura, frequência respiratória e frequência cardíaca) numa resposta de stresse em bovinos.

nos animais uma resposta de stresse, pode constituir um fator importante para testar novas metodologias e indicadores.

O cortisol, avaliado no sangue, é o principal biomarcador pa-

Tabela 9.2. Medidas a avaliar no animal para deteção de diferentes fatores de stresse, adaptado de (4).

Fatores de stresse	Medidas a avaliar no animal
Agrupamento e lesões	Hematomas, arranhões ou feridas e lutas.
Manipulação	Escorregar ou cair devido à manipulação, piso inadequado ou comportamento dos restantes.
Temperaturas elevadas	Aumento da frequência respiratória e transpiração.
Sobre-estimulação sensorial	Perdas de equilíbrio e quedas com contusões, feridas e lesões. Fadiga devido à impossibilidade de se deitarem sob stresse.
Movimento do veículo	Perdas de equilíbrio e quedas com contusões, feridas e lesões.
Sede prolongada	Ingestão de grandes volumes de água após a descarga.
Alterações respiratórias	Aumento da frequência respiratória, descargas nasais, descargas oculares, orelhas caídas.
Impossibilidade de descansar	Quedas, mudança constante de posição, tentativas repetidas para se deitarem. Aumento da percentagem de animais deitados no destino em comparação à exploração.
Restrição de movimento	Dificuldade e demora em voltar à posição de estação depois de uma queda. Animais deitados sobre outros.

ra avaliação de situações de stresse, embora a sua colheita, frequentemente invasiva, possa limitar a sua utilização prática. Em alternativa, a saliva tem ganho destaque como um fluido biológico com recolha não invasiva para a avaliação do cortisol (8). Além disso, também na saliva, tem sido feita a avaliação de diferentes parâmetros de stresse oxidativo como indicadores sensíveis para a avaliação do bem-estar e saúde dos animais (9). Porém, nunca foi validada a sua avaliação no transporte de bovinos. Assim, no decorrer deste trabalho, esta metodologia foi testada em vitelos da raça arouquesa e constatamos um aumento do cortisol salivar e da concentração de espécies reativas de oxigénio na saliva após o transporte. Contudo, apenas o valor do cortisol regressou ao normal após o período de repouso, mantendo-se o marcador de stresse oxidativo elevado (Figura 9.2).

O padrão de alteração do cortisol foi corroborado pelo correspondente aumento da temperatura ocular, avaliado pela termografia ocular, após o transporte seguido de normalização depois do período de repouso. Estes dados comprovam a presença de uma respos-

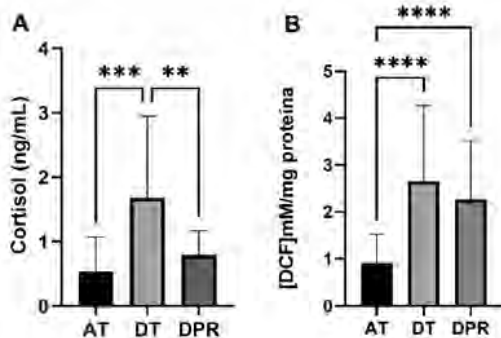


Figura 9.2. Alterações do cortisol (A) e espécies reativas de oxigénio (B) na saliva dos vitelos Arouqueses devido ao transporte para o matadouro. AT- Antes do transporte; DT- Depois do transporte; DPR- Depois do período de repouso.

ta de stresse nos vitelos da Raça Arouquesa, durante o transporte para o matadouro. Assim, demonstra-se pela primeira vez, que também se pode realizar a colheita de saliva, uma técnica fácil e não invasiva, para avaliar os marcadores de stresse oxidativo na deteção desta resposta.

Referências

- 1- Wigham, E.E., A. Butterworth, & S. Wotton (2018). Assessing cattle welfare at slaughter - Why is it important and what challenges are faced? *Meat Science*. 145: p. 171-177.
- 2- Deters, E.L. & S.L. Hansen (2020). INVITED REVIEW: Linking road transportation with oxidative stress in cattle and other species. *Applied Animal Science*. 36(2): p. 183-200.
- 3- Regulamento (CE) n.º 1/2005 do Conselho, de 22 de Dezembro de 2004, relativo à protecção dos animais durante o transporte e operações afins.
- 4- Nielsen, S.S., J. Alvarez, D.J. Bicut, P. Calistri, E. Canali, J.A. Drewe, . . . E.P.A.H.W. AHAW (2022). Welfare of cattle during transport. *Efsa Journal*. 20(9).
- 5- Schwartzkopf-Genswein, K.S., L. Faucitano, S. Dadgar, P. Shand, L.A. Gonzalez, & T.G. Crowe (2012). Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: a review. *Meat Science*. 92(3): p. 227-43.
- 6- Galo, C., G. Lizondo, & T.G. Knowles (2003). Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *Veterinary Record*. 152(12): p. 361-364.
- 7- Stockman, C.A., T. Collins, A.L. Barnes, D. Miller, S.L. Wickham, D.T. Beatty, . . . P.A. Fleming (2011). Qualitative behavioural assessment and quantitative physiological measurement of cattle naive and habituated to road transport. *Animal Production Science*. 51(3): p. 240-249.
- 8- Dzviti, M., L. Mapfumo, & V. Muchenje (2019). Relationship between saliva and blood cortisol in handled cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 32(5): p. 734-741.
- 9- Jorquera-Chavez, M., S. Fuentes, F.R. Dunshea, E.C. Jongman, & R.D. Warner (2019). Computer vision and remote sensing to assess physiological responses of cattle to pre-slaughter stress, and its impact on beef quality: A review. *Meat Science*. 156: p. 11-22.

10. Avaliação de bem-estar de bovinos no matadouro

Madalena Vieira-Pinto

Este capítulo apresenta de forma resumida os parâmetros indiretos e diretos para a avaliação do bem-estar de bovinos em matadouro.

10.1. Introdução

A avaliação do bem-estar animal pode ser baseada em parâmetros indiretos (Infraestruturas, equipamentos, manejo) que interferem com a “condição” dos animais e em parâmetros avaliados diretamente por observação dos animais (Parâmetros baseados nos animais). No matadouro, após a chegada dos animais transportados e até à sua occisão, podem ser aplicados diversos parâmetros indiretos e diretos. Esta avaliação deve ser devidamente enquadrada na legislação em vigor (Regulamento (CE) N° 1099/2009) relativo à proteção dos animais no momento da ocisão e pode ser baseada em protocolos já existentes (1). Destes, destacamos o protocolo *Welfare Quality*® (WQ). Este protocolo definiu 4 princípios de bem-estar animal a serem avaliados (**boa alimentação, bom alojamento, boa saúde e comportamento apropriado**). Dentro destes princípios, identificaram-se 12 critérios diferentes e, para cada critério, identificaram-se diversas medidas (parâmetros), para aferir o bem-estar do animal no momento da avaliação (2). Este capítulo apresentará de uma forma resumida estes parâmetros assim como o devido enquadramento na legislação em vigor.

10.2. Avaliação do bem-estar animal relacionado com as infraestruturas, manejo e parâmetros baseados nos animais, desde a descarga até à ocisão

Após a descarga dos animais no matadouro, as etapas subsequentes até à sua ocisão, incluem: a condução para os parques da abegoaria, a permanência nos parques, a condução dos animais dos parques para a ocisão, o atordoamento e a sangria.

Em todas estas etapas, de uma forma genérica, deve poupar-se aos animais qualquer dor, aflição ou sofrimento. Para este efeito, os operadores das empresas devem garantir as medidas necessárias a fim de garantir que os animais (1):

- Beneficiem de proteção e **conforto** físico, designadamente ao serem mantidos limpos e em condições térmicas adequadas e impedir que caiam ou escorreguem
- Sejam **protegidos de lesões**
- Sejam manipulados e alojados tendo em conta o seu **comportamento normal**
- Não mostrem sinais evitáveis de dor ou de medo ou manifestem um comportamento anormal
- Não sofram devido à privação prolongada de **alimentos ou de água**
- Não sejam expostos a uma interação evitável com outros animais que possam prejudicar o seu bem-estar.

10.2.1. Condução dos animais

Antes de iniciar a condução dos animais, o responsável pelo bem-estar dos animais ou a pessoa sob a sua autoridade direta, deve avaliar sistematicamente à chegada as condições de bem-estar de cada remessa de animais (1).

Maneio

Durante a condução dos animais, **é proibido** (1):

- Bater ou pontapear os animais
- Aplicar pressões em partes especialmente sensíveis do corpo dos animais, de uma forma que lhes provoque dores ou sofrimento evitáveis
- Levantar ou arrastar os animais pela cabeça, orelhas, cornos, patas, cauda ou velo ou manuseá-los de forma a provocar-lhes dor ou sofrimento
- Torcer, esmagar ou quebrar as caudas dos animais ou agarrar os olhos de qualquer animal.

O uso de instrumentos destinados a administrar **descargas elétricas** deve ser evitado na medida do possível, só podendo ser utilizados em bovinos adultos que recusem mover-se e apenas se estes dispuserem de espaço suficiente para avançar.

As descargas elétricas não devem durar mais do que um segundo, devendo ser devidamente espaçadas e aplicadas apenas nos músculos dos membros posteriores. As descargas não podem ser utilizadas de forma repetida se o animal não reagir (1). Os animais incapazes de andar não podem ser arrastados para o local de abate, mas sim abatidos no local onde se encontram (1).

Os abegãos devem compreender e fazer uso do comportamento natural de cada espécie a seu favor para conseguirem uma condução tranquila dos animais (3). Alguns aspetos a considerar: ● O bovino é um animal gregário, gostando de estar e de se movimentar em grupo ● Tem uma visão periférica ampla (cerca de 300 graus). No entanto, a sua visão monocular (cada olho forma uma imagem) dificulta a identificação de profundidade a nível de chão, o que faz com que “empaque” ou salte poças d’água, frestas, buracos e sombras, necessitando de ser conduzido sempre com calma ● Os bovinos possuem uma delimitação de espaço imaginária denominada zona de fuga ou zona de conforto, representando a zona de segurança do animal o espaço máximo que o bovino permite um outro animal ou o ser humano se aproximar sem se movimentar. Quando uma pessoa entra na zona de conforto, um animal vira-se em direção oposta. O tamanho da zona de conforto depende de quão selvagem ou domesticado é o animal. Animais que vivem em estreito contacto com as pessoas têm uma zona de conforto mais pequena, dificultando a sua condução.

Instalações

Os parques e corredores devem ser concebidos e construídos de modo a permitir que os animais se desloquem livremente na direção pretendida de acordo com as suas características comportamentais e sem distração (1). As rampas e as pontes são equipadas com proteções laterais para assegurar que os animais não caiam. Os pisos são construídos e mantidos de modo a minimizar o risco de os animais escorregarem, caírem ou ferirem as patas (1).

Como os animais têm maior dificuldade em entrar numa zona escura/sombria principalmente se vierem de um local bem iluminado, deve-se ter em atenção ao contraste das instalações fazendo o encaminhamento de uma zona escura para uma zona iluminada (4). A remoção de cantos nos corredores pode ajudar a movimentação pois facilitam a passagem dos animais que vêm nos cantos “becos sem saída” (4).

Protocolo Welfare Quality®

O quadro 10.1 resume as medidas a serem avaliadas no protocolo WQ que estão associadas à condução dos animais.

Quadro 10.1

Princípios	Crítérios	Medidas
Boa Saúde	Ausência de lesões	Coxeira Feridas no corpo Paredes, solo e portas
	Ausência de doenças	Animais capazes de mover-se por si próprios
	Ausência de dor causada pelo manejo	Manejo dos animais com dificuldade
Comportamento Adequado	Relação humano-animal positiva	Vocalizações na condução, coação, matéria para movimentar os animais, paragens, formação em bem-estar animal

Boa Saúde – Ausência de lesões

Primeira medida: Coxeira

Avaliação da coxeira deve ser realizada após a descarga da rampa, em superfície plana (3-10 metros):

- Coxeira ligeira - o animal mostra dificuldade em andar mas continua a utilizar os quatro membros
- Coxeira severa - o animal tem muito pouco apoio para um dos quatro membros ou mais do que um membro é afetado.

Os animais incapazes de se deslocarem por si próprios não devem ser classificados como coxos.

Segunda medida: Feridas no corpo

Esta medida é avaliada na carcaça. No entanto é apresentado neste subponto porque complementa a avaliação do critério “Ausência de lesões”. As feridas devem ser avaliadas nos dois lados das carcaças após o abate, mas antes de serem divididas. A avaliação das feridas deve ser função: Do tamanho e da profundidade (Ferida Profunda: afeta para além do músculo superficial). Não deve ser considerado para esta análise as contusões superficiais localizadas na gordura subcutânea.

Terceira medida: Paredes, solo e portas

Inclui quaisquer paredes, vedações, pavimentos (exceto os dos parques) ou superfícies que possam estar em contacto com os animais desde o momento em que chegam ao matadouro até ao abate. Deve ser avaliado o risco potencial de lesões nos animais: ● Quando não há elementos no matadouro que possa causar lesões nos animais, considera-se satisfatório ● Qualquer elemento que constitua uma fonte potencial de lesões será considerado insuficiente.

Boa Saúde – Ausência de doenças**Primeira medida: Animais incapazes de mover-se por si próprios**

Esta medida é avaliada pela à incidência de animais incapazes de mover-se por si próprios / Total de animais descarregados avaliados.

Comportamento Adequado– Relação humano-animal positiva**Primeira medida: Vocalizações na condução, coação, material para movimentar os animais, paragens, formação em bem-estar animal**

As vocalizações são avaliadas durante a condução dos animais para o atordoamento, sempre e quando se possa identificar uma relação direta entre as vocalizações e um fator que possa ter produzido ao animal uma resposta de medo ou dor.

A coação é registada, durante a condução dos animais para o atordoamento, quando se força o movimento dos animais através do uso de agulhões elétricos, mangueiras de plástico ou outros materiais, sempre e quando entrem em contacto com o corpo dos animais. O material para movimentar os animais é avaliado quanto ao tipo, número de animais e vezes que se contactaram durante a condução dos animais, exceto na condução para o atordoamento.

As paragens superiores a 2 minutos são classificadas em programadas e não programadas. Nas primeiras, não devem ser deixados animais no corredor de encaminhamento para o atordoamento. Nas paragens não programada, os animais à espera de entrar no sistema de atordoamento podem fazê-lo num grupo e não são forçados a iniciar qualquer tipo de movimento. A melhor pontuação é conseguida quando numa paragem programada, não há animais no corredor de condução para o atordoamento e quando em uma paragem não programada de mais de 2 minutos não se sujeita nem se força a mover aos animais.

Relativamente à formação em bem-estar animal, considera-se que todos os operadores que entrem em contacto com os animais e o encarregado de bem-estar (superior ao dos restantes) devem ter uma formação adequada. Para todos os transportadores das descargas avaliadas, o matadouro deve dispor de uma cópia dos certificados de aptidão de transporte de animais vivos.

10.2.2. Alojamento dos animais na abegoaria

Maneio

Os animais são descarregados o mais depressa possível e subsequentemente **abatidos sem demoras desnecessárias**. No entanto, os animais, que não sejam conduzidos diretamente para o local de abate, são estabulados (1). Durante a permanência na abegoaria é necessário que (1):

- Cada animal disponha de **espaço** suficiente para ficar em pé, deitar-se e, exceto para os animais estabulados individualmente, voltar-se
- Os animais sejam mantidos em **segurança** e devem ser tomadas medidas para evitar a sua fuga
- Para cada parque, são indicadas de forma visível a **data e a hora** de chegada e, exceto para os animais estabulados individualmente, o número máximo de animais a estabular
- Em cada dia de funcionamento do matadouro, antes de os animais chegarem são preparados, e mantidos em condições de utilização imediata, parques de isolamento para os animais que requerem tratamento específico
- As condições e o estado sanitário dos animais estabulados são inspecionados regularmente pelo responsável pelo bem-estar dos animais ou por uma pessoa que disponha de competências adequadas.

Para efeitos de abate, os animais não desmamados, os animais leiteiros em período de lactação, as fêmeas que tenham parido durante a viagem e os animais transportados em contentores têm prioridade em relação a outros tipos de animais.

Se isto não for possível, são tomadas medidas para atenuar o seu sofrimento, designadamente (1):

- Ordenhar os animais leiteiros a intervalos não superiores a 12 horas
- Providenciar condições adequadas para o aleitamento e o bem-estar do animal recém-nascido, no caso de uma fêmea que tenha parido
- Abeberar os animais transportados em contentores.

Os animais fatigados e excitados devem descansar antes de serem abatidos. O objetivo do repouso é apresentar animais para abate o mais próximo possível do estado fisiológico normal. A dura-

ção do período de repouso deve ser avaliada tendo em consideração a espécie, idade, sexo, época do ano, tempo de viagem e tipo de transporte utilizado (5). O repouso prolongado também deve ser evitado uma vez que pode estar associado a vários inconvenientes como é o caso de infeções oportunistas, sobretudo em bezeros e leitões, perda de peso e ocorrência de traumas. De acordo com o Regulamento, os animais que **não tenham sido abatidos nas 12 horas seguintes à sua chegada são alimentados** e, subsequentemente, receber alimentos em quantidades moderadas e a intervalos adequados. Nestes casos, os animais dispõem de uma quantidade adequada **de material de cama ou material equivalente que garanta um nível de conforto adaptado à espécie e ao número de animais em questão**. Este material garante uma drenagem eficaz ou uma absorção adequada da urina e das fezes (1).

Infraestruturas

Na abegoaria, todas as instalações de estabulação devem (1):

- Ter os sistemas de ventilação concebidos, construídos e mantidos de forma a garantir permanentemente o bem-estar dos animais, tendo em conta as condições meteorológicas previsíveis. Quando sejam necessários meios de ventilação mecânicos, são previstos sistemas de alarme e emergência que entrem em funcionamento em caso de avaria
- Ser concebidas e construídas de forma a minimizar o risco de os animais se ferirem e a ocorrência de ruídos súbitos
- Ter os pisos construídos e mantidos de modo a minimizar o risco de os animais escorregarem, caírem ou se ferirem
- Ser concebidas e construídas de forma a facilitar a inspeção dos animais
- Dispor de iluminação fixa ou portátil adequada que permita a inspeção dos animais.

As instalações dos parques da abegoaria devem ter um sistema de abastecimento de água concebido, construído e mantido de modo a que os animais tenham sempre acesso sem se ferirem ou sem estarem limitados nos seus movimentos.

Relembra-se que os animais, que não sejam conduzidos diretamente para o local de abate após o descarregamento devem poder dispor a qualquer momento de água potável distribuída através de dispositivos adequados (1).

Protocolo *Welfare Quality*[®]

O quadro 10.2 resume as medidas a serem avaliadas no protocolo WQ que estão associadas ao alojamento dos animais.

Quadro 10.2

Princípios	Critérios	Medidas
Boa Alimentação	Ausência de fome prolongada	Jejum no transporte Jejum na abegoaria Comedouros
	Ausência de sede prolongada	Bebedouros
Bom Alojamento	Conforto em relação ao descanso	Densidade nos parques espera; Piso dos parques, luminosidade, cama, capacidade e logística
Boa Saúde	Ausência de doenças	Animais mortos nos parques e no transporte
	Ausência de dor causada pelo manejo	Manejo dos animais com dificuldade

Boa Alimentação – Ausência de fome prolongada**Primeira medida: Jejum na descarga dos animais**

Para avaliar esta medida é necessário ter acesso à seguinte informação: ● Hora em que começaram a carregar os animais na exploração de origem ● Hora aproximada em que foi retirada a alimentação dos animais na exploração ● Se houve alimentação durante o transporte ● Hora da descarga no matadouro ● Abate imediato ou tempo de espera na abegoaria ● Alimentação à chegada ou abate imediato caso o jejum seja igual ou superior a 24 horas. É considerado satisfatório quando toda esta informação estiver disponível, e quando o **tempo de jejum na exploração com o tempo de transporte não exceder 24 horas sem alimentação**.

Segunda medida: Jejum na abegoaria

É necessário avaliar a seguinte informação está disponível nos parques da abegoaria: ● Hora de chegada dos animais ● Tempo de jejum à chegada (Exploração + Transporte).

Terceira medida: Comedouros

É necessário avaliar: ● Comedouros fixos ou móveis ● Número suficiente em função do número de animais descarregados e da capacidade dos parques ● Estado de conservação e limpeza ● Fonte de lesões ● Presença de alimento ou plano para conseguir de forma rápida.

Boa Alimentação – Ausência de sede prolongada**Primeira medida: Bebedouros**

Nos bebedouros deve avaliar-se: ● Estado de limpeza (Limpo— Com cerca de 10 cm de água limpa, sem fezes ou bolor no fundo) ● Funcionamento (sem gotejamento, fluxo) ● Posição do chão (60 - 80 cm do chão) ● Estado de reparação (sem vestígios de corrosão) ● Fonte de lesões (má conceção, má manutenção).

Bom Alojamento – Conforto em relação ao descanso**Primeira medida: Densidade nos parques de espera**

Deve medir-se o espaço disponível para o animal, tendo em consideração as folhas de pesagem para calcular o peso aproximado por animal e lote. Considera-se excelente quando o espaço é $\leq 294 \text{ kg/m}^2$. Para animais com 550kg animal o espaço deve ser de $1,87 \text{m}^2$.

Segunda medida: Piso dos parques, luminosidade, cama, capacidade logística

O piso dos parques é avaliado quanto ao estado de conservação, analisando se existem áreas com betão partido e se evidenciam risco de ferimento dos animais.

A luminosidade em medida através da capacidade de se ler um texto em Times New Roman, letra 10, escrito em papel reciclado.

Relativamente à cama é necessário avaliar se ela existe e, em caso de existir, avaliar o tipo de material utilizado (palha > aparas ou serradura) e os cm de espessura.

Para avaliar a capacidade e logística do matadouro é necessário ter em consideração: ● Velocidade da linha de abate (N^o animais/hora) ● Comprimento mínimo dos parques ● Capacidade de evitar a mistura de animais de diferentes origens ● Problemas logísticos devidos a parques cheios (Camiões à espera de descarregar (tempo de espera $\leq 30 \text{min}$ ou $> 30 \text{min}$) ● Animais em áreas não adequadas como no cais, corredores, etc. ● Não limpeza dos parques entre lotes devido à falta de tempo e espaço).

Boa Saúde – Ausência de doenças**Primeira medida: Animais mortos nos parques e transporte**

Esta medida inclui a mortalidade registada nos últimos 12 meses à chegada ao matadouro e nos parques.

Boa Saúde – Ausência de dor causada pelo manejo

Primeira medida: Maneio dos animais com dificuldades

Esta medida refere-se ao manejo dos animais com capacidade reduzida para movimentarem-se e tem em consideração os seguintes elementos: • Avaliação dos parques “hospital” (Identificação dos animais • Distância dos cais de descarga (anexo, até 10m, >10m) • Densidade mínima de 2/m² • Disponibilidade de água *ad libitum* • Localização do abate de emergência (Camião; Cais).

10.2.3. Atordoamento

O atordoamento é definido como qualquer processo induzido intencionalmente que cause a perda de consciência e sensibilidade sem dor, incluindo qualquer processo que cause a morte instantânea. A perda de consciência e sensibilidade têm de ser mantidas até à morte do animal (por sangria).

Maneio

Deve ser assegurado um fornecimento regular de animais para o atordoamento e a occisão, a fim de evitar que o pessoal que manipula os animais tenha de os fazer sair precipitadamente do parque de alojamento (1).

O método de atordoamento mais utilizado em bovinos é o mecânico com utilização de um dispositivo de êmbolo retráctil perfurante. O atordoamento com este dispositivo deve ser realizado no ponto de intersecção de duas linhas que partam da base do corno nos bovinos, até ao ângulo interno do olho oposto (Figura 10.1), devendo direccionar-se o dispositivo para a espinha.

A occisão e as operações complementares só podem ser efetuadas por pessoas que disponham do nível de competências adequado para as realizarem sem causarem dor, aflição ou sofrimento evitáveis nos animais.

Infraestruturas

Durante esta etapa, a contenção dos animais é fundamental para assegurar que o atordoamento seja eficaz.

Protocolo *Welfare Quality*[®]

O quadro 10.3 resume as medidas a serem avaliadas no protocolo WQ que estão associadas ao atordoamento.



Figura 10.1. Ilustra Local de aplicação do dispositivo de êmbolo retrátil para o atordoamento de bovinos, adaptado de (6).

Boa saúde – Ausência de dor causada pelo manejo

Primeira medida: Deve ser avaliados os seguintes indicadores: **Reflexo corneal, rotação ocular, pestanejar espontâneo, respiração rítmica, tentativa de se colocar em pé.**

Segunda medida: Re-atordoamento na paragem na linha de abate

No caso de haver sinais de mau atordoamento antes da sangria os animais têm de ser atordoados de novo. Considera-se satisfatório quando é feito dentro de 5 segundos e corretamente.

Quadro10.3

Princípios	Critérios	Medidas
Boa Saúde	Ausência de dor causada pelo manejo	Reflexo corneal, rotação ocular, pestanejar espontâneo, respiração rítmica, tentativa de se colocar em pé. Re-atordoamento na paragem na linha de abate
Comportamento Adequado	Estado emocional positivo	Resistência, coices no parque, vocalizações no parque

Comportamento adequado – Ausência de dor causada pelo manejo

Primeira medida: Resistência, coices e vocalizações

Nesta medida, avalia-se um mínimo de 20 animais na box de atordoamento relativamente à resistência, coices e vocalizações.

10.2.4. Sangria

Para evitar o risco de recuperação, os animais devem ser sangrados o mais cedo possível após o atordoamento, idealmente ainda na fase tónica (rígida). A hemorragia envolve o corte das artérias carótidas e veias jugulares. O animal morre então devido à perda de sangue.

Se o atordoamento, a suspensão, o içamento e a sangria dos animais forem assegurados por uma mesma pessoa, essa pessoa deve efetuar todas estas operações consecutivamente no mesmo animal antes de realizar qualquer delas noutro animal (1). **O tempo máximo entre o atordoamento com o dispositivo de embolo retráctil e a sangria não deve ultrapassar os 60 segundos.**

A estimulação elétrica só é realizada depois de confirmado o estado de inconsciência do animal. Só pode proceder-se a qualquer preparação dos animais depois de confirmada a ausência de sinais de vida (1).

Referências

- 1- Regulamento (CE) Nº 1099/2009 do Conselho de 24 de setembro de 2009 relativo à proteção dos animais no momento da ocisão. JO L 303 de 18.11.2009, 30 pp.
- 2- Welfare Quality® (2009). Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands. 142 pp.
- 3- Grandin, T. (2011). Using animals “Follow the leader” instinct to improve handling of cattle and pigs. Acedido em 15 Fevereiro, 2013, disponível em: <http://www.grandin.com/behaviour/principles/leader.html>
- 4- Food and Agriculture Organization (2001). *Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock*. FAO. 94 Pp. Acedido em 20 julho 2022, disponível em: <https://www.fao.org/3/x6909e/x6909e.pdf>
- 5- Cardo, M. (2002). *Manual de Boas Práticas da Inspeção Sanitária. Direcção Geral de Veterinária*. 111 pp.
- 6- Comissão Europeia (2019). Direcção-Geral da Saúde e da Segurança dos Alimentos, *Como atordoar bovinos (êmbolo retráctil penetrante)*, Serviço das Publicações, 2019. <https://data.europa.eu/doi/10.2875/70720>

11. As características sensoriais

Luis Patarata, António Silva, Ricardo Cardoso e Carlos Venâncio

A tenrura desta carne de bovino da raça Arouquesa é uma característica que se destaca.

Figura 11.1. Sessão de treino de provadores.



11.1. Introdução

Os bovinos de raça Arouquesa são animais rústicos produzidos em regimes tradicionais e cuja carne usufrui de uma DOP. Como não há interesse comercial no leite, os animais são amamentados por um longo período. Esta carne é reconhecidamente apreciada pelo consumidor por diversos motivos. Do ponto de vista sensorial podem analisar-se as características da carne através de métodos ditos analíticos, em que as características da carne são avaliadas por um painel de provadores selecionado e treinado para o efeito (Figura 11.1), ou através de testes de consumidores. Estes últimos têm algumas desvantagens, como a dificuldade que pessoas não treinadas têm em usar escalas para quantificar atributos, mas têm uma grande vantagem, que é a de se poderem estudar apreciações hedónicas, pois o grupo é de uma dimensão maior. Ao conhecerem-se essas apreciações hedónicas, podem relacionar-se com as características que são mais frequentemente apontadas. Adicional-

mente, com testes de consumidores pode estabelecer-se a importância de aspetos que não são diretamente mesuráveis pelos sentidos, como a importância que é atribuída ao sistema de criação ou à idade ao desmame.

Na abordagem que foi realizada para estudar as características sensoriais da carne de bovinos da raça arouquesa usaram-se várias técnicas (1) análise sensorial descritiva com um painel de provadores selecionado e treinado; (2) teste de consumidores, utilizando a técnica *Check All That Apply* (CATA); (3) teste com consumidores conhecedores de carne de Arouquesa em que a abordagem metodológica foi com Grupos Focais.

As amostras de carne estudadas correspondem à estrutura experimental que pode ser consultada no capítulo “Qualidade da carne”. Nas diferentes abordagens metodológicas nem sempre se utilizaram todas as possibilidades do desenho experimental.

11.2 Análise sensorial descritiva

Efetou-se no Laboratório de análise sensorial da UTAD a determinação das características organolépticas utilizando provas de avaliação sensorial da carne, por um painel de provadores fixo previamente selecionado, e ainda um teste ao consumidor aberto à comunidade. Este laboratório está equipado com cabines de avaliação individual e iluminação uniforme. Para garantir a repetibilidade do teste, as amostras foram submetidas a um processo de preparação padronizado, utilizando códigos e apresentação aleatório (2).

Na seleção do painel das provas sensoriais foram realizados testes para familiarizar os provadores com alguns conceitos básicos de análise sensorial, o papel dos sentidos, e trabalhar com diferentes características sensoriais (aromas, sabores, texturas) devidamente identificadas. É importante que os provadores candidatos cheirem, toquem, degustem, mastiguem produtos semelhantes àqueles com que ulteriormente vão trabalhar num contexto de seleção (3,4).

Os testes utilizados durante a seleção permitiram obter informação objetiva a diferentes níveis:

A nível geral: capacidade para compreender questões, responder a um questionário, de expressão e descrição.

A nível particular: aptidão para discriminar estímulos, aprender e memorizar estímulos; diferenciar intensidades; deteção de incapacidades sensoriais

Depois de uma seleção preliminar com aromas familiares, sabores básicos, texturas, testes para utilizar escalas, e testes discriminativos, os provadores provas repetidas de três tipos de carne, adquiridas no comercio local, de três cortes diferentes, para estudar a sua capacidade discriminante, ou seja, a capacidade para distinguir as amostras entre si. As provas foram repetidas três vezes com as mesmo corte de carne (que fora mantida congelada) para avaliar se o provador pontua determinada característica sempre da mesma forma, a repetibilidade.

Depois de selecionados os provadores, trabalhou-se com um grupo selecionado, em que foram provadas amostras de carne com uma preparação padronizada. As fatias de carne foram cozidas num banho a 80°C dentro de um saco de polietileno até atingir a temperatura de 71°C no centro térmico. Foram cortadas em quadrados com cerca de 2x2 cm, embrulhados em folha de alumínio e mantidos numa estufa a 60°C até serem servidos. A espera nunca ultrapassou 30 minutos.

Observou-se que a carne apresenta-se muito tenra, com um flavor característico, e que apresenta poucas diferenças entre os diferentes. As peças do lombo eram mais tenras que as da perna, com tenrura, suculência e facilidade de desintegrar na boca por um lado, e a rigidez, fibroso, seco e a demora em mastigar pelo lado oposto. O sabor doce foi associado ao grupo das carnes tenras.

11.3 Teste de consumidores *Check All That Apply* (CATA)

O teste com consumidores foi realizado com 70 participantes os quais avaliaram a apreciação geral de cada amostra numa escala hedónica de 9 pontos e assinalaram numa lista de 22 atributos aqueles que consideravam aplicáveis: AROMA - carne cozida/caldo de carne; gordura cozida (agradável); SABOR - carne cozida/caldo de carne; gordura cozida (agradável); doce; amargo; azedo; sangrento; fígado; feno; grama/vegetal; cartão; peixe; TEXTURA - tenrura; muito tenra; rigidez; muito duro; fibroso; suculento; seco; desintegrar-se rapidamente na boca; tempo para mastigar. A frequência da utilização de cada descritor para cada tipo de carne foi comparada pelo teste de Cochran e a relação entre as características e os atributos avaliados por análise multifatorial de correspondências. Foram calculadas as penalidades na média hedónica (6) .

Por fim, com os 70 consumidores foi também realizada uma prova hedónica tendo o objetivo de avaliar a influência do conhecimento da idade ao desmame (ID) na perceção que o consumidor tem da qualidade da carne (5) Utilizaram-se amostras de *m. longissimus* de vitelos com idade ao desmame de 9 ou 5 meses. As amostras foram inicialmente apresentadas de forma anónima e depois a apresentação das amostras foi repetida com identificação da idade ao desmame. Os resultados das amostras anónimas e identificadas foi comparado através do teste de Wilcoxon (SPSSv25). A síntese de resultados apresenta-se no quadro 1.

Os resultados permitem observar que dos 22 atributos, 8 apresentaram diferenças ($p < 0,05$) entre os grupos, a saber: cheiro de caldo de carne e gordura, sabor adocicado, tenro e muito tenro, muito duro, suculência e facilidade de desintegração na boca. As carnes do grupo com desmame e abate aos 9 meses e do grupo com desmame aos 5 meses e abate aos 12 meses apresentaram notas olfativas mais elevadas. A avaliação das variáveis pela análise de componentes principais – PCA (87,9%) mostrou que os parâmetros de textura foram os principais responsáveis pela discriminação das

amostras, com tenrura, suculência e facilidade de desintegrar na boca por um lado, e a rigidez, fibroso, seco e a demora em mastigar pelo lado oposto. O sabor doce foi associado ao grupo das carnes tenras.

Quadro 11.1. Comparação dos resultados do teste CATA entre carne de animais com idade ao desmame (D) de 5 e 9 meses e abate (A) aos 9 e 12 meses.

Atributos	D5-A9	D5-A12	D9-A9	D9-A12	p
AROMA					
Caldo de carne	0.53a	0.73b	0.56ab	0.37a	<0.0001
Gordura cozida	0.19	0.14	0.19	0.10	0.289
A sangue	0.20	0.29	0.30	0.21	0.318
SABOR/FLAVOUR					
Caldo de carne	0.43ab	0.51b	0.49b	0.27a	0.005
Gordura cozida	0.16	0.26	0.219	0.11	0.112
Doce	0.07a	0.20ab	0.249b	0.11ab	0.009
Amargo	0.06	0.09	0.09	0.10	0.750
Ácido	0.04	0.00	0.019	0.07	0.069
TEXTURA					
Tenra	0.23a	0.36ab	0.46b	0.29ab	0.017
Muito tenra	0.10a	0.14ab	0.26b	0.13ab	0.044
Dura	0.14	0.24	0.13	0.14	0.244
Muito dura	0.17b	0.10ab	0.03a	0.03a	0.005
Fibrosa	0.19	0.29	0.17	0.13	0.112
Suculenta	0.26a	0.36ab	0.50b	0.21a	0.001
Seca	0.24	0.26	0.11	0.16	0.087
Desintegra-se facilmente	0.19a	0.33ab	0.46b	0.30ab	0.006
Demora a mastigar	0.30	0.29	0.20	0.13	0.055

Os atributos de aroma foram bastante discriminantes. As amostras dos grupos com desmame e abate aos 9 meses e do grupo com desmame aos 9 meses e abate aos 12 meses foram associadas a características mais tenras e suculentas. A carne dos animais desmamados aos cinco meses ficou do lado oposto do plano (mais dura e seca). No mesmo sentido, a análise de penalidade revelou que carnes tenras, suculentas e fáceis de mastigar tiveram ganho significativo ($p < 0,001$) na avaliação hedónica (0,97, 1,74, 1,68, respetivamente). O tempo de mastigação foi responsável pela maior penalidade (-1,42) na média hedónica. Esta prova permitiu concluir que a idade de desmame e abate dos animais da carne Arouquesa resulta em características sensoriais estatisticamente diferentes, sendo a carne do *m. longissimus* de bovinos criados com uma dieta tradicional e com desmame tardio, a mais tenra, suculenta e doce. Na figura 1 apresentam-se os resultados das penalidades na média hedónica. A suculência, tenrura e a facilidade de mastigação foram as características mais apreciadas pelos consumidores.

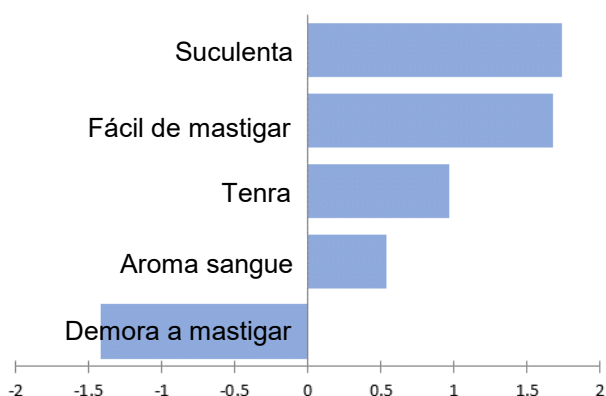


Figura 11.2. Penalidades na média hedónica.

Por fim, com os 70 consumidores foi também realizada uma prova hedónica tendo o objetivo de avaliar a influência do conheci-

mento da idade ao desmame (ID) na percepção que o consumidor tem da qualidade da carne (1). Utilizaram-se amostras de *m. longissimus* de vitelos com ID 9 ou 5 meses. As amostras foram apresentadas de forma anónima e depois identificadas com a idade ao desmame. Cada provador provou duas amostras de cada grupo. Os resultados das amostras anónimas e identificadas foi comparado através do teste de Wilcoxon (SPSSv25). Os resultados da evolução da apreciação hedónica dos consumidores entre a prova anónima e identificada são apresentados no Quadro 2.

Quadro 11.2. Variação da apreciação hedónica das amostras anónimas e identificadas com a idade ao desmame (5 ou 9 meses e total). Resultados número de respostas no sentido indicado.

Com identificação:	ID 5 meses	ID 9 meses	Total
Piora	44	31	75
Melhora	54	80	134
Mantem-se	42	29	71
Z (p)	-1.791 (0.073)	-3.492 (<0,001)	-3.666 (<0,001)

Observou-se genericamente uma melhoria da avaliação hedónica após identificação da ID. No caso dos animais com desmame mais tardio (9 meses) essa evolução foi altamente significativa, o que não se verificou com as amostras de carne de animais desmamados aos 5 meses.

11.4. Grupos Focais com consumidores conhecedores

A percepção que o consumidor tem sobre as características sensoriais da carne, bem como sobre as determinantes dessa qualidade é determinada por aspetos cognitivos e emotivos. Os grupos focais (GF) são uma metodologia que permite obter informação

qualitativa sobre esses aspetos. O presente trabalho teve como objetivo identificar características sensoriais da carne arouquesa DOP na perspetiva do consumidor habitual e de agentes envolvidos no setor.

O trabalho foi conduzido com 4 grupos focais (GF1:10 elementos (E), 1 mulher (M), 40-75 anos (A); GF2: 9E, 2M, 39-74A; GF3:10E, 1M, 43-68A; GF4: 9E, 1M, 38-68A). A carne foi proveniente de animais criados de acordo com as especificações da carne DOP Arouquesa (entre os 8 e 12 meses, 120-180 kg, com desma-me entre os 6 e 9 meses). Foram servidas separadamente duas secções de lombo grelhado na brasa, que os participantes descreveram. Sempre que oportuno, foram exploradas questões relacionadas com o que determina a qualidade daquela carne. Os grupos focais foram animados por dois animadores treinados especificamente para o efeito. O discurso foi registado em áudio.

Da análise do discurso pode extrair-se que o cheiro da carne arouquesa é caracterizado por notas agradáveis a erva, ligeiras notas a lacticínios, e um aroma que os participantes descreveram com “a natureza”, “matinal” ou “orvalho”. Os aromas relacionados com a gordura foram, conjuntamente com o sabor adocicado, unanimemente apontados como muito característicos desta carne, conferindo-lhe um agradável sabor que perdura na boca. A textura foi apontada como muito tenra, macia, suculenta e consistente sem ser elástica, que de acordo com a maioria dos participantes são características muito distintivas desta carne.

Das determinantes para as características sensoriais desta carne, destaca-se a amamentação até idades tardias, a alimentação baseada em pasto fresco e cereais, assim como o bem-estar durante a criação, ilustrado por um participante, que ao elogiar a qualidade de uma carne apontou que seria “de uma vaca mais escovada”, refletindo um trato cuidado por parte do criador.

Referências

- 1- de Araújo, P. D., Araújo, W. M. C., Patarata, L., & Fraqueza, M. J. (2022). Understanding the main factors that influence consumer quality perception and attitude towards meat and processed meat products. *Meat Science*, 193 (January). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108952>
- 2- International Organization for Standardization (2005). Sensory analysis. Methodology. General guidance. (ISO Standard No. 6658). Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.
- 3- International Organization for Standardization (2006). Sensory analysis. Methodology. Initiation and training of assessors in the detection and recognition of odours (ISO Standard No. 5496). Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.
- 4- International Organization for Standardization (2012). Sensory analysis - General guidance for the selection, training and monitoring of assessors (ISO Standard No. 8586). Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.
- 5- Román, S., Sánchez-Siles, L. M., & Siegrist, M. (2017). The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.010>
- 6- Silva, J. A., Cardoso, R., Vieira, R., Almeida, J. C., Gomes, M. J., Venâncio, C., & Patarata, L. (2022). The Effect of Weaning and Slaughter Age on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Arouquesa Beef—A PDO Portuguese Meat. *Foods*, 11(16). <https://doi.org/10.3390/foods11162505>

12. Qualidade da Carne Arouquesa

António Silva, Luis Patarata, Raquel Vieira e Carlos Venâncio

A Carne Arouquesa foi consagrada com a Denominação de Origem Protegida (DOP) em 1994.

Figura 12.1. Logotipo da Carne Arouquesa DOP.



12.1. Introdução

A qualidade da carne é um conceito complexo e pode ser definida como as características da carne que satisfazem os consumidores. O conceito de qualidade pode ser dividido em características de qualidade intrínsecas, como forma, cor, tenrura, suculência, sabor e propriedades nutricionais; e características de qualidade extrínsecas, como preço, marca ou rótulo de qualidade (1) (Figura 12.1).

Vários fatores *ante mortem* e *post mortem* podem condicionar a qualidade intrínseca da carne. Entre os fatores *ante mortem* podem ser referidos: raça, sexo, idade, sistema de produção, alimentação, manejo animal durante o transporte e abate. Vários fatores *post mortem* podem igualmente ter repercussões na qualidade da carne, tais como: tecnologia de abate, estimulação elétrica das carcaças, processo de suspensão e arrefecimento da carcaça. Resultante deste conjunto de fatores, a variabilidade na qualidade da carne de bovino

é elevada. Como os consumidores são particularmente atentos às variações na qualidade dos produtos que consomem esta inconsistência na qualidade pode conduzir à rejeição do produto (2).

Transformação do músculo em carne:

Após a occisão dos animais de talho, a transformação do músculo em carne compreende uma série de fenómenos complexos de natureza enzimática e físico-química (3). Estes fenómenos produzem várias modificações na composição e estrutura do tecido muscular que influem, de forma notória, nas características sensoriais e tecnológicas da carne, nomeadamente ao nível da tenrura, cor, capacidade de retenção de água (CRA), suculência e aroma (4,5).

Tomando como base a tenrura, a transformação do músculo em carne compreende duas fases: fase de instalação do *rigor mortis*, na qual o músculo perde a sua extensibilidade e atinge a dureza máxima e a fase de maturação, com a melhoria progressiva da tenrura (6). A contribuição da componente miofibrilar para a tenrura da carne é largamente influenciada pelos processos que ocorrem durante a transformação do músculo em carne, quer durante a fase de instalação de *rigor mortis* quer durante a fase de maturação da carne (7). Com o sacrifício do animal, o fornecimento de glicose e de oxigénio à fibra muscular é interrompido, ficando apenas disponíveis para o metabolismo muscular *post mortem* os compostos energéticos aí existentes aquando da occisão: ATP, fosfocreatina e glicogénio; enquanto que os ácidos gordos não podem ser utilizados em condições de anaerobiose (8). O ATP e a fosfocreatina estão presentes no músculo em pequenas quantidades, ocorrendo rapidamente a sua depleção, constituindo o glicogénio a principal fonte energética. Quando ocorre a depleção da fosfocreatina, o teor muscular em ATP diminui rapidamente, uma vez que a hidrólise anaeróbia do glicogénio a lactato não produz moléculas de ATP em quantidade suficiente para compensar as perdas resultantes da atividade ATPase das proteínas contrácteis e dos sistemas de membranas. Resultante da hidrólise do ATP, vão acumular-se iões hidrogénio originando a acidificação do

tecido muscular (9). Em condições normais, o pH desce de aproximadamente 7,0, no animal vivo, para cerca de 5,4 a 5,8, dependendo da espécie animal e tipo de músculo. Nas aves demora cerca de 2 h; nos suínos, com uma taxa glicolítica normal, o pH final atinge-se entre as 4 a 8 h *post mortem*, enquanto que nos bovinos este processo demora 15-36 h (10). À medida que o nível de ATP decresce para 1 mmol/g e o pH alcança um valor de 5,9 (a 20°C), e à medida que as membranas intracelulares perdem a capacidade de reter os iões cálcio, a miosina e a actina interligam-se para formar a actomiosina. Por esta altura, inicia-se a perda de extensibilidade do músculo que define o início do *rigor mortis*. Quando os níveis de ATP atingem valores de cerca de 0,1 mmol/g (pH cerca de 5,5 a 20°C), a ligação actomiosina intensifica-se, tornando-se irreversível. O músculo torna-se rígido e a sua extensibilidade é reduzida, alcançando-se o pleno *rigor mortis* (11). A taxa e extensão da descida do pH *post mortem* influencia notoriamente a qualidade da carne, dependendo de vários fatores como, os níveis de glicogénio muscular na altura do abate, a taxa de *turnover* do ATP e da capacidade tampão do músculo dependentes do tipo metabólico e propriedades contrácteis do músculo (12). A temperatura, tem um efeito marcante no metabolismo muscular durante o desenvolvimento do *rigor mortis*, refletindo-se na qualidade final da carne, podendo originar carnes extremamente duras resultantes de um acentuado encurtamento muscular, designado por encurtamento pelo frio (*cold shortening*), se o músculo arrefecer muito rapidamente (13,14), ou encurtamento pelo calor (*warm shortening*), se a descida da temperatura do músculo for lenta (15).

A fase de maturação compreende uma série de fenómenos bioquímicos e físico-químicos, que conduzem à melhoria progressiva da qualidade da carne, nomeadamente da sua tenrura. Dado que a tenrura depende da contribuição de dois diferentes componentes: colagénio e proteínas miofibrilares e, como as propriedades mecânicas do colagénio não parecem ser significativamente alteradas no período *post mortem*, o aumento da tenrura deve-se, principalmente, a modificações bioquímicas e ultraestruturais da componente miofibrilar

(12). A tenrificação é um processo muito variável que depende de vários fatores biológicos como a espécie, idade, sexo, raça, tipo de músculo e fatores tecnológicos como a estimulação elétrica e o arrefecimento das carcaças (3,16). Os mecanismos envolvidos na tenrificação da carne podem ser de dois tipos: enzimático, através da ação de polipeptidases musculares e físico-químico, através da força iónica elevada (3), pela ação direta dos iões cálcio (17) ou pela modificação da interação actina-miosina (18). Entre estes dois mecanismos, o de natureza enzimática é o que tem recebido maior atenção, estando envolvidos dois grupos principais de enzimas: as polipeptidases neutras dependentes do cálcio ou calpaínas e as polipeptidases lisossomais catepsinas (19,20). Além destes dois sistemas enzimáticos, outras enzimas musculares endógenas têm sido alvo de atenção, nomeadamente, o proteassoma (21), as serina-proteases (22) e as caspases (23).

12.2. Avaliação do sistema de produção da Arouquesa na qualidade da carne

Nos bovinos o sistema de produção pode influenciar os parâmetros de qualidade da carne e, deste modo, condicionar a aceitabilidade dos consumidores. Este trabalho teve como objetivos avaliar diferentes sistemas de produção, incluindo diferentes tipos de alimentação, idades ao desmame (5 vs. 8 meses) e idade ao abate (8 vs. 12 meses) em algumas características de qualidade da carne avaliadas no músculo longuíssimo dorsal (lombo, LD) aos 7 dias *pm*. As condições dos diferentes sistemas de produção estudados são os previamente referidos (T, tradicional com desmame e abate aos 8 meses; T+S1, tradicional + S1 com desmame e abate aos 8 meses; S1+S2 com desmame aos 5 meses e abate aos 8 meses; T+S3, tradicional+S3 T+S3 com desmame aos 8 e abate aos 12 meses; S3, desmame precoce aos 5 meses e abate aos 12 meses).

Para o estudo da qualidade da carne procedeu-se à avaliação de: pH final, às 24 horas *post mortem* (pH24h), medido diretamente

na carne (pH meter WTW 330i); parâmetros de cor L^* (luminosidade), a^* (verde-vermelho), b' (azul-amarelo), avaliados com um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-310) após uma hora de avermelhamento; capacidade de retenção da água (CRA) através das perdas por cocção, determinadas após cocção das amostra em banho-maria a 80 °C e até 71 °C de temperatura interna; tenrura, na carne após as perdas por cocção, pela força de corte, utilizando-se para o efeito uma sonda Warner–Bratzler acoplada a um texturómetro TA.XT.plus.

Apresentam-se na Figura 12.2 os resultados obtidos para os diferentes parâmetros de qualidade da carne avaliados no músculo longuíssimo (lombo, LD).

No LD, a análise dos resultados permitiu observar valores elevados de pH final da carne, em particular no grupo tradicional (T), não tendo sido observadas diferenças significativas entre os sistemas de produção estudados. O pH elevado da carne resulta de baixos níveis de glicogénio muscular no momento do abate, resultando numa acidificação incompleta da carne durante a fase de transformação do musculo em carne. Vários fatores de stress animal poderão estar envolvidos na redução dos teores musculares de glicogénio tais como: restrição alimentar, manejo durante o transporte e abate (24). Os animais da raça Arouquesa são criados por pequenos produtores em regiões montanha com elevada dispersão das explorações e acesso rodoviário precário que, juntamente com a permanência nas abegoarias antes do abate, poderá ter contribuído para o stress dos animais e estar na origem do esgotamento das reservas de glicogénio. O elevado pH final da carne assume particular relevância, não só por ser um indicador de stress animal, mas também porque vai repercutir-se nas características sensoriais e tecnológicas da carne como cor, perdas por cocção e tenrura, originando carne com a designação DFD (do inglês, *Dark, Firm and Dry*).

A carne com pH final elevado é mais escura (L^* , menor) e com uma menor componente vermelha (a^* , menor) e amarela (b^* , menor) do que a carne com pH final Normal (25,26). A cor mais escura da carne com pH_f elevado é devida essencialmente a dois fatores. Por

um lado, a formação de oximioglobina de cor vermelho brilhante está

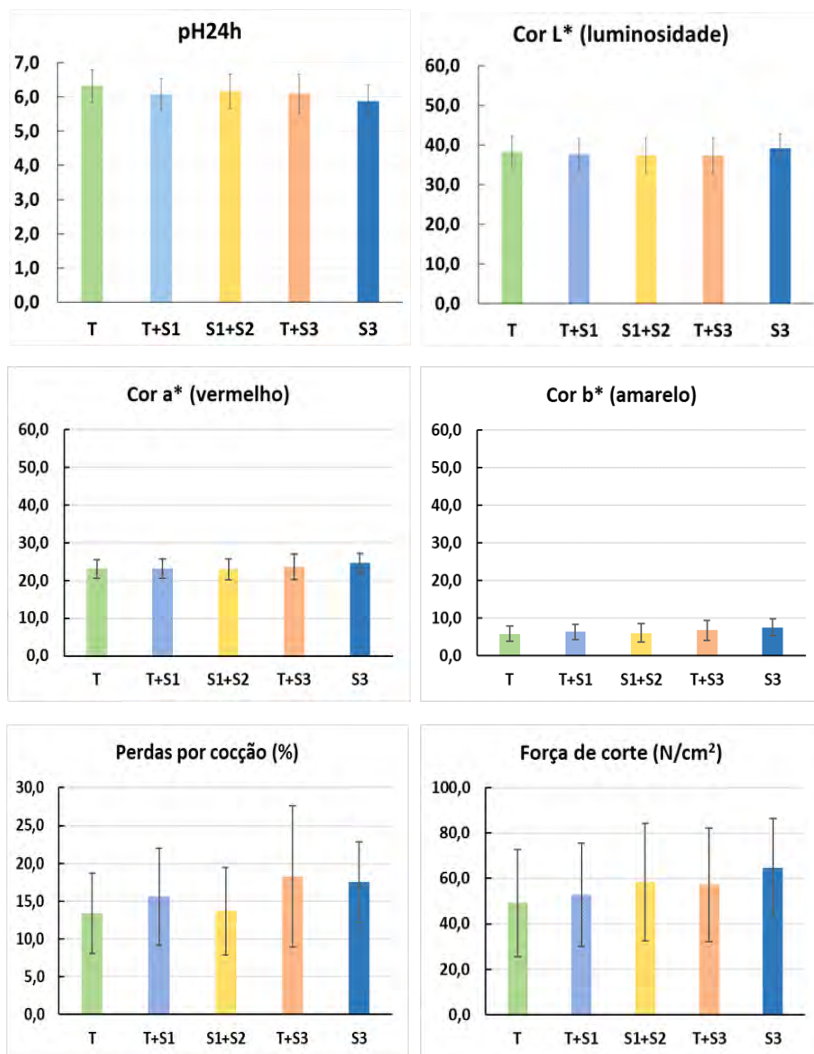


Figura 12.2. Parâmetros de qualidade da carne Arouquesa segundo o sistema de produção. Valores apresentados em média \pm desvio padrão.

reduzida, devido ao consumo de oxigênio pelas mitocôndrias estar favorecido a pH final elevado. Desta forma a camada vermelho brilhante de oximioglobina que se forma à superfície é reduzida, predominando a desoximioglobina, que confere à carne uma cor vermelho escura (27). Também uma maior abundância mitocondrial em carne com pH elevado é referida por alguns autores (28). Por outro lado, a pH elevado a carne tem uma estrutura mais 'fechada', com poucos espaços extracelulares e uma maior CRA permitindo, desta forma, uma maior absorção da luz incidente e uma menor dispersão da luz na superfície da carne (29,30). No presente trabalho não foram observadas diferenças significativas para os parâmetros $L^*a^*b^*$ entre sistemas de produção.

O pH final da carne influencia, igualmente, a CRA mas de forma positiva. A maior CRA da carne com pH elevado deve-se, essencialmente, ao aumento das forças eletrostáticas de repulsão entre as proteínas, formando-se uma matriz miofibrilar menos compacta, facilitando a retenção das moléculas de água (31). Neste trabalho não foram observadas diferenças significativas na CRA avaliada pelas perdas por cocção, contudo o grupo T, que apresentou valores médios de pH mais elevados, também teve, em valores médios, menores perdas por cocção.

A relação entre o pH_f e a tenrura é controversa, alguns autores referem um aumento linear da tenrura com o pH final (32,33), enquanto que outros referem uma relação curvilínea (34), com um máximo de dureza situado entre valores de pH_f de 5,8-6,2. A maior tenrura da carne com pH final elevado poderá dever-se à maior CRA destas carnes e a uma maior atividade proteolítica das calpaínas sobre proteínas miofibrilares chave (35). Neste trabalho, apesar de em termos médios existirem diferenças consideráveis na força de corte, em termos estatísticos essas diferenças não foram significativas devido à elevada dispersão dos valores. Salienta-se, no entanto, que o grupo T, que apresentou os valores médios de pH mais elevado, apresentou os valores médios de força de corte mais baixos. Pelo

contrário, o grupo S3 que apresentou a média mais baixa em termos de pH, foi o grupo que teve um valor médio de força de corte maior.

12.3. Conclusões

O sistema de produção, incluindo a alimentação, a idade ao desmame (5 vs. 8 meses) e a idade ao abate (8 vs. 12 meses) não influenciaram de forma significativa os parâmetros de qualidade avaliados da carne Arouquesa.

1- Hocquette, J.F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D.W. & Scollan, N.D. (2012). Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science* 92, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.007>

2- Bonny, S.P.F., Hocquette, J.F., Pethick, D.W., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., Farmer, L.J., Polkinghorne, R.J. & Gardner, G.E. (2018). Review: The variability of the eating quality of beef can be reduced by predicting consumer satisfaction. *Animal* 12, 2434–2442. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000605>

3- Ouali, A. (1990). Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. *Journal of Muscle Foods*, 1: 129-165. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.1990.tb00360.x>

4- Smulders, F. J. M. (1986). Sensory meat quality and its assessment. *The Veterinary Quarterly*, 8, 158-167. <https://doi.org/10.1080/01652176.1986.9694035>

5- Honikel, K. O. & Potthast, K. (1991). Influence of age, sex, and feeding regimes of cattle on biochemical changes post mortem, sarcomere length and water-holding capacity of various muscles. *Proceedings of 37th International Congress of Meat Science and Technology*, Kulmbach, Germany, vol. 1, pp. 382-385.

6- Feodoroff, T. (1987). Du muscle à la viande: La part des biotechnologies.

Referências

Biofutur, 5: 15-27.

7- Smulders, F. J. M., Van Laack, R. L. J. M. & Eikelenboom, G. (1991). Muscle and meat quality: Biological basis, processing, preparation. In: *The european meat industry in the 1990's*; ed: F. J. M. Smulders; ECCEAMST, Utrecht, pp. 121-165.

8- Honikel, K. O. (1992). The biochemical basis of meat conditioning. In: *New technologies for meat and meat products*; ed: F. J. M. Smulders, F. Toldrá, J. Flores e M. Prieto; ECCEAMST, Nijmegen, pp. 135-161.

9- Hultin, H. O. (1993). Características del tejido muscular. In: *Química de los alimentos*; ed: O. R. Fennema; Acribia, S.A., Zaragoza, pp. 815-888.

10- Dransfield, E. (1992). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. *Proceedings of 38th International Congress of Meat Science and Technology*, Clermont-Ferrand, France, vol. 1, pp. 71-78.

11- Honikel, K. O., Fisher, C., Hamid, A. & Hamm, R. (1981). Influence of postmortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. Postmortem storage of muscle at 20°C. *Journal of Food Science*, 46, 1-6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb14517.x>

12- Valin, C. & Ouali, A. (1992). Proteolytic muscle enzymes and post mortem meat tenderisation. In: *New technologies for meat and meat products*; ed: F. J. M. Smulders, F. Toldrá, J. Flores e M. Prieto; ECCEAMST, Nijmegen, pp. 163-179.

13- Locker, R. H. & Hagyard, C. J. (1963). A Cold shortening effect in beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14, 787-792. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740141103>

14- Marsh, B. B. & Leet, N. G. (1966). Studies in meat tenderness. III. The effects of cold shortening on tenderness. *Journal of Food Science*, 31, 450-459. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1966.tb00520.x>

15- Honikel, K. O., Hamid, A., Fischer, C. & Hamm, R. (1980). The influence of postmortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef. II. Postmortem storage of muscle at various temperatures between 0 and 30°C. *Proceedings of 26th European Meeting of Meat Research Workers*, vol. 1, pp. 73-75.

16- Ouali, A. (1995). Les enzymes proteolytiques et la tendrete de la viande. *Viandes et Produits Carnés*, 16, 81-88.

17- Takahashi, K. (1996). Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: The non-enzymatic mechanism of meat tenderization. *Meat Science*, 43: S67-S80. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00056-3](https://doi.org/10.1016/0309-1740(96)00056-3)

- 18- Goll, D. E., Geesink, G. H., Taylor, R. G. & Thompson, V. F. (1995). Does proteolysis cause all postmortem tenderization, or are changes in the actin/myosin interaction involved? *Proceedings of 41st International Congress of Meat Science and Technology*, Kansas City, USA, pp. 537-544.
- 19- Calkins, C. R. & Seideman, S. C. (1988). Relationship among calcium-dependent protease, cathepsins B and H, meat tenderness and the response of muscle to aging. *Journal of Animal Science*, 66, 1186-1193. <https://doi.org/10.2527/jas1988.6651186x>
- 20- Koohmaraie, M. & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74, 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
- 21- Dutaud, D., Aubry, L., Guignot, F., Vignon, X., Monin, G. & Ouali, A. (2006). Bovine muscle 20S proteasome. II: Contribution of the 20S proteasome to meat tenderization as revealed by an ultrastructural approach. *Meat Science*, 74, 337-344. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.026>
- 22- Uytterhaegen, L., Claeys, E. & Demeyer, D. (1994). Effects of exogenous protease effectors on beef tenderness development and myofibrillar degradation and solubility. *Journal of Animal Science*, 72, 1209-1223. <https://doi.org/10.2527/1994.7251209x>
- 23- 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, 44-58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.010>
- 24- Warris, P.D., 2000. *Meat Science: An Introductory Text*. CABI Publishing: Wallingford, Oxon, UK.
- 25- Purchas, R. W. (1990). An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science*, 27, 129-140. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(90\)90061-A](https://doi.org/10.1016/0309-1740(90)90061-A)
- 26- Wulf, D. M., Emmett, R. S., Leheska, J. M. & Moeller, S. J. (2002). Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm, and dry) beef, and cooked beef palatability. *Journal of Animal Science*, 80: 1895-1903. <https://doi.org/10.2527/2002.8071895x>
- 27- Ashmore, C. R., Parker, W. & Doerr, L. (1972). Respiration of mitochondria isolated from dark-cutting beef: Postmortem changes. *Journal of Animal Science*, 34, 46-48. <https://doi.org/10.2527/jas1972.34146x>
- 28- McKeith, R. O., D. A. King, A. L. Grayson, S. D. Shackelford, K. B. Gehring, J. W. Savell, & T. L. Wheeler (2016). Mitochondrial abundance and efficiency contribute to lean color of dark-cutting beef. *Meat Science*. 116, 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.01.016>
- 29- Cornforth, D. (1994). Color - basis and importance. In: *Quality attributes*

and their measurement in meat, poultry and fish products; ed: A. M. Pearson e T. R. Dutson; Blackie Academic & Professional, London, vol. 9, pp. 34-78.

30- Warriss, P. D. (1996). Instrumental measurement of colour. In: *Meat quality and meat packaging*; ed: S. A. Taylor, A. Raimundo, M. Severini e F. J. M. Smulders; ECCAMST, Utrecht, pp. 221-232.

31- Goutefongea, R. (1969). Étude du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. *Annales de Biologie Animale*, 9, 111-116.

32- Guignot, F., Touraille, C., Ouali, A. & Renerre, M. (1994). Relationships between post-mortem pH changes and some traits of sensory quality in veal. *Meat Science*, 37, 315-325. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90049-3](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90049-3)

33- Silva, J. A., Patarata, L. & Martins, C. (1999). Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*, 52, 453-459. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00029-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00029-7)

34- Purchas, R. W. & Aungsupakorn, R. (1993). Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers. *Meat Science*, 34, 163-178. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(93\)90025-D](https://doi.org/10.1016/0309-1740(93)90025-D)

35- Hwang I.H. & Thompson J.M. (2001). The interaction between pH and temperature decline early postmortem on the calpain system and objective tenderness in electrically stimulated beef longissimus dorsi muscle. *Meat Science*, 58, 167-174. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00147-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00147-9)

13. Caracterização histológica do tecido adiposo subcutâneo

Sandra Mariza Monteiro, Ricardo Cardoso, Raquel Vieira, Luís Félix e Carlos Venâncio

Os animais que passaram por um período de alguma restrição alimentar após suplementação apresentam compensatoriamente uma hiperplasia nos seus adipócitos.

O tecido adiposo é formado por células especializadas na acumulação de lípidos, os adipócitos. Este tecido desempenha várias funções mecânicas, de proteção e termorregulação, funcionando também como glândula endócrina. Porém, o seu principal papel é metabólico, na manutenção do equilíbrio energético, armazenando energia sob a forma de gordura (triglicéridos) durante os períodos de elevada ingestão e mobilizando-a, através da lipólise, durante períodos de restrição calórica (1).

O tecido adiposo branco é a forma predominante em animais adultos e por isso o de maior interesse na avaliação da qualidade da carne, contrariamente ao tecido adiposo castanho, que predomina nos recém-nascidos e em animais que hibernam. O tecido adiposo branco é constituído por células de grandes dimensões, com número reduzido de mitocôndrias, sendo o seu citoplasma quase totalmente ocupado por uma única gotícula de gordura (unilocular), ao contrário do tecido adiposo castanho que apresenta múltiplas gotículas (multilocular).

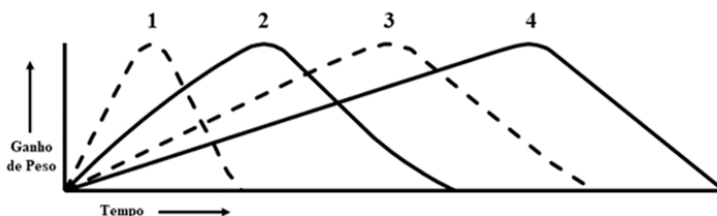
A deposição de gordura é um aspeto importante para a quali-

dade da carne de bovino, variando a intensidade e a distribuição anatômica com a idade, raça, sexo e fatores ambientais, entre os quais se pode destacar a dieta. Os depósitos principais são: 1) gordura visceral, que se encontra na cavidade abdominal e pélvica a revestir e suportar os órgãos do aparelho urogenital (particularmente os rins), o estômago (gordura omental) e o intestino (gordura mesentérica); 2) gordura subcutânea, que cobre o exterior da carcaça; 3) gordura intermuscular, localizado entre os músculos; 4) gordura intramuscular, que está infiltrado entre as fibras musculares (1, 2).

Tal como no músculo, o crescimento do tecido adiposo é caracterizado pela ocorrência de dois fenômenos distintos, a hiperplasia e a hipertrofia. Durante a fase fetal, a adipogênese ou formação de adipócitos a partir de células estaminais do mesênquima é a responsável pelo crescimento do tecido adiposo através do aumento no número de adipócitos (hiperplasia), podendo ocorrer de forma contínua até aos primeiros meses de vida. Após o nascimento, o crescimento do tecido adiposo é devido, principalmente, à hipertrofia dos adipócitos, como consequência da atividade de enzimas lipogénicas que promovem a acumulação de lípidos sob a forma de triglicéridos (1, 3). No entanto, o crescimento do tecido adiposo não é, necessariamente, limitado pela hiperplasia que decorre numa idade inicial, uma vez que quando uma determinada percentagem de adipócitos atinge o seu volume máximo, pode haver estimulação da adipogênese, induzindo a hiperplasia e/ou promovendo a acumulação lipídica pelos pré-adipócitos indiferenciados (1).

O crescimento animal vai depender de uma sequência de desenvolvimento dos diferentes tecidos, na seguinte ordem: tecido nervoso, tecido ósseo, tecido muscular e tecido adiposo (Figura 13.1). Sendo que, para cada um dos tecidos, o seu desenvolvimento também apresenta uma sequência que está associada à sua localização anatômica (4).

Os depósitos de gordura corporal vão-se formando de forma progressiva, mas apenas ocorrem de forma significativa quando a energia consumida é maior do que as necessidades do animal, ou seja, quando o animal atinge o tamanho adulto e quando a energia necessária para o crescimento ósseo e muscular é mais reduzida.



CURVA 1	CURVA 2	CURVA 3	CURVA 4
Tecido Nervoso	Tecido Ósseo	Tecido Muscular	Tecido Adiposo
Região da Cabeça	Região do Pescoço	Região Torácica	Região Lombar
Metatarso Metacarpo	Tíbia Rádio	Fêmur Úmero	Cintura Pélvica Cintura Escapular
Gordura Perirrenal	Gordura Intermuscular	Gordura Subcutânea	Gordura Intramuscular

Figura 13.1. Sequência de desenvolvimento dos tecidos com a idade e em função das regiões corporais (4).

De um modo geral, a gordura visceral é a primeira a depositar, seguindo-se em simultâneo a intermuscular e subcutânea, enquanto a intramuscular é a última a desenvolver-se (1, 3). Do mesmo modo, o tamanho dos adipócitos varia de um depósito para outro, decrescendo o tamanho médio adipocitário pela seguinte ordem: gordura renal, mesentérica, subcutânea, intermuscular e intramuscular. A atividade lipogénica, que também varia nos diferentes depósitos de gordura, parece estar relacionada com o ta-

manho do adipócito. Portanto, o tecido adiposo intramuscular, ou marmoreado da carne, é um depósito de gordura que pode ser distinguido de outros não só pela sua localização, mas também pelo seu metabolismo próprio que apresenta vários indicadores de lipogênese, lipólise, oxidação de ácidos gordos e taxa metabólica basal mais baixos do que, por exemplo, no tecido adiposo subcutâneo. Igualmente, em bovinos, a capacidade de proliferação e diferenciação dos pré-adipócitos intramusculares é inferior à dos subcutâneos (1).

De um ponto de vista de produção animal, nem todos os depósitos têm o mesmo valor. A acumulação excessiva de gordura visceral, que é maioritariamente descartada, e de gordura subcutânea, mais rica em ácidos gordos saturados indesejáveis para a saúde humana, representam um aumento de custos e uma diminuição da qualidade do produto. Por outro lado, a deposição de gordura intramuscular é desejável, dado ser formada principalmente por fosfolípidos, com um elevado teor de ácidos gordos poliinsaturados, e devido aos seus efeitos benéficos a nível sensorial, contribuindo de forma decisiva para a determinação da qualidade da carne (1).

Vários fatores podem influenciar o desenvolvimento de gordura ao longo da vida do animal. Entre estes, é de realçar a raça, com as de menor tamanho a apresentar uma mais rápida deposição de gordura relativamente a raças de grande porte. Contudo, os poucos estudos existentes na Raça Arouquesa, considerada de tamanho médio, não o conseguiram confirmar. Relativamente ao sexo, em geral, as fêmeas depositam mais gordura do que os machos, inteiros ou castrados, embora a castração conduza a um aumento no volume dos adipócitos (3). Atualmente, a castração não é uma prática comum na Raça Arouquesa, mas a carne dos bois, tradicionalmente utilizados em junta para trabalhos de tração, foi descrita, no passado, como de excelente qualidade. Adicionalmente, as condições ambientais, nomeadamente o stresse

térmico, podem afetar negativamente o crescimento e a qualidade da carne bovina, uma vez que tanto o calor como o frio em excesso influenciam o metabolismo e, conseqüentemente, a deposição de gordura. Os animais em situação de frio apresentam necessidades energéticas maiores para consumir na produção de calor e manter a temperatura corporal. Isto provoca um aumento do consumo alimentar e do catabolismo das reservas de gordura (2).

A idade de abate e a idade ao desmame podem afetar a deposição de gordura intramuscular e a qualidade do marmoreado na carne do bovino. O desmame precoce combinado com uma alimentação concentrada é um método viável para aumentar a deposição de gordura. Assim, estes fatores devem ser otimizados para que se obtenha o maior rendimento, considerando o marmoreado desejado, os custos da alimentação e os preços das carcaças (3). Efetivamente, a manipulação nutricional é um dos fatores com maior influência na acumulação de gordura nos bovinos. Importa referir que este efeito tem início durante a gestação, altura em que a adipogénese no músculo fetal pode ser fortemente condicionada, estando dependente da nutrição materna. Após o nascimento, uma alimentação altamente energética e prolongada no tempo contribui para o aumento de gordura da carcaça, comparativamente a dietas de manutenção. Para além disso, quando existe uma restrição nutricional pós-parto, o animal pode passar por uma fase de ganho compensatório assim que a ingestão de nutrientes volte ao normal. Isto acontece porque o animal, que recebeu nutrição limitada, se ajustou para sobreviver com a alimentação disponível. Assim que o animal regresse a um nível nutricional adequado às suas necessidades, haverá mais energia disponível para o crescimento. Logo, o crescimento compensatório funciona como uma resposta coordenada à realimentação (2). Com base nisto, foi sugerida uma ordem de eficácia para a manipulação de deposição de gordura através da gestão nutricional, começando pelas fases fetal e neonatal, seguindo a fase de desmame

e, por último, as fases mais tardias (3).

Adicionalmente, tem sido sugerido que a deficiência em aminoácidos essenciais, como a lisina, pode aumentar o teor de gordura intramuscular, em bovinos. As vitaminas A, D e C, também estão implicadas na regulação da deposição de gordura intramuscular. Neste caso, a restrição ao consumo das vitaminas A e D aumenta a deposição de gordura intramuscular, enquanto a vitamina C contribui para a regulação da adipogénese em sentido inverso (3).

Além dos fatores expostos, importa também ter em consideração as crescentes preocupações dos consumidores sobre o impacto negativo de uma carne altamente marmoreada na saúde humana. Assim, produzir carne de bovino com níveis apropriados de deposição de gordura intramuscular para satisfazer a qualidade e sabor, apoiar a saúde humana e sustentar a indústria animal continua a ser um constante desafio.

Na caracterização histológica do tecido adiposo subcutâneo de animais sujeitos aos cinco diferentes sistemas de manejo (Figura 13.2), previamente descritos nos capítulos anteriores, confirmámos a existência de alterações dependentes da idade ao desmame e da alimentação. Os animais com o desmame aos 5 meses (G4 e G5) apresentaram adipócitos mais pequenos, mas em maior número. O que sugere estar a ocorrer uma hiperplasia, comum na resposta compensatória a um período de restrição alimentar.

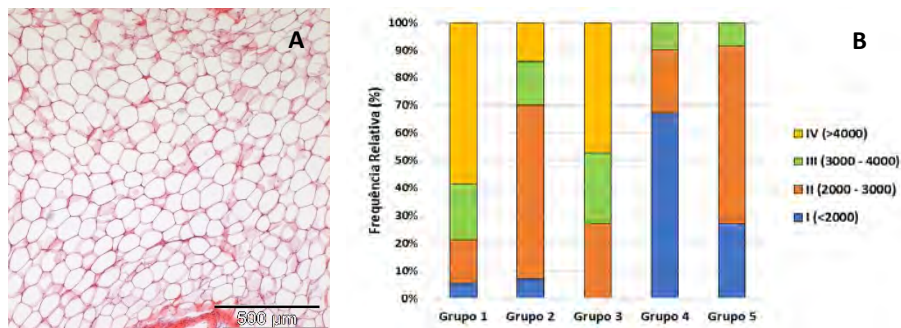


Figura 13.2. Imagem do tecido adiposo subcutâneo (A) coloração com hematoxilina – eosina. (B) Distribuição da área dos adipócitos em gordura subcutânea em animais da raça Arouquesa. As classes foram definidas pelos valores aproximados dos quartis tentando formar intervalos com amplitudes semelhantes. Os dados estão expressos em (%). As classes definidas são: I - área <2000 μm^2 ; II - áreas compreendidas entre 2000 e 3000 μm^2 ; III - áreas compreendidas entre 3000 e 4000 μm^2 e IV com área >4000 μm^2 .

Referências

- 1- Urrutia, O., Alfonso, L., & Mendizabal, J.A. (2018). Cellularity description of adipose depots in domesticated animals., in *Adipose Tissue*, L. Szablewski Editor. *IntechOpen*. p. 73-90.
- 2- Schumacher, M., DelCurto-Wyffels, H., Thomson, J., & Boles, J. (2022). Fat Deposition and Fat Effects on Meat Quality-A Review. *Animals*. 12(12).
- 3- Park, S.J., Beak, S.H., Jung, D.J.S., Kim, S.Y., Jeong, I.H., Piao, M.Y., . . . Baik, M. (2018). Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 31(7): p. 1043-1061.
- 4- Pálsson, H. (1975) General review of the present knowledge on growth and development in meat animals. *Progress in the Physiology of Farm Animals*. London: Butterworths Scientifics Publication.

14. A importância do tipo de fibras musculares na qualidade da carne

Ricardo Cardoso, Sandra Mariza Monteiro, Raquel Vieira, Luís Félix e Carlos Venâncio

O tipo de fibras musculares está dependente de vários fatores, desde a sua função fisiológica, localização anatômica, dieta ...; estas influenciam o metabolismo energético dos músculos esqueléticos de animais vivos, bem como a conversão post mortem do músculo em carne.

A histologia é uma das técnicas fundamentais para estudar a qualidade da carne, particularmente para conhecer as características de dois dos seus principais componentes, o tecido muscular e o tecido adiposo, considerando que a interligação dos mesmos é, por vezes, muito estreita.

As características das fibras musculares esqueléticas têm vindo a ser associadas à melhoria da qualidade da carne. Na realidade, a carne resulta, essencialmente, da transformação do músculo esquelético, um tecido muito heterogéneo, composto por uma grande variedade de tipos de fibras musculares, a sua unidade básica. Estas fibras são células polinucleadas, organizadas em feixes, que representam 75-90% do volume total do músculo (1).

De uma forma geral, pode-se descrever anatomicamente o músculo esquelético como um agregado de feixes ou fascículos de fibras musculares que estão envolvidos em várias camadas de tecido conjuntivo, contendo ainda nervos e vasos sanguíneos. O tecido conjuntivo apresenta três componentes estruturais principais: o endomísio, uma camada de tecido conjuntivo fino que separa fibras muscula-

res individuais; o perimísio, uma camada de tecido conjuntivo que separa, em cada músculo, os feixes ou fascículos de fibras musculares; e finalmente, o epimísio, uma bainha de tecido conjuntivo que delimita e separa os músculos (2).

O músculo esquelético é constituído por vários tipos de fibras, que se caracterizam pela presença de diferentes isoformas da proteína miofibrilar - cadeia pesada da miosina (MyHC), pelos perfis de enzimas metabólicas e pelas suas propriedades estruturais e contráteis. Estas características, morfológicas e bioquímicas, das fibras musculares são fatores importantes que influenciam o metabolismo energético dos músculos esqueléticos de animais vivos, bem como a conversão *post mortem* do músculo em carne (1, 3).

As fibras musculares podem ser classificados em fibras do tipo I (MyHC I), fibras de contração lenta ou fibras vermelhas, que são codificadas pelo gene MYH7, sendo ricas em mitocôndrias e mioglobina. Estas fibras possuem metabolismo oxidativo aeróbio, um nível de atividade da ATPase mais baixo e uma capacidade glicolítica inferior à observada em fibras de contração rápida. Além disso, as fibras tipo I contêm maior quantidade de lípidos, usados igualmente como fonte energética, e menor quantidade de glicogénio do que as fibras tipo IIB (4). Por sua vez, as fibras musculares do tipo II, também designadas fibras de contração rápida ou fibras brancas, possuem velocidades de contração 3 vezes mais rápidas do que as fibras do tipo I, possuindo número reduzido de mitocôndrias e baixa concentração de mioglobina. As fibras tipo II podem ser constituídas por 3 isoformas diferentes de miosina: a MyHC I, nas fibras tipo IIA, a MyHC, presente nas fibras IIX, e a MyHC, característica das fibras to IIB, sendo codificadas pelos genes MYH2, MYH1 e MYH4, respetivamente. As fibras IIA e IIX possuem velocidades de encurtamento semelhantes entre si, sendo mais lentas do que as fibras IIB. Adicionalmente, as fibras do tipo II são metabolicamente distintas, com as IIA a apresentar um metabolismo oxidativo (aeróbio) e as IIB com um metabolismo glicolítico (anaeróbio) mais desenvolvido. Por sua vez, as fibras IIX possuem um metabolismo intermédio (3, 4).

A marcação por imunohistoquímica, com recurso a anticorpos, permite identificar os 4 tipos de fibras (I, IIA, IIX e IIB), em função da isoforma de MyHC, demonstrando que estas fibras nem sempre se apresentam na sua forma pura, sendo comum a existência de “fibras híbridas” que possuem várias MyHCs. Ao nascimento, o músculo é composto por fibras oxidativas (I), cuja proporção vai diminuindo com o crescimento, em detrimento das fibras glicolíticas, cuja proporção aumenta. Durante a vida do animal as transições na expressão da MyHC vão ocorrendo de acordo com a seguinte sequência: I→I/IIA→IIA→IIA/IIX→IIX→IIX/IIB→IIB. Estas transições são reversíveis podendo, para além da idade, ser afetadas por fatores específicos, como a atividade e o exercício dos animais na exploração, bem como por outros fatores de criação em que se inclui a dieta (3).

A hiperplasia de fibras musculares termina ao nascimento, deixando de aumentar o número de fibras. A partir daqui, o crescimento ocorre por hipertrofia, ou seja, pelo aumento de tamanho das fibras. Apesar de ao longo do crescimento do indivíduo, a área transversal aumentar em todas as fibras, ela acaba por ser maior nas fibras do tipo IIB do que nas do tipo I. Portanto, as fibras mais oxidativas são mais pequenas em comparação com as glicolíticas (IIB/IIX>IIA>I) permitindo, deste modo, que a difusão de O₂ seja mais eficiente (4).

O número e o tamanho das fibras musculares são fatores que influenciam a massa muscular e a qualidade da carne, sendo o tamanho da fibra determinante para a sua tenrura. Assim, bovinos que apresentem músculos com fibras de maior tamanho, especialmente com fibras tipo IIB, exibem carne mais dura do que aqueles que possuem músculos com fibras menores, o que poderá estar associado a uma qualidade de carne inferior (4).

A composição dos músculos em fibras musculares está dependente da sua função fisiológica específica e localização anatómica (3). Os músculos mais profundos e envolvidos na manutenção da postura são, provavelmente, mais oxidativos, com maiores quantidades de fibras tipo I do que os músculos mais superficiais, envolvidos

em movimentos rápidos. Dentro do músculo, a área mais profunda do músculo tem maior proporção de fibras tipo I e uma maior capacidade oxidativa do que a área mais externa (4).

Têm sido descritas grandes diferenças nas proporções dos diferentes tipos de fibra muscular entre os músculos dos membros, tronco e cabeça. Um estudo de Kirchofer et al. (2002) descreveu 38 músculos e mostrou que as fibras do tipo I ocupam um volume 10% mais elevado nos músculos com uma posição mais cranial relativamente aos que se localizam mais caudalmente. Os músculos do acém foram categorizados, maioritariamente, como vermelhos enquanto os do pojadouro foram classificados como brancos (5).

A atividade física é outro fator importante que influencia tanto as características das fibras como o perfil metabólico dos músculos esqueléticos, uma vez que a atividade física induz a mudança das fibras brancas para vermelhas. Os bovinos criados em pastagem e que apresentam maiores níveis de atividade física, possuem quantidades mais elevadas de mioglobina, em resposta à elevada percentagem de fibras oxidativas, quando comparados com animais criados em confinamento (6).

A dieta, particularmente o seu nível energético, também influencia a composição do tipo de fibras musculares. O aumento da ingestão energética leva a um aumento no ganho de peso, o que se repercute numa maior frequência de fibras glicolíticas de contração rápida. Pelo contrário, uma restrição na ingestão de nutrientes durante as fases iniciais da gestação reduz o número de fibras musculares, diminuindo assim a massa muscular, com um possível impacto prejudicial na taxa de crescimento pós-natal e na qualidade da carne. Pelo contrário, os períodos de restrição alimentar, que acontecem frequentemente em sistemas de produção extensiva, conduzem a uma diminuição do tamanho de todos os tipos de fibras musculares, especialmente nas fibras glicolíticas de contração rápida. Após esse período, um aumento na ingestão de nutrientes desloca o metabolismo para um tipo mais glicolítico, durante o período de crescimento compensa-

tório (7). Por outro lado, o impacto da restrição energética após o desmame, seguido de crescimento compensatório, pode provocar uma diminuição na área das fibras, acompanhada de um aumento na percentagem de fibras com metabolismo oxidativo (tipos I e IIA) e por uma diminuição da proporção de fibras IIX e da sua atividade enzimática (6). Há, no entanto, vários fatores que interferem no crescimento compensatório como a intensidade e a duração da restrição e da compensação, para além de outros fatores como o genótipo, género ou sexo, o tipo de músculo e a idade do animal (6).

Parece claro que tanto as diferenças no plano nutricional como a natureza da dieta influenciam a composição do tipo de fibras. Os animais alimentados em pastagem apresentam uma frequência mais elevada de fibras oxidativas de contração lenta e uma frequência mais baixa de fibras glicolíticas de contração rápida (6). Além disso, em sistemas de pastoreio, a ingestão energética acima do necessário para a manutenção é utilizada para a deposição de tecido muscular e adiposo. No entanto, as taxas de crescimento e deposição de gordura são mais lentas comparativamente a animais em fase de acabamento, que estão confinados ou que são alimentados com concentrados. Em geral, esta taxa de crescimento mais lenta está associada a uma menor qualidade da carne (7). Por sua vez, uma dieta suplementada com polifenóis, de que é exemplo o resveratrol, já demonstrou promover a conversão de fibras musculares glicolíticas em fibras musculares oxidativas nos músculos de bovinos, melhorando assim a qualidade da carne (1). Portanto, compreender os efeitos dos regimes alimentares sobre o tipo e a composição da fibra muscular e o seu crescimento é realmente necessário, pois as alterações têm um impacto nas características da qualidade da carne, tais como a cor e a tenrura (7).

O tipo de fibras musculares também influencia a cor da carne, com algum impacto na preferência dos consumidores. A carne avermelhada é, normalmente, a preferida e o aumento na proporção de fibras tipo I diminui a estabilidade da cor com uma possível mudança

para um tom mais acastanhado. Além disto, uma elevada proporção de fibras tipo I é propensa à produção de carne escura, dura e seca, ou seja, uma carne DFD (dark, firm and dry meat). A influência da composição em fibras na tenrura é mais controversa. Porém, em espécies com maturação lenta, como os bovinos, o aumento da proporção de fibras glicolíticas de contração rápida pode ter benefícios no processo de maturação e na tenrura (8).

Num estudo efetuado em amostras de tecido muscular de animais provenientes de 5 grupos, representativos de diferentes planos nutricionais, utilizando anticorpos para as fibras tipo I e tipo II (Figura 14.1), verificámos a inexistência de alterações em cada um dos músculos avaliados, no que diz respeito ao volume relativo ocupado pelos diferentes tipos de fibras (Figura 14.2). Contudo a percentagem de fibras do tipo II foi superior no músculo longuíssimo e no músculo semitendinoso relativamente ao músculo infraespinhoso. Estes resultados indicam que as dietas utilizadas não foram suficientes para alterar as características das fibras musculares e confirma o previamente descrito sobre o predomínio de fibras tipo I nos músculos com localização mais cranial no corpo dos bovinos.

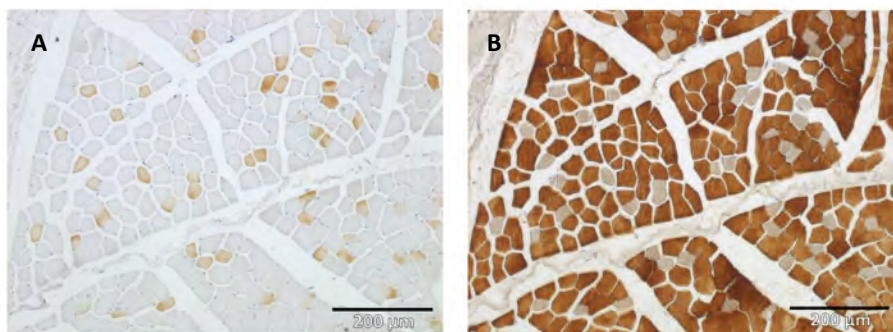


Figura 14.1. Imagens representativas de imunohistoquímica em cortes transversais consecutivos de Carne Arouquesa. A - Marcação com o anticorpo Anti-Myosin SLOW (Fibras do Tipo I). B - Marcação com o anticorpo Anti-Myosin FAST (Fibras do Tipo II).

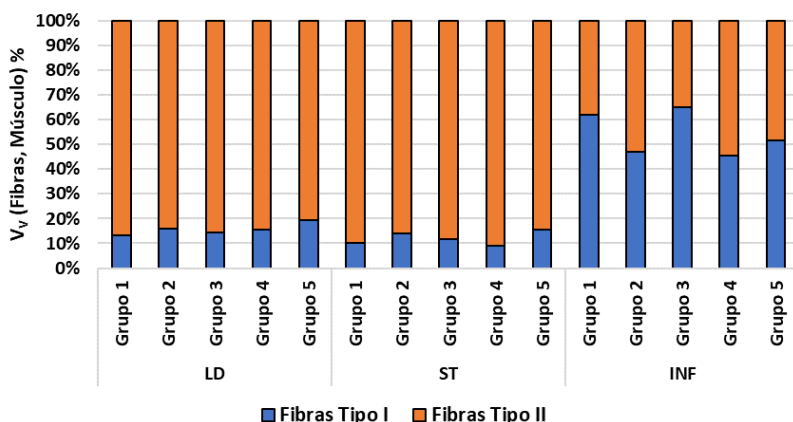


Figura 14.2. Volumes relativos (V_v ; %) de fibras tipo I e II nos músculos longuíssimo (LD), semitendinoso (ST) e infraespinhoso (INF).

Referências

- 1- Li, J., Liang, R., Mao, Y., Yang, X., Luo, X., Qian, Z., . . . Zhu, L. (2022). Effect of dietary resveratrol supplementation on muscle fiber types and meat quality in beef cattle. *Meat Science*. 194: p. 108986.
- 2- Purslow, P.P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*. 70(3): p. 435-447.
- 3- Listrat, A., Leuret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., . . . Bugeon, J. (2016). How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *ScientificWorldJournal*. 2016: p. 3182746.
- 4- Choi, Y.M. & Kim, B.C. (2009). Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. *Livestock Science*. 122(2-3): p. 105-118.
- 5- Kirchofer, K.S., Calkins, C.B., & Gwartney, B.L. (2002). Fiber-type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science*. 80(11): p. 2872-8.
- 6- Gagaoua, M. & Picard, B. (2020). Muscle Fiber Properties in Cattle and Their Relationships with Meat Qualities: An Overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 68(22): p. 6021-6039.
- 7- Wicks, J., Beline, M., Gomez, J.F.M., Luzardo, S., Silva, S.L., & Gerrard, D. (2019). Muscle Energy Metabolism, Growth, and Meat Quality in Beef Cattle. *Agriculture-Basel*. 9(9).
- 8- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing - Relation to meat quality. *Meat Science*. 84(2): p. 257-270.

15. A avaliação das características nutricionais na Carne Arouquesa

António Silva, Ricardo Cardoso, Laura Sacarrão-Birrento, Luís Félix, Carlos Matos, Sandra Monteiro, Susana P. Alves, André M. de Almeida, Cristina Roseiro e Carlos Venâncio

Animais associados ao sistema tradicional e com um menor nível de suplementação em concentrado dão origem a carnes nutricionalmente mais saudáveis para a saúde humana.

A carne é um dos produtos alimentares de maior valor nutricional e um componente indispensável para uma dieta equilibrada do Homem. A carne, resultando essencialmente da transformação do músculo esquelético, está constituída em termos genéricos por aproximadamente 74% de água, 18% de proteínas, 4-5% de lípidos, 1% de hidratos de carbono e 1% de outras substâncias como as vitaminas, principalmente do grupo B, zinco, selénio, ferro, entre outras com menor representação. Assim, na carne de vaca nos seus mais importantes constituintes, para além da água, encontramos a proteína de alto valor biológico, fonte de aminoácidos essenciais (leucina, isoleucina, lisina, metionina, cistina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina, arginina e histidina), alguns ácidos gordos (AG) essenciais, vitaminas e minerais (1).

A composição nutricional da carne de vaca pode sofrer alguma variação dependente da raça, alimentação ingerida, condições climáticas e até da peça anatómica/ corte da carne. Neste sentido, o conhecimento destas características e a influencia que podem sofrer pelo sistema de produção é um aspeto relevante para a valorização

da Carne Arouquesa-DOP. Tendo por base as amostras recolhidas no seguimento do ensaio previamente descrito nos capítulos anteriores, foram realizadas as determinações de humidade, proteína, lípidos, cinzas, minerais, perfil em AG, colesterol e das principais vitaminas.

O teor em humidade foi determinado por desidratação da amostra a 105°C até peso constante. Na avaliação do teor em proteína, utilizou-se o método Kjeldahl para determinar o teor em azoto total (proteína bruta). O teor em cinza total foi determinado após uma pequena porção de amostra ser incinerada em forno mufla a uma temperatura de $550 \pm 25^\circ\text{C}$. Os lípidos totais foram analisados por gravimetria após extração com mistura de solventes orgânicos (diclorometano:metanol, 1:1, v/v). Tomando como exemplo o músculo infraespinhoso, podemos verificar pelas determinações realizadas que nos valores de proteína, cinzas e humidade, apenas se verificou uma ligeira diminuição na humidade no grupo G5 (desmame aos 5 e abate aos 12 meses). Relativamente ao teor em lípidos, verificou-se que o valor mais baixo foi verificado no G4, no entanto, este não diferiu do G1 e G5 (Figura 15.1). Também verificamos que os valores médios de proteína foram de 19% no músculo infraespinhoso, ligeiramente inferiores aos encontrados no músculo longuíssimo torácico e músculo semitendinoso que foram de cerca de 23% (resultados não apresentados), o que se pode considerar como estando nos valores normais de referência.

A carne é uma fonte importante de vários minerais como são o potássio, magnésio, sódio e, em particular, dos micronutrientes ferro, selénio, zinco. Para a Carne Arouquesa, não encontramos registos prévios da sua constituição em minerais. A determinação da sua concentração foi realizada através de técnicas de absorção atómica por chama e/ou de absorção atómica em forno de grafite. Os resultados obtidos tomando como exemplo amostras de músculo semitendinoso estão apresentados na Figura 15.2. Realçamos o efeito da suplementação para o equilíbrio verificado entre os grupos e, em parti-

cular, para o aumento dos níveis de selênio nos animais com desmame aos 5 meses e, assim, mais dependentes do suplemento. Este elemento apresenta propriedades antioxidantes e estimulação do sistema imunitário com reflexo positivo na saúde, e consequentemente, considerado benéfico em termos de qualidade nutricional da carne (2).

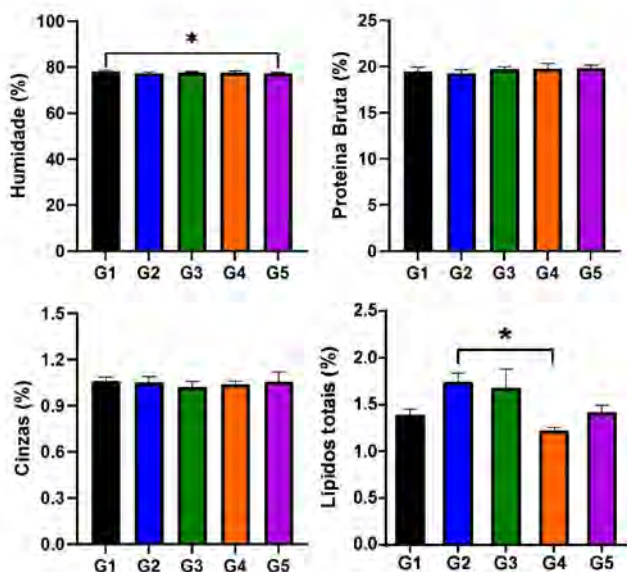


Figura 15.1. Percentagens de humidade, proteína, lípidos totais e cinza no músculo infraespinhoso nos cinco grupos estudados. Valores estão apresentados sob a forma de média \pm desvio padrão. Diferenças entre os grupos são indicadas com o símbolo * ($p < 0,05$).

Para a análise do perfil em AG, foi realizada uma transesterificação direta do músculo liofilizado, de modo a preparar os AG na forma de ésteres metílicos para posterior quantificação por cromatografia gasosa. Na Figura 15.3, apresentam-se apenas os valores totais de AG saturados, monoinsaturados, polinsaturados, ômega-3 e ômega-6 (mg/g carne). Apenas o total em AG polinsaturados não

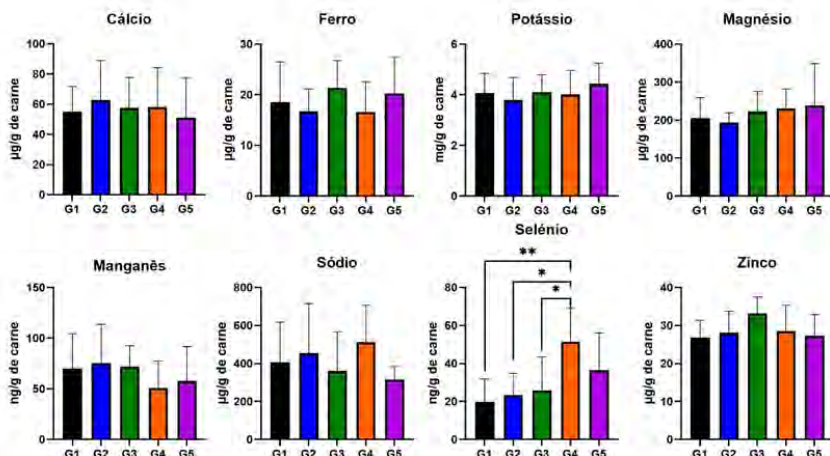


Figura 15.2. Teores da carne nos minerais cálcio, ferro, potássio, magnésio, manganês, sódio, selênio e zinco determinados no músculo semitendinoso nos cinco grupos estudados. Valores apresentados sob a forma de média \pm desvio padrão. Diferenças entre os grupos são indicadas com o símbolo * ($p < 0,05$).

variou significativamente ($p > 0,05$) entre os grupos, todas as outras classes diferiram entre grupos ($p < 0,05$). O grupo 2 apresentou simultaneamente o teor mais elevado em AG saturados e monoinsaturados-*cis*, apresentando teores médios de $6,27 \pm 0,42$ e $6,03 \pm 0,37$ mg/g de carne, respetivamente. No entanto, relativamente aos AG saturados o grupo 2 só diferiu do G4. Nos AG monoinsaturados-*cis* o G2 diferiu do G4, apresentando este o teor mais baixo ($3,40 \pm 0,17$ mg/g carne), e que, por sua vez diferiu do G3. De reforçar que os valores mais elevados em AG polinsaturados ω -3 verificaram-se nos G1 e G2, com cerca de $0,43 \pm 0,04$ e $0,38 \pm 0,05$ mg/g carne, respetivamente. O G1 também apresentou os valores mais baixos em AG *trans* ($0,25 \pm 0,02$ mg/g carne) e ω -6 ($1,62 \pm 0,09$ mg/g carne) comparativamente com os G4 e G5, e com os G3 e G4, respetivamente. Ainda que os valores absolutos em ω -3 sejam

reduzidos, estes resultados mostraram a importância de manter o sistema tradicional da raça Arouquesa com alimentação tradicional e abate aos 9 meses comparativamente com abate aos 12 meses, uma vez que os ómega-3 apresentam conhecidos benefícios para a saúde humana.

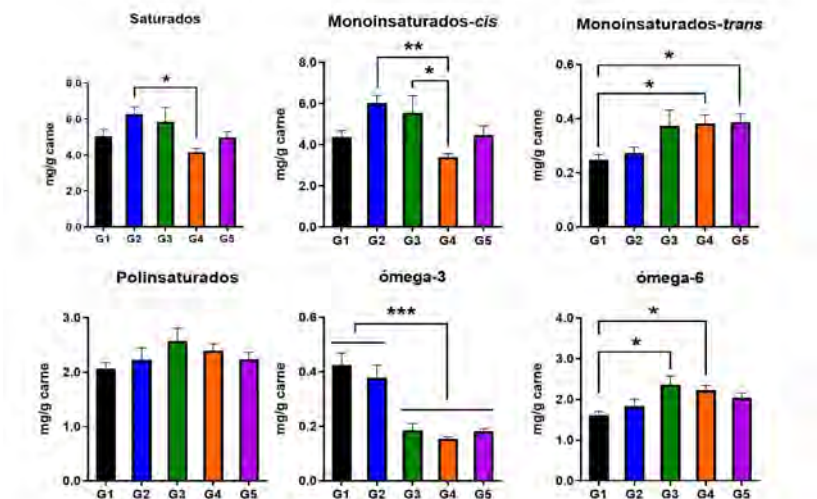


Figura 15.3. Teores em ácidos gordos saturados (sem incluir AG ramificados), monoinsaturados de cadeia *cis*, monoinsaturados de cadeia *trans*, total em polinsaturados e AG ómega-3 e ómega-6, no músculo semitendinoso nos cinco grupos estudados. Valores estão apresentados sob a forma de média \pm erro padrão da média. Dife-

Na tabela 15.1, encontram-se os rácios ómega-6/ómega-3, PUFA/SFA (AG polinsaturados/AG saturados) e h/H (AG hipocolesterolémicos/hipercolesterolémicos) para o músculo infraespinhoso. Os grupos 1 e 2 apresentaram menores valores dos rácios ómega-6/ómega-3 e h/H e maior do PUFA/SFA. Como referido anteriormente, um maior teor em ómega-3 e menor em ómega-6 está associado a uma carne mais saudável (3). No caso do rácio PUFA/SFA, valores

superiores indicam uma maior proporção em AG polinsaturados em relação aos saturados o que indica novamente uma carne considerada melhor para a saúde humana (4), uma vez que os saturados estão associados a doenças cardiovasculares. Finalmente, um rácio h/

Tabela 15.1. Rácios ómega-6/ómega-3, PUFA/SFA (ácidos gordos polinsaturados/ácidos gordos saturados) e h/H (ácidos gordos hipocolesterolémicos/hipercolesterolémicos) para o músculo infraespinhoso nos cinco grupos estudados.

Rácio	G1		G2		G3		G4		G5	
	Média	SEM	Média	SEM	Média	SEM	Média	SEM	Média	SEM
Omega-6/Omega-3	4.12 ^c	0,62	5.28 ^c	0.57	13.82 ^a	0.65	14.48 ^a	0.53	11.32 ^b	0.53
PUFA/SFA	0.43 ^b	0,03 g	0.35 ^b	0.04	0.49 ^{ab}	0.04	0.58 ^a	0.03	0.47 ^{ab}	0.03
h/H	1.89 ^c	0,08 g	2.03 ^{bc}	0.08	2.48 ^a	0.09	2.49 ^a	0.08	2.22 ^{ab}	0.08

a, b e c significa que na mesma linha com letras diferentes há diferenças significativas (p -value < 0.001).

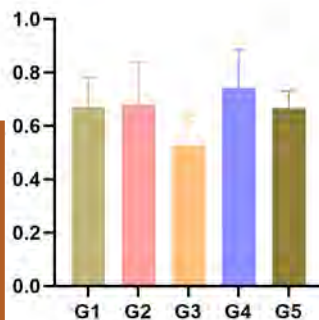
H superior está associado à presença de uma menor quantidade de ácidos gordos hipercolesterolémicos e toma em consideração o efeito de alguns AG no metabolismo do colesterol (5).

O colesterol é um componente essencial das membranas celulares, estando presente tanto nos tecidos musculares como nos adiposos, e a sua abundância depende de muitos fatores, desde as características e desenvolvimento destes tecidos e do próprio animal até à dieta, absorção ou à sua biossíntese (6). Os valores encontrados para o colesterol total no músculo infraespinhoso são os considerados normais para a carne de vaca e não sofreu alterações significativas com a suplementação (Figura 15.4).

As vitaminas também são um grupo de nutrientes essenciais numa dieta equilibrada, pois apesar de serem frequentemente necessários em quantidades mínimas, são muito importantes durante a fase de desenvolvimento e também no funcionamento do organismo dos animais e do Homem. Estas são classificadas em dois grupos,

vitaminas lipossolúveis quando são solúveis na gordura e vitaminas hidrossolúveis quando solúveis em água (7).

Figura 15.4. Valores do colesterol no músculo infraespinhoso. Valores apresentados sob a forma de média \pm desvio padrão.



Nas vitaminas lipossolúveis realizamos a determinação da vitamina A, vitamina D e da vitamina E (tocoferóis). Apesar da carne não ser uma fonte importante destes elementos, estas foram adicionadas no suplemento e poderiam sofrer alterações com a alteração no período de amamentação dos vitelos, sendo, por isso, de perceber a existência de alterações entre os grupos em estudo.

A quantificação simultânea das vitaminas E e A e colesterol foi efetuada por HPLC. Após saponificação com uma solução de KOH 11% a 80°C durante 15 min, as amostras foram extraídas com n-hexano e agitadas vigorosamente por 2 min em vortex. A separação cromatográfica do extrato foi realizada através de coluna de sílica de fase normal (Waters Silica 125 mm \times 4,6 mm), com detecção de fluorescência para os tocoferóis (Ex. 295 nm; Em. 325 nm) e detecção UV-Vis para a vitamina A (325 nm) e colesterol (202 nm), usando como fase móvel n-hexano:1,4-dioxano (97:3, v/v).

Para a determinação da vitamina D3, a amostra foi saponificada com uma solução de KOH 60% e mantida em água fervente durante 45 min. Após arrefecimento, as amostras foram extraídas 3 vezes com uma mistura constituída por éter petróleo e dietiléter (50:50). Após lavagem com água até reação neutra, o extrato foi

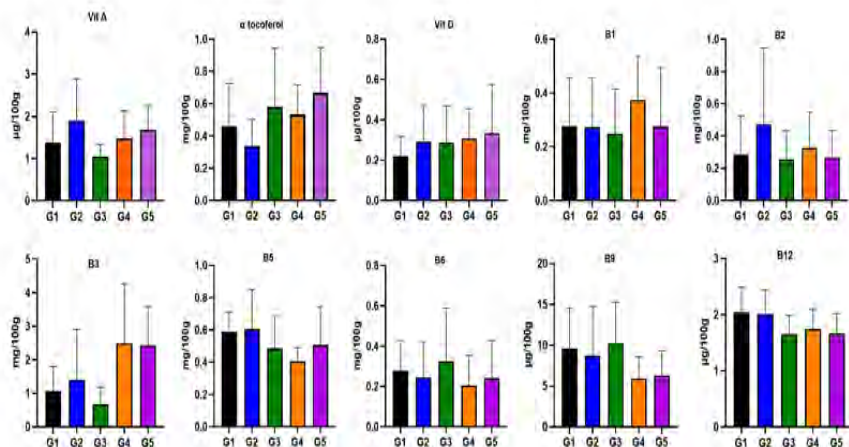


Figura 15.5. Valores de vitamina A, vitamina E (α -tocoferol), vitamina D e das vitaminas do complexo B (B1, B2, B3, B5, B6, B9 e B12) no músculo infraespinhoso. Valores apresentados sob a forma de média \pm desvio padrão. Diferenças entre os grupos são indicadas com o símbolo * ($p < 0,05$).

evaporado à secura e resuspendido em metanol para injeção no HPLC. A separação cromatográfica foi realizada em fase reversa, utilizando como fase móvel uma mistura de metanol:água (95:5) e detecção UV (265 nm).

Os resultados apresentados na Figura 15.5 não mostram a existência de variações significativas nestas três vitaminas, apesar de se verificar alguma tendência de aumento nos grupos dos animais suplementados. Podemos constatar que o α -tocoferol apresenta valores de cerca de 0,5 mg/100 g de carne, estando de acordo com trabalhos anteriores e atribuídos à dependência da erva na sua alimentação. Para além disso, os animais que receberam o novo suplemento ainda aumentaram os níveis de α -tocoferol, o que é considerado um efeito benéfico para a qualidade da carne devido às suas

propriedades antioxidantes, particularmente na redução da peroxidação lipídica (8).

Nas vitaminas hidrossolúveis, a carne é uma fonte muito importante de vitamina B12 (cobalamina), mas também das vitaminas do complexo B: tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3) e piridoxina (B6). Estando em menor quantidade o ácido pantoténico (B5) e a biotina (B7) e ainda em níveis reduzidos o ácido fólico (B9) (1).

As vitaminas hidrossolúveis (vitaminas B - tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, piridoxina, ácido fólico e cobalamina) foram determinadas por HPLC. Após extração com acetato de sódio 0,4 M em banho de água fervente durante 30 min, as amostras são submetidas a hidrólise enzimática com taka-díastase e pepsina em estufa a 45°C durante 18 horas. A separação cromatográfica do hidrolisado foi realizada em fase reversa com coluna Waters Atlantis T3 C18, 250x3,9 mm, utilizando um gradiente de eluição com uma mistura de ácido trifluoroacético 0,025% como solvente A e acetoni-trilo como solvente B. A deteção foi realizada por detetor PDA: 245 nm - B1; 360 nm - B2; 260 nm - B3; 210 nm - B5; 290 nm - B6; 280 nm - B9; 361 nm - B12. Os resultados observados não evidenciaram alterações claras entre os animais sujeitos aos diferentes programas alimentares e encontram-se ao nível dos normalmente registados para a carne de vaca. Apenas de referir que os melhores dos valores médios de niacina se verificam nos animais mais dependentes da suplementação, sendo nos restantes grupos ligeiramente inferiores.

De uma forma genérica, podemos concluir que os grupos associados ao sistema tradicional e com um menor nível de suplementação dão origem a carnes nutricionalmente mais saudáveis para a saúde humana.

Referências

- 1- Pereira, P.M. & Vicente, A.F. (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*. 93(3): p. 586-92.
- 2- Hintze, K.J., Lardy, G.P., Marchello, M.J., & Finley, J.W. (2002). Selenium accumulation in beef: effect of dietary selenium and geographical area of animal origin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(14): p. 3938-42.
- 3- Simopoulos, A.P. (2004). Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International*. 20(1): p. 77-90.
- 4- FAO (2010). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. *FAO Food Nutr Pap*. 91: p. 1-166.
- 5- Pleadin, J., Lesic, T., Kresic, G., Baric, R., Bogdanovic, T., Oraic, D., . . . Zrncic, S. (2017). Nutritional Quality of Different Fish Species Farmed in the Adriatic Sea. *Italian Journal of Food Science*. 29(3): p. 537-549.
- 6- Paukner, K., Lesna, I.K., & Poledne, R. (2022). Cholesterol in the Cell Membrane-An Emerging Player in Atherogenesis. *International Journal of Molecular Sciences*. 23(1).
- 7- Reddy P. & Jialal I. (2023). Biochemistry, Fat Soluble Vitamins. [Updated 2022 Sep 19]. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534869/>
- 8- Descalzo, A.M. & Sancho, A.M. (2008). A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*. 79(3): p. 423-436.

16. O processo oxidativo na carne Arouquesa

Raquel Vieira, Ricardo Cardoso, Luís Félix, António Silva, Maria Manuel Oliveira, Sandra Mariza Monteiro e Carlos Venâncio

Animais criados no sistema tradicional e outros cuja dieta foi suplementada com minerais (cálcio, cobre, cobalto, ferro, manganês, selénio e zinco) e vitaminas (A, E e D) permitiu encontrar uma resposta favorável à suplementação no que se refere à oxidação da carne.

16.1. Introdução

A carne é o produto resultante de alterações contínuas no músculo esquelético que ocorrem após a morte do animal e que conduzem à transformação do músculo em carne, englobando o *rigor mortis* e a maturação (resolução do *rigor mortis*). Durante este processo, além de alterações da estrutura miofibrilar, resultante da proteólise de proteínas miofibrilares que conduzem ao aumento da tenrura da carne, ocorrem também processos oxidativos.

O processo oxidativo ocorre naturalmente e está dependente dos constituintes do músculo e dos vários fatores que o podem condicionar, desde o momento do abate até ao consumidor final. No caso da carne de vitela Arouquesa (Carne Arouquesa – DOP), o período de armazenamento da carne antes da comercialização é normalmente de 3 – 7 dias. Após o abate, as defesas antioxidantes disminu-

em e inicia-se a oxidação dos componentes mais suscetíveis dos tecidos, os lípidos, mioglobina e outras proteínas. Esta oxidação pode produzir compostos que alteram de forma indesejável e prejudicial as características da carne, o que implica a necessidade de um controlo rigoroso para garantir a sua qualidade.

16.2. Processo oxidativo

O processo oxidativo que ocorre na carne é descrito como uma série de reações bioquímicas que envolvem a transferência de átomos de oxigénio, átomos de hidrogénio ou eletrões entre dois compostos que mantêm uma carga química neutra. Um ou mais eletrões são transferidos de um composto que fica oxidado para um recetor/aceitador denominado agente oxidante (1).

O aumento da concentração dos radicais livres também conhecidos como espécies reativas (ER) (espécies reativas de oxigénio e espécies reativas de azoto) e a diminuição das defesas antioxidantes que os eliminam, podem originar, nos organismos vivos, uma condição normalmente conhecida como “stresse oxidativo” (2). No músculo a produção de ER é, até certo nível, um acontecimento comum. Na realidade, o metabolismo celular, nomeadamente das mitocôndrias, retículo endoplasmático, lisossomas, membranas celulares, peroxissomas e do citosol, envolve várias reações químicas com utilização de oxigénio e que, normalmente, são neutralizadas pelas defesas antioxidantes do organismo (3).

Na primeira linha de defesa, encontramos as enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutatona peroxidase (GPx). Outros constituintes com capacidade redutora, como a glutatona reduzida (GSH), as vitaminas E (tocoferóis) e A, entre outros componentes não enzimáticos, também são importantes (4). Na atividade enzimática antioxidante, a SOD é responsável pela conversão do anião superóxido em peróxido de hidrogénio (H_2O_2). Esta encontra-se maioritariamente em duas formas, a dependente do cobre

e zinco (CuZnSOD) no citoplasma e a dependente do manganês (MnSOD) na mitocôndria. A sua atividade também já foi positivamente correlacionada com a presença de α -tocoferol na carne. A CAT é a enzima que se encarrega de realizar a remoção e conversão de H_2O_2 em água e oxigênio, quando o H_2O_2 se encontra em elevadas concentrações. Na sua atividade, os nutrientes coadjuvantes mais importantes são o ferro e os tocoferóis, particularmente o α -tocoferol que se encontra na fase hidrofóbica das membranas celulares (3, 5). A GPx é uma enzima que tem a sua atividade dependente do selênio e utiliza como substrato a glutatona reduzida (GSH), de modo a neutralizar o H_2O_2 . Apesar de ter afinidade para a mesma molécula que a CAT, existe uma seleção natural tendo em conta as condições celulares e os níveis de H_2O_2 existentes no meio (5).

Nas defesas antioxidantes não enzimáticas devemos referir como uma das principais a GSH (6). A GSH é utilizada na redução do H_2O_2 pela GPx passando depois ao estado oxidado (GSSG). Por sua vez, a GSSG pela ação da glutatona redutase (GR) e NADPH é novamente reduzida a GSH, repondo desta forma os seus níveis celulares (6).

As vitaminas E e A apresentam particular capacidade antioxidante. A vitamina E é um dos mais importantes antioxidantes lipossolúveis por impedir os processos de interação de radicais livres com os lípidos e a conseqüente oxidação lipídica (3, 7). Na vitamina A, o seu precursor β -caroteno, tem uma elevada capacidade antioxidante desenvolvendo frequentemente esta atividade conjugado com a vitamina E (7).

O teor em minerais existentes na carne também pode influenciar o processo oxidativo e, dessa forma, poderá ter um papel importante na qualidade da carne. Alguns minerais como o manganês referido para a SOD ou o selênio para a GPx são cofatores enzimáticos, contudo, outros são metais de transição, como o cobre ou o ferro, podem favorecer a formação de radicais livres, ao possuírem

eletrões desemparelhados, sendo-lhes atribuída alguma capacidade pró-oxidante (7).

As defesas antioxidantes, que protegem o organismo *in vivo* contra danos oxidativos são, em regra, rapidamente esgotadas no músculo, após o abate, deixando a carne exposta à oxidação durante o armazenamento. Assim, a qualidade da carne está dependente das alterações bioquímicas e estruturais que ocorrem no músculo, após o abate, e em que o processo oxidativo tem um papel determinante. Estas alterações são uma preocupação em termos de qualidade sensorial, do valor nutricional, da segurança química e do valor económico da carne. Assim, a normal e relativamente baixa oxidação que ocorre durante o correto processo de maturação da carne contribui para a proteólise e desenvolvimento da cor e sabor desejáveis.

16.3. Oxidação lipídica

A oxidação lipídica é um processo complexo com interação de várias vias metabólicas que conduzem a alterações, as quais podem ter efeitos favoráveis, mas que, quando em excesso, se tornam indesejáveis.

Normalmente, os primeiros alvos na oxidação lipídica são os ácidos gordos polinsaturados (PUFAs, do inglês “polyunsaturated fatty acids”) e os fosfolípidos, que são vulneráveis à ação do oxigénio molecular através de um mecanismo radical (HO^\cdot). Desta reação surgem os hidroperóxidos que são inodoros, não interferindo no aroma. Porém, são altamente instáveis e da sua decomposição resultam um grande número de compostos secundários que incluem hidrocarbonetos, aldeídos, cetonas, álcoois, ésteres e ácidos, responsáveis pelos odores e sabores a ranço (8).

Para além disso, os produtos da oxidação lipídica e das reações com iões metálicos originam compostos como o 4-hidroxi-2-nonenal, malondialdeído, alcanos (etano e pentano) e isopreno que

são responsáveis por odores e sabores a ranço e apresentam toxicidade para o consumidor (3, 8).

16.4. Oxidação proteica

A oxidação das proteínas na carne pode ser o resultado da ação direta de ER ou pode ser iniciada pelos produtos secundários da oxidação lipídica. As alterações que ocorrem neste processo passam pela modificação das cadeias laterais dos aminoácidos e da sua consequente fragmentação, possível agregação e ainda polimerização (9, 10). Se este fenómeno ocorrer numa pequena escala os seus efeitos não são condicionantes no consumo do produto. Contudo, se não for controlado, este processo resulta numa disrupção a nível bioquímico e estrutural, como exemplo temos oxidação de grupos tiol, hidroxilação de anéis aromáticos, formação de hidroperóxidos e formação de grupos carbonilo. Como consequência, estas alterações podem originar uma diminuição da biodisponibilidade de aminoácidos essenciais e na digestibilidade da proteína, causando problemas nutricionais e sensoriais, para além de interferir com capacidade de retenção de água da carne (suculência), com a tenrura e com a cor (9, 10).

Oxidação da mioglobina

A mioglobina é uma proteína solúvel em água que se encontra no citoplasma das células musculares, cujo cofator é o grupo heme (grupo prostético que consiste num átomo de ferro incluído no centro de um anel orgânico heterocíclico designado de protoporfirina IX) (11). O estado redox da mioglobina condiciona o pigmento que se forma, com repercução na cor que a carne apresenta. A oxidação do ferro do grupo heme é responsável pela descoloração, uma mudança de oximioglobina (OxyMb), vermelho brilhante, para metamioglobina (MetMb), vermelho acastanhado. Quando o grupo heme ferroso (Fe^{2+}) oxida ficando na forma férrica (Fe^{3+}), o oxigénio é libertado e substituído por uma molécula de água, dando uma aparência à car-

ne que não é desejável para os consumidores. A oxidação dos lípidos e a oxidação da mioglobina estão relacionados uma vez que os peróxidos lipídicos podem reagir com o ferro reduzido conduzindo à oxidação da mioglobina (8, 11).

16.5. Controlo do processo oxidativo na carne

As intervenções que se podem realizar para controlar o processo oxidativo centram-se na sua minimização pela melhoria da capacidade antioxidante ou pela diminuição das condições pró-oxidantes. Este controlo pode ser realizado durante a criação e alimentação dos animais, na fase de processamento da carne e no seu armazenamento (Figura 16.1). A melhoria da capacidade antioxidante da carne pode ser conseguida pelo aumento dos níveis endógenos de agentes antioxidantes durante a vida do animal ou através de adição posterior à carne. O aumento da capacidade antioxidante endógena pode ser atingido com a alimentação tradicional dos animais à base de erva (Figura 16.1). Com recurso exclusivo à alimentação tradicional, nem sempre é possível, fornecer antioxidantes em quantidade suficiente. Assim, a utilização de suplementos ricos em vitami-

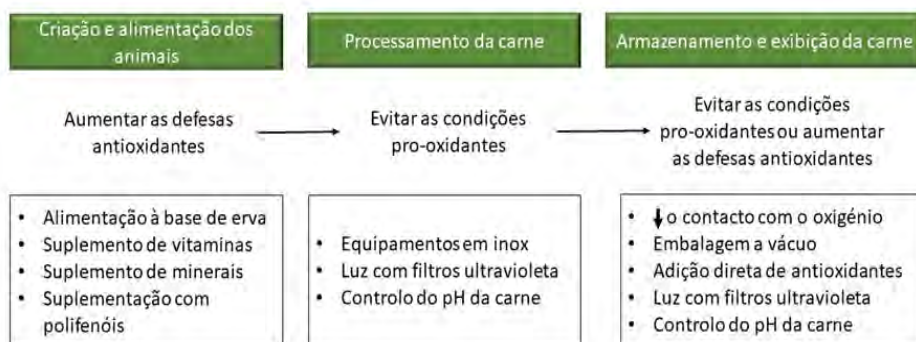


Figura 16.1. Estratégias mais utilizadas para prevenir e reduzir o processo oxidativo na carne, adaptado de (12).

nas (A, E e C), minerais (selênio, cobre, manganês e ferro) e polifenóis poderá ser vantajosa na redução da oxidação dos lípidos e, conseqüentemente, numa melhor estabilidade da cor da carne (8, 13).

No armazenamento da carne, existe uma gama de compostos possíveis de utilizar com a finalidade de retardar/inibir os processos oxidativos. Estes podem ser de origem química ou natural. Contudo a autorização para a sua utilização em carne fresca é limitada (Regulamento Conselho Europeu N.º 1333/2008), restringindo-se a gases de embalagem (tais como o oxigênio, dióxido de carbono, argon e azoto). Em preparados pré-embalados de carne fresca picada poderão, porém, ser utilizados alguns agentes com propriedades antioxidantes como ácido ascórbico e ácido cítrico ou os seus sais.

Também podem ser realizados alguns procedimentos para minimizar as condições pró-oxidantes durante o processamento e armazenamento da carne, como sejam, a utilização de materiais plásticos e de inox, luzes com filtros UV, controlo do pH da carne e embalagem a vácuo para manter baixos níveis de oxigênio atmosférico (12).

16.6. Avaliação do processo oxidativo na carne

A avaliação do processo oxidativo pode passar, direta ou indiretamente, pela determinação da concentração de ER, da capacidade antioxidante, da atividade das enzimas antioxidantes (SOD, CAT, GPx, ...) ou pela quantificação dos compostos antioxidantes não enzimáticos (exemplo das glutatonas). Para além disso, também são frequentemente utilizados como indicadores os diversos produtos resultantes da oxidação dos lípidos (exemplo dos hidroperóxidos ou do malondialdeído) e da oxidação das proteínas (grupos carbonilos e tióis). O malondialdeído é um produto secundário da peroxidação lipídica, que reage com o ácido tiobarbitúrico, formando um cromóforo possível de detetar a uma absorvância máxima de 530 nm pela

técnica das ER ao ácido tiobarbitúrico (TBARS - do inglês thiobarbituric acid reactive species) presentes numa amostra (14). Para obter uma ideia mais exata do processo oxidativo, pode ser necessária a avaliação de um conjunto vários parâmetros. Contudo, em vários trabalhos o malondialdeído surge de forma isolada como indicador deste processo por ser representativo da oxidação lipídica. Na Figura 16.2, está apresentada a evolução normal da peroxidação lipídica na carne Arouquesa, determinada pelo método de TBARS, a qual apresenta, tradicionalmente, uma adequada proteção antioxidante (15).

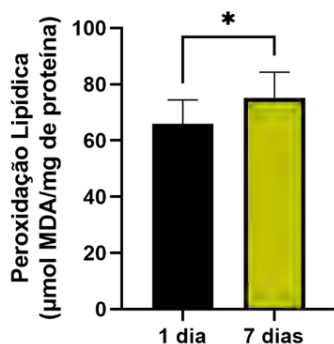


Figura 16.2. Aumento natural da oxidação da carne Arouquesa entre o dia 1 e 7 *post mortem*, avaliada pelo método de TBARS.

A comparação entre animais criados no sistema tradicional e os outros cuja dieta foi suplementada com minerais (cálcio, cobre, cobalto, ferro, manganês, selênio e zinco) e vitaminas (A, E e D) permitiu encontrar uma resposta favorável à suplementação no que se refere à oxidação da carne. A nível da capacidade antioxidante, verificámos o aumento da atividade da GPx em amostras de carne às 24h de frio, da glutathione-S-transferase (GST) aos 7 dias *post mortem*, no músculo longuíssimo torácico (figura 16.3), e ainda, nos animais abatidos aos 9 meses, uma redução na peroxidação lipídica (TBARS) em amostras de músculo semitendinoso aos 7 dias.

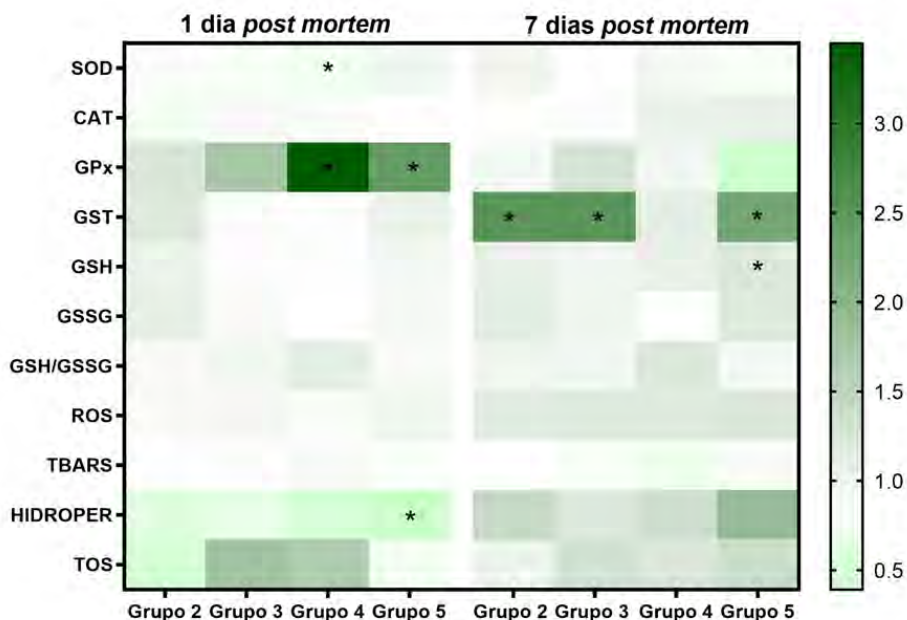


Figura 16.3. Heatmaps dos parâmetros de stresse oxidativo avaliados no músculo longuíssimo torácico 1 dia e 7 dias post mortem. Dados normalizados e as diferenças assinaladas em função do grupo controlo (grupo 1), * $p < 0,05$.

Referências

- 1- Ponnampalam, E.N., Hopkins, D.L., Giri, K., Jacobs, J.L., Plozza, T., Lewandowski, P., & Bekhit, A. (2017). The use of oxidative stress biomarkers in live animals (in vivo) to predict meat quality deterioration post-mortem (in vitro) caused by changes in muscle biochemical components. *J Anim Sci.* 95(7): p. 3012-3024.
- 2- Lushchak, V.I. & Storey, K.B. (2021). Oxidative stress concept updated: Definitions, classifications, and regulatory pathways implicated. *EXCLI J.* 20: p. 956-967.
- 3- Bekhit, A.E.A., Hopkins, D.L., Fahri, F.T., & Ponnampalam, E.N. (2013). Oxidative Processes in Muscle Systems and Fresh Meat: Sources, Markers, and Remedies. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 12(5): p. 565-597.

- 4- Ighodaro, O.M. & Akinloye, O.A. (2019). First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria Journal of Medicine*. 54(4): p. 287-293.
- 5- Aguilar, T.A.F., Navarro, B.C.H., & Pérez, J.A.M. (2016). Endogenous antioxidants: a review of their role in oxidative stress. *A master regulator of oxidative stress-the transcription factor nrf2*: p. 3-20.
- 6- Forman, H.J., Zhang, H., & Rinna, A. (2009). Glutathione: overview of its protective roles, measurement, and biosynthesis. *Mol Aspects Med*. 30(1-2): p. 1-12.
- 7- Castillo, C., Pereira, V., Abuelo, A., & Hernandez, J. (2013). Effect of supplementation with antioxidants on the quality of bovine milk and meat production. *ScientificWorldJournal*. 2013: p. 616098.
- 8- Li, Y. & Liu, S. (2012). Reducing lipid peroxidation for improving colour stability of beef and lamb: on-farm considerations. *J Sci Food Agric*. 92(4): p. 719-26.
- 9- Lund, M.N., Heinonen, M., Baron, C.P., & Estévez, M. (2011). Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular nutrition & food research*. 55(1): p. 83-95.
- 10- Soladoye, O.P., Juarez, M.L., Aalhus, J.L., Shand, P., & Estevez, M. (2015). Protein Oxidation in Processed Meat: Mechanisms and Potential Implications on Human Health. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 14(2): p. 106-122.
- 11- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., & Suman, S.P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: mechanistic bases and control. *Meat Sci*. 86(1): p. 86-94.
- 12- Beltrán, J.A., Roncalés, P., & Bellés, M. (2019). Biochemical Reactions During Fresh Meat Storage, in *Encyclopedia of Food Chemistry*, L. Melton, F. Shahidi, and P. Varelis, Editors. Academic Press: Oxford. p. 224-232.
- 13- Santos-Silva, J., Alves, S.P., Francisco, A., Portugal, A.P., Dentinho, M.T., Almeida, J., . . . Bessa, R.J.B. (2023). Forage based diet as an alternative to a high concentrate diet for finishing young bulls - Effects on growth performance, greenhouse gas emissions and meat quality. *Meat Science*: p. 109098.
- 14- Wallin, B., Rosengren, B., Shertzer, H.G., & Camejo, G. (1993). Lipoprotein oxidation and measurement of thiobarbituric acid reacting substances formation in a single microtiter plate: its use for evaluation of antioxidants. *Anal Biochem*. 208(1): p. 10-5.
- 15- Quaresma, M., Trigo-Rodrigues, I., Costa, J., & Bessa, R.J.B. (2013). O efeito da sazonalidade, do músculo e da raça nos teores de colesterol total, β -caroteno e vitamina E em bovinos da raça Alentejana, Arouquesa, Barrosã e Mertolenga criados de acordo com o sistema de certificação DOP. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias* 108 p. (587-588) 127-136.

17. Ómicas na produção de carne bovina: importância destas novas tecnologias para a raça Arouquesa

Laura Sacarrão-Birrento, Susana P. Alves, Carlos Venâncio e André M. de Almeida

Será bastante interessante aplicar as ómicas na Carne Arouquesa de maneira a descrever biomarcadores que possam estar associados à sua qualidade.

Nos últimos anos, as tecnologias denominadas por ómicas, têm vindo a ganhar cada vez mais importância. O termo ómicas refere-se a um conjunto de tecnologias baseadas em biologia molecular que permitem obter informações sobre o funcionamento dos organismos através do estudo das moléculas e das suas interações (1), bem como as respostas dos diferentes metabolismos de células, tecidos, organismos ou até populações quando sujeitos a diferentes condições experimentais, ambientais, alimentares entre muitas outras (2). A combinação de várias destas tecnologias aprofunda o estudo das características produtivas dos animais e da sua fisiologia, uma vez que cada campo analisa diferentes níveis de informação, tal como ilustrado na Figura 17.1.

Ao nível do perfil genético, a genómica estuda o genoma de um organismo, nomeadamente a sua estrutura, função e mapeamento, através da sequenciação do ADN (3). No caso da sequenciação do genoma em animais de produção, esta permite a deteção de variações genómicas e a seleção para diferentes características a partir destas diferenças genéticas (4). Sequencialmente, temos a

epigenômica que estuda o epigenoma, ou seja, as modificações que ocorrem na função do genoma devido a mudanças químicas no ADN (5). O nível seguinte consiste no estudo da transcrição dos genes em mRNA (transcriptômica). Através do isolamento e caracterização das moléculas de mRNA é possível comparar a transcrição dos genes de animais que diferem em certos parâmetros produtivos. Ao aprofundar a análise, temos o estudo da translação do mRNA em proteínas. A proteômica permite estudar o proteoma ao correlacionar a expressão ou modificações das proteínas com certas funções (6). Aprofundando ainda mais, podemos finalmente caracterizar um organismo pelos seus metabolitos. A metabolômica é pois um importante complemento aos estudos anteriormente referidos, uma vez que permite identificar metabolitos associados a inúmeros processos metabólicos e interligar com a expressão de determinados genes e atividade das proteínas (7).

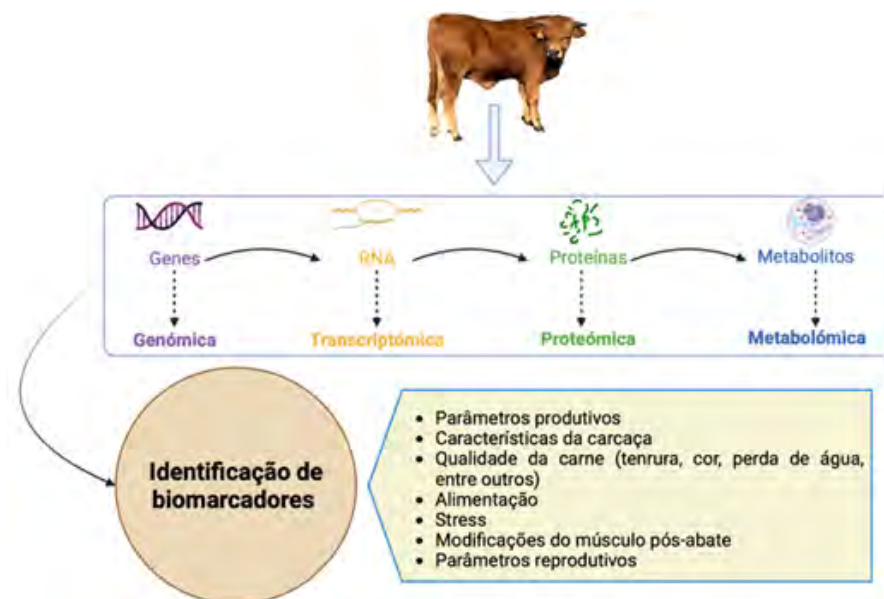


Figura 17.1. Interligação entre as várias ômicas e a importância na identificação de biomarcadores relacionados com a produção de carne.

Os estudos baseados em ômicas encontram-se em expansão e permitem estudar inúmeros fatores em produção animal, como por exemplo conversão de músculo em carne.

Uma das aplicações mais utilizadas é o estudo da tenrura da carne, em que estas tecnologias são utilizadas com o intuito de descobrir biomarcadores associados a este parâmetro. Existem inúmeros estudos que identificaram proteínas associadas a diferentes processos biológicos como a apoptose, proteólise ou o metabolismo energético (8). A título de exemplo, Zhao et al. (2012) analisou o músculo longuíssimo torácico de vitelos Angus geneticamente e fenotipicamente semelhantes, com diferenças na tenrura, tendo encontrado diversas vias envolvidas nesta variação, como por exemplo o metabolismo lipídico, homeostase do colesterol, esterol e lípidos e ainda o desenvolvimento de certos tecidos e a bioquímica de pequenas moléculas. Identificaram variados genes envolvidos na quantidade de gordura intramuscular, como por exemplo a proteína responsiva à hormona tiróidea que se expressa no fígado e nos adipócitos e que tem um papel muito importante na fase inicial do crescimento dos animais na diferenciação do tecido adiposo intramuscular (9). Noutro exemplo, o objetivo foi comparar o perfil de proteínas da carne de animais Limousine cruzados, consoante três tipos de textura diferente (tenrura e suculência) e em duas fontes de proteínas (músculo e plasma). Essencialmente, foi possível verificar diferenças significativas entre as diferentes texturas e mais uma vez identificar proteínas com vias que estão envolvidas na tenrura da carne (10).

Outros parâmetros da qualidade da carne como a cor e a deposição de gordura intramuscular podem ser estudados. A cor da carne é um parâmetro bastante importante e que influencia a escolha do consumidor e é influenciada por inúmeros fatores. Yu et al., 2017 identificou 18 proteínas correlacionadas com parâmetros da cor da carne envolvidas na glicólise, metabolismo energético e função antioxidante no músculo semitendinoso de animais Holstein(11).

Outro aspeto importante que também tem influência na carne é o stress dos vitelos ao desmame e já existem estudos que identificam proteínas como possíveis biomarcadores do stress (12). Ao ter conhecimento destes marcadores e associando às práticas realizadas nas explorações, podemos melhorá-las e reduzir mais um fator que pode influenciar negativamente a produção de carne.

As ómicas podem também ser utilizadas para ajudar na decisão de planos nutricionais no sentido de melhorar a qualidade da carne. Num estudo que pretendeu analisar os efeitos da suplementação com treonina e leucina no leite de substituição para vitelos antes do desmame, foram analisados o músculo e o plasma, com o objetivo de perceber se ocorrem modificações a nível das proteínas bem como do metabolismo energético. Não tendo havido diferenças ao nível produtivo, no ganho médio diário, peso corporal e ingestão diária de alimento, ao combinar diversas análises (metabolómica, proteómica e análises clínicas) foi possível observar adaptações ao nível metabólico como o aumento do metabolismo oxidativo do músculo nos animais suplementados e modificações nos sistemas defensivos do plasma (13).

Em conclusão, as ómicas são técnicas com um elevado retorno de resultados, permitindo aprofundar os estudos em produção animal ao analisar os processos metabólicos por detrás das características produtivas. Na raça Arouquesa não existem nenhuns estudos a este nível. Tratando-se de uma raça associada a um produto certificado DOP (Denominação de Origem Protegida), em que a qualidade da carne é essencial, torna-se bastante interessante aplicar estas técnicas de maneira a descrever biomarcadores que possam estar associados à qualidade. Ao aplicar as ómicas poderemos obter informações essenciais que descrevam a qualidade da carne desta raça, mas também arranjar formas de melhorar o sistema de produção sem afetar os parâmetros DOP.

Referências

- 1- Kasper, C., Ribeiro, D., de Almeida, A.M., Larzul, C., Liaubet, L., & Murani, E. (2020). Omics Application in Animal Science-A Special Emphasis on Stress Response and Damaging Behaviour in Pigs. *Genes*. 11(8).
- 2- Ribeiro, D.M., Salama, A.A.K., Vitor, A.C.M., Arguello, A., Moncau, C.T., Santos, E.M., . . . Almeida, A.M. (2020). The application of omics in ruminant production: a review in the tropical and sub-tropical animal production context. *Journal of Proteomics*. 227.
- 3- Singh, P.K., Singh, P., Singh, R. P., & Singh, R. L. . (2021). From gene to genomics., in *Advances in Animal Genomics*, S.M.R.L. Singh, Editor. Elsevier.
- 4- Rexroad, C., Vallet, J., Matukumalli, L.K., Reecy, J., Bickhart, D., Blackburn, H., . . . Community, A.A.G. (2019). Genome to Phenome: Improving Animal Health, Production, and Well-Being - A New USDA Blueprint for Animal Genome Research 2018-2027. *Frontiers in Genetics*. 10.
- 5- Singh, K., Molenaar, A.J., Swanson, K.M., Gudex, B., Arias, J.A., Erdman, R.A., & Stelwagen, K. (2012). Epigenetics: a possible role in acute and transgenerational regulation of dairy cow milk production. *Animal*. 6(3): p. 375-381.
- 6- Lovric, J. (2011). *Introducing proteomics : from concepts to sample separation, mass spectrometry, and data analysis* 1st ed.: Wiley-Blackwell.
- 7- Palma, M., de Almeida, A. M., & Matzapetakis, M. . (2018). NMR Metabonomics pari passu with Proteomics: Two Relevant Tools for Animal Sciences Combined., in *Proteomics in Domestic Animals: from Farm to Systems Biology* Springer International Publishing. p. 447-462.
- 8- Wu, W., Fu, Y., Therkildsen, M., Li, X.M., & Dai, R.T. (2015). Molecular Understanding of Meat Quality Through Application of Proteomics. *Food Reviews International*. 31(1): p. 13-28.
- 9- Zhao, C., Tian, F., Yu, Y., Luo, J., Hu, Q., Bequette, B.J., . . . Song, J. (2012). Muscle transcriptomic analyses in Angus cattle with divergent tenderness. *Mol Biol Rep*. 39(4): p. 4185-93.
- 10- Zhu, Y., Gagaoua, M., Mullen, A.M., Viala, D., Rai, D.K., Kelly, A.L., . . . Hamill, R.M. (2021). Shotgun proteomics for the preliminary identification of biomarkers of beef sensory tenderness, juiciness and chewiness from plasma and muscle of young Limousin-sired bulls. *Meat Science*. 176.
- 11- Yu, Q., Wu, W., Tian, X., Hou, M., Dai, R., & Li, X. (2017). Unraveling proteome changes of Holstein beef M. semitendinosus and its relationship to meat discoloration during post-mortem storage analyzed by label-free mass spectrometry. *J Proteomics*. 154: p. 85-93.

12- O'Loughlin, A., McGee, M., Doyle, S., & Earley, B. (2014). Biomarker responses to weaning stress in beef calves. *Research in Veterinary Science*. 97(2): p. 458-463.

13- Yu, K., Matzapetakis, M., Horvatic, A., Terre, M., Bach, A., Kules, J., . . . Bassols, A. (2020). Metabolome and proteome changes in skeletal muscle and blood of pre-weaning calves fed leucine and threonine supplemented diets. *Journal of Proteomics*. 216.

utad



cevargado

Os resultados confirmam a diferença.

**Criadores
da Raça
Arouquesa**

**PDR
2020** PROGRAMA DE
DESENVOLVIMENTO
RURAL 2014 · 2020

**PORTUGAL
2020**



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu Agrícola
de Desenvolvimento Rural

A Europa Investe nas Zonas Rurais