

Avaliação do crescimento de pastagens de sequeiro e do desempenho de ovinos explorados em sistema agrosilvopastoril

Ângelo Saimone José

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau
de Mestre em Tecnologias da Ciência Animal.

Trabalho orientado por:

Prof. Doutor Vasco Augusto Pilão Cadavez

Prof. Doutor Jaime Camilo Afonso Maldonado Pires

Bragança

Dezembro de 2021

Dedicatória

À memória de todos meus ente queridos que certamente teriam muito orgulho em testemunhar mais uma conquista minha. A vós meus pais (Saimone e Sinoia), a si minha mãe (Leonor), a vós meus avós (Mugunda e Eniah), a si meu tio (Noé)...! Um abraço eterno! A sociedade tem uma dívida convosco, pelo homem que vós oferecestes. Levarei sempre comigo os vossos ensinamentos, os princípios e valores que em mim cultivastes, para que nunca me esqueça de quem eu sou e qual é o meu papel nesta jornada que se chama vida.

Este fruto eu dedico!

Agradecimentos

Ao **Todo-Poderoso Criador**, pelo dom da vida e pela graça que em mim abunda!

Ao Instituto de Bolsas de Estudo de Moçambique, Camões-Instituto da Cooperação e Língua e, Instituto Politécnico de Bragança pela oportunidade concedida através da bolsa de estudos para o Mestrado na terra das lusíadas.

Aos meus orientadores, Professor Doutor Vasco Cadavez e Professor Doutor Jaime Maldonado Pires, pela sábia orientação científica, pelas ferramentas necessárias que ofereceram ao longo deste gratificante percurso, pelo apoio em todas vertentes e sem medir esforço, para que fosse possível lograr este êxito. A vós em especial, faltam-me palavras (...), para expressar o quão grato sou hoje!

A todos Professores e pessoal técnico da Escola Superior Agrária de Bragança, do Centro de Investigação de Montanha e dos Serviços Centrais do Instituto Politécnico de Bragança, pela vossa entrega à causa académico-científica, pelo vosso profissionalismo, por todo suporte e caloroso acolhimento que me deram durante os dois anos de convívio na Terra Fria Transmontana. Vós fizestes valer a pena a minha estadia em Portugal, por isso, a minha palavra de apressado e profunda gratidão!

À Elsa, companheira de vida, e à minha princesa Aniyah Mailyn, pelos momentos difíceis que passaram durante os dois anos que estive ausente a frequentar este curso e, pelo amor incondicional que sempre deram-me, acreditando em mim mesmo quando as minhas forças e autoconfiança foram abaladas, vós tendes a minha eterna gratidão!

Ao meu pai-amigo, Eng^o Domingos Zipsa Madane, pelo apoio e orientação em todos os momentos desta caminhada, especialmente por participar ativamente na reforma e reedificação do meu mundo espiritual. Por colocar a prêmio a sua reputação em defesa

daquilo que acreditou ser a coisa certa, por confiar tanto Naquele que está no comando das nossas vidas e que detém o projeto original da nossa criação, guarde a minha gratidão sem tamanho!

Aos amigos e família que fiz durante a minha experiência de vida trans-atlântica, e hoje carrego somente boas lembranças, deixo o meu caloroso abraço! Sem vós esta caminhada teria sido muito mais dura e sem sal. Convosco aprendi novos conceitos e nova forma de viver e conviver. Deus abençoe-vos e guarde o coração de cada um de vós! Hoje tenho-vos como «minha família internacional» (Moçambique, Portugal, Brasil, Cabo-verde, Guiné Bissau, São Tomé e Príncipe, Angola e Ucrânia) e por isso, a minha eterna gratidão é convosco! Sim, consegui, graças ao apoio dado por cada um de vós, mental, físico-material, emocional e espiritual! Esta conquista é também sua: Prince Angel, Dra Ângela Aragão, Sónia, Alexandre, Professora Margarida, Professora Sância, Professor Bastos, Professor Ramiro, Professor Alfredo, Professor José Alberto, Eng^a Ana, Eng^a Rita, Eng^a Etelvina, Soraia, Mateus, Débora, Marleta, Ângela, Maina, Édson, Cremildo, Daniel, Emily Tamy, Estelinha, Luan, Paulo e Rosi Gonçalves, Olena, Wing, Eng^o Rocha, Eng^o João Condado, Sr. Luís Paulos, Sr. João, Jesus, Gimanihsy, Vanessa, Eliziane Emerita, Natasha, Patrícia, Braima, Fábio, Bruno, Dona Maria, Dona Isabel, Rita, Luís, Francisco, Odete Linda, Gisela, Crodinilson, Carlos, Filipe Lema, só para citar alguns nomes.

Resumo

Dada a tendência global crescente por busca de soluções que garantem o uso racional de recursos e sistemas sustentáveis de produção de alimentos, gerada pelo crescimento acelerado da população e pelas mudanças nos padrões climáticos, dois estudos foram conduzidos na Quinta do Pinheiro Manso da Escola Superior Agrária de Bragança, com vista a fazer face a estes desafios que a humanidade enfrenta.

O primeiro estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a evolução do crescimento Primavera e da qualidade das pastagens de sequeiro Mediterrânicas no Nordeste Transmontano de Portugal, concretamente na Quinta do Pinheiro Manso. Para tal, foram efetuados cortes quinzenalmente das amostras de pastagem a uma altura de 2 cm do solo, em quadrícula de 50 cm x 50 cm, ao longo da Estação de crescimento supra referida. A seguir a cada corte, as amostras eram pesadas e desidratadas em uma estufa com ventilação forçada a 65°C, e depois tirado o peso da matéria seca (MS). A proteína bruta (PB) e Fibra das amostras foram determinadas em amostras desidratadas a 105°C seguindo-se respetivamente os procedimentos de kjeldahl e Van Soest. As observações da composição florística (CF) foram efetuadas em três momentos, Outono, Inverno e Primavera, pelo método de Pontos Quadrados de Levy. Ainda neste estudo foram ajustados modelos não lineares ao crescimento da pastagem, com recurso ao método de mínimos quadrados não lineares. Os dados foram analisados em R. Do Outono à Primavera foi observada uma variação em termos da CF, onde a fração das leguminosas aumentou ($p < 0,05$) de $12,23 \pm 4,38\%$ para $32,70 \pm 6,077\%$, as gramíneas não variaram ($p > 0,05$), a fração de solo nu reduziu ($p < 0,05$) de $19,10 \pm 4,081\%$ para $0,52 \pm 0,369\%$ e as outras espécies reduziram ($p < 0,05$) de $38,92 \pm 5,234\%$ no Inverno para $21,52 \pm 5,625\%$ na Primavera. A produção cumulativa da MS durante a Primavera foi de cerca de 6,2t/ha e a média ao longo dos cortes efetuados foi de 1,04t/ha. Ao longo da mesma Estação Primavera, a PB teve tendência de reduzir com a evolução do tempo e a Fibra aumentou. Os modelos Logístico,

de Weibull, de Ratkowsky e de Gompertz ajustaram a curva de crescimento Primavril da pastagem de sequeiro e o modelo de Weibull foi o que ajustou com melhor qualidade.

O segundo estudo, foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da adição de uma mistura de algas marinhas no crescimento e nos atributos de qualidade da carcaça e da carne de cordeiros. Este ensaio teve lugar no mesmo espaço referenciado no primeiro estudo, tendo sido para o efeito utilizados 30 cordeiros da raça Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho, divididos em 3 lotes homogêneos de 10, relativamente ao sexo, tipo de parto e peso vivo (PV) no início do ensaio. Os lotes foram aleatoriamente alocados a três tratamentos: alimento concentrado com adição de 5% de mistura de algas (CA), alimento concentrado (CO) e pastoreio (PA). Todos os cordeiros tiveram acesso *ad libitum* a água e a feno de prado natural, foram pesados quinzenalmente e o PV foi utilizado para calcular o ganho médio diário (GMD). Após 60 dias de experiência, os cordeiros foram abatidos, as carcaças foram refrigeradas a 4°C durante 24h, após o qual se obteve o peso de carcaça fria (PCF), tendo-se calculado os rendimentos em carcaça (RCF). A gordura pélvica e renal (GPR) foi removida e pesada. O pH, a capacidade de retenção da água (CRA) avaliada pelas perdas por exsudação e por cocção, a cor (CIELAB) e a tenrura (*Warner-Bratzler-Shear-Force*) da carne foram medidos no músculo *Longissimus lumborum*, após 7 dias de maturação embalado a vácuo e armazenado a 4°C. Os dados foram analisados com o *software* R. Os cordeiros do tratamento PA apresentaram menor ($p<0,05$) GMD ($102\pm 8,750$ g/dia) e não se observaram diferenças ($p>0,05$) entre os tratamentos CA ($173\pm 11,396$ g/dia) e CO ($157\pm 15,931$ g/dia). Ao comparar-se o GMD antes e durante o ensaio, este aumentou ($p<0,05$) no tratamento CA, manteve-se ($p>0,05$) no tratamento CO e diminuiu ($p<0,05$) no tratamento PA. Comparativamente aos cordeiros do tratamento PA, os dos tratamentos CA e CO apresentaram maior ($p<0,05$) PCF ($7,56\pm 0,289$ versus $11,02\pm 0,635$ e $9,88\pm 0,331$ Kg), maior ($p<0,05$) RCF ($40,4\pm 0,774$ versus $44,9\pm 0,595$ e $45,2\pm 0,515\%$) e maior ($p<0,05$) GPR ($187,5\pm 18,162$ versus $318,8\pm 35,250$ e $322,2\pm 36,430$ g). Todas as carcaças apresentaram pH inferior a 5,70 e não se observaram diferenças ($p>0,05$) entre os tratamentos na cor, na tenrura e na CRA. A formulação de alimento concentrado com 5% da mistura de algas mostrou potencial para melhorar a taxa de crescimento dos cordeiros.

Palavras-chave: Pastagem de sequeiro, modelação de crescimento, crescimento de cordeiros, qualidade de carne.

Abstract

Given the growing global trend to search for solutions that ensure the rational use of resources and sustainable food production systems, generated by rapid population growth and changing weather patterns, two studies were conducted at Quinta do Pinheiro Manso of Escola Superior Agrária de Bragança (ESAB), in order to address these challenges facing humanity.

The first study was conducted with the aim of evaluating the evolution of Spring growth and quality of Mediterranean dryland pastures in the Northeast Transmontano of Portugal, specifically at Quinta do Pinheiro Manso. For this purpose, fortnightly grass samples were cut at a height of 2 cm from the soil, in 50 cm x 50 cm grid, during the above mentioned growing season. After each cut, the samples were weighed and dehydrated in an oven with forced ventilation at 65°C, and then the weight of dry matter (DM) was taken. The crude protein (CP) and Neutral Detergent fibre (NDF) of the samples were determined on dehydrated samples at 105°C following respectively the Kjeldahl and Van Soest procedures. Observations of floristic composition (FC) were made at three moments, autumn, winter and spring, by Levy's Square Point Method. Also in this study non-linear models were fitted to the growth of the grassland, using the non-linear least squares method. The data were analysed in R. From autumn to spring a variation was observed in terms of FC, where the legume fraction increased ($p < 0,05$) from $12,23 \pm 4,38\%$ to $32,70 \pm 6,077\%$, grasses did not vary ($p > 0,05$), the bare soil fraction reduced ($p < 0,05$) from $19,10 \pm 4,081\%$ to $0,52 \pm 0,369\%$ and the other species reduced ($p < 0,05$) from $38,92 \pm 5,234\%$ in winter to $21,52 \pm 5,625\%$ in spring. The cumulative yield of DM during spring was about 6,2t/ha and the average over the cuts made was 1,04t/ha. Over the same spring season, CP tended to reduce over time and fibre (NDF) increased. The Logistic, Weibull, Ratkowsky and Gompertz models adjusted the spring growth curve of the dryland pasture and the Weibull model was the one that adjusted with better quality.

The second study was conducted with the aim of evaluating the effect of adding a mixture of seaweed on the growth and quality attributes of the carcass and meat of lambs. This trial was carried out in the same space referred to in the first study. For this purpose, 30 lambs of the Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho breed were used, divided into 3 homogeneous groups of 10, regarding to sex, type of birth and live weight (BW) at the beginning of the trial. The groups were randomly allocated to three treatments: concentrated feed with the addition of 5 % algae mix (CA), concentrated feed (CO) and grazing (PA). All lambs had *ad libitum* access to water and natural meadow hay, were weighed fortnightly and live weight (LW) was used to calculate average daily gain (ADG). After 60 days of trial, the lambs were slaughtered, carcasses were refrigerated at 4°C for 24h, after which cold carcass weight (CCW) was obtained and carcass yields (CCY) were calculated. Pelvic and kidney fat (PKF) was removed and weighed. The pH, water holding capacity (WHC) assessed by exudation and cooking losses, colour (CIELAB) and tenderness (Warner-Bratzler-Shear-Force) of the meat were measured in the *Longissimus lumborum* muscle after 7 days of maturation vacuum packed and stored at 4°C. The data were analysed with R software. Lambs in PA treatment showed lower ($p<0,05$) ADG ($102\pm8,750$ g/day) and no differences ($p>0,05$) were observed between CA ($173\pm11,396$ g/day) and CO ($157\pm15,931$ g/day) treatments. When comparing the ADG before and during the trial, it increased ($p<0,05$) in the CA treatment, maintained ($p>0,05$) in the CO treatment and decreased ($p<0,05$) in the PA treatment. Compared to the lambs in the PA treatment, those in the CA and CO treatments showed higher ($p<0,05$) CCW ($7,56\pm0,289$ versus $11,02\pm0,635$ and $9,88\pm0,331$ Kg), higher ($p<0,05$) CCY ($40,4\pm0,774$ versus $44,9\pm0,595$ and $45,2\pm0,515\%$) and higher ($p<0,05$) PKF ($187,5\pm18,162$ versus $318,8\pm35,250$ and $322,2\pm36,430$ g). All carcasses showed pH lower than 5,70 and no differences ($p>0,05$) were observed between treatments in colour, tenderness and WHC. The formulation of concentrated feed with 5% of the algae mixture showed potential to improve the growth rate of lambs.

Keywords: Rainfed pasture, growth modelling, lamb growth, meat quality.

Conteúdo

Dedicatória	i
Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Lista de Tabelas	xii
Lista de Figuras	xvi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos	xviii
1 Introdução	1
2 Revisão da Literatura	2
2.1 Pastagens e sistemas agrosilvopastoris em Portugal: conceitos e caracteri- zação	2
2.2 Importância das pastagens	3
2.3 Classificação das pastagens	4
2.4 Pastagens de sequeiro mediterrânicas	5
2.4.1 Espécies utilizadas em pastagens de sequeiro mediterrânicas . . .	6
2.4.2 Composição florística das pastagens de sequeiro	8
2.4.3 Método de Pontos Quadrado de Levy para avaliação da composi- ção florística	10
2.4.4 Produtividade das pastagens de sequeiro mediterrânicas	10
2.4.5 Utilização das pastagens de sequeiro	13

2.5	Parâmetros de avaliação de qualidade de uma pastagem	13
2.5.1	Composição química de pastagens	15
2.5.2	Composição analítica de pastagens	16
2.6	Ovinocultura em Portugal: importância e sistemas de produção	22
2.6.1	Caraterização da raça Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho	23
2.7	Micro e macroalgas na alimentação animal	24
2.8	Carne e qualidade da carne	26
2.9	Rendimento em carcaça	27
2.10	Parâmetros físico-químicos de avaliação da qualidade de carne	27
2.10.1	pH	28
2.10.2	Cor	29
2.10.3	Capacidade de retenção da água	30
2.10.4	Textura	31
2.10.5	Gordura subcutânea	32
2.11	Modelos de crescimento em agricultura: Modelos não lineares aplicados ao crescimento de plantas	33
2.11.1	Modelo de Gompertz	35
2.11.2	Modelo Logístico	36
2.11.3	Modelo de Ratkowsky	37
2.11.4	Modelo de Weibull	37
2.12	Ajuste de modelos não lineares: estimativa de parâmetros	38
2.12.1	Pressupostos dos modelos	38
2.13	Qualidade de ajuste dos modelos	39
2.13.1	Desvio padrão residual	40
2.13.2	Coefficiente de determinação ajustado	40
2.13.3	Crítério de informação Akaike e Bayesiano	40

3 Avaliação do crescimento Primavera da pastagem de sequeiro mediterrânico:

	Caso Quinta do Pinheiro Manso na Escola Superior Agrária de Bragança	42
3.1	Introdução	44
3.2	Objetivos	46
3.2.1	Geral	46
3.2.2	Específicos	47

3.3	Materiais e métodos	47
3.3.1	Área de estudo	47
3.3.2	Caraterização da pastagem	50
3.3.3	Colheita e preparação das amostras de pastagem	51
3.3.4	Avaliação da composição florística	52
3.3.5	Avaliação do crescimento	53
3.3.6	Fibra e proteína bruta	53
3.3.7	Análise estatística dos dados	54
3.4	Resultados e discussão	55
3.4.1	Evolução da composição florística da pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso	55
3.4.2	Evolução da produtividade e da qualidade de pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso ao longo da Primavera	59
3.4.3	Curvas de crescimento Primavera de pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso	61
4	Efeito da suplementação com mistura de algas marinhas no crescimento e na qualidade da carcaça e da carne de cordeiros da raça Bordaleira-de-Entre- Douro-e-Minho	65
4.1	Introdução	67
4.2	Objetivos	69
4.2.1	Objetivo geral	69
4.2.2	Objetivos específicos	70
4.3	Materiais e métodos	70
4.3.1	Criação e alimentação de cordeiros	70
4.3.2	Caraterização das dietas	71
4.3.3	Preparação das amostras para análises	74
4.3.4	Análise estatística dos dados	78
4.4	Resultados e discussão	79
4.4.1	Efeito da dieta no crescimento e nas caraterísticas da carcaça . . .	79
4.4.2	Efeito da dieta nos atributos físico-químicos da carne	90
4.4.3	Mapa da associação entre a dieta e as caraterísticas de crescimento, carcaça e atributos de qualidade da carne	96

5	Conclusões e recomendações	98
5.1	Estudo do Capítulo 3	98
5.2	Estudo do Capítulo 4	99
A	<i>Outputs</i> do trabalho	A1
B	Participação no 3º Seminário Internacional de Investigação Científica	B1

Lista de Tabelas

2.1	Importância das pastagens permanentes em Portugal e no Mundo.	3
3.1	Espécies pratenses utilizadas na implantação da pastagem permanente de sequeiro na quinta do "Pinheiro Manso" e respectivas proporções	51
3.2	Estatísticas descritivas da percentagem (%) dos grupos funcionais na composição florística da pastagem ao longo das Estações.	55
3.3	Estatísticas descritivas da matéria seca (MS) (t/ha), proteína bruta (PB) (%) e fibra (fibra em detergente neutro (NDF)) (%) na pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso ao longo dos cortes efetuados durante a Primavera de 2021. .	59
3.4	Estimativa de parâmetros, erro padrão das estimativas, valor- p , estatísticas de qualidade de ajuste (critério de informação Akaike (AIC), critério de informação Bayesiano (BIC), R^2_{aj} , desvio padrão residual (DPR)) dos modelos Logístico, de Gompertz, de Ratkowsky e de Weibull em pastagem de sequeiro.	62
4.1	Distribuição dos cordeiros por lotes	70
4.2	Composição das dietas concentradas utilizadas no ensaio de crescimento de cordeiros.	71
4.3	Estatísticas descritivas das variáveis de desempenho de cordeiros submetidos a diferentes dietas.	79
4.4	Estatísticas descritivas dos atributos da qualidade de carne de cordeiros, submetidos a três dietas diferentes.	90

Lista de Figuras

2.1	Curva de produtividade anual das pastagens de sequeiro mediterrânico onde a) representa os anos e/ou regiões de maior precipitação e b) representa os anos e/ou regiões mais secas	11
2.2	Etapas de crescimento de uma gramínea forrageira: evolução da produção e do valor nutricional	15
3.1	Vista aérea da área experimental	48
3.2	Evolução da pluviosidade e temperatura durante o período de condução do ensaio em campo (Janeiro-Junho de 2021).	49
3.3	Caixa de exclusão de pastoreio.	51
3.4	Levantamento da composição florística da pastagem pelo dispositivo de Levy . .	52
3.5	Medição da biomassa fresca da pastagem com recurso a uma balança de precisão 0,01g (à esquerda) e desidratação das amostras em estufa a $65\pm 5^{\circ}\text{C}$ para a determinação da matéria seca do alimento (à direita).	53
3.6	Sistema de fibra detergente de acordo com Van Soest	54
3.7	Evolução da composição florística ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril.	56
3.8	Evolução da proporção das leguminosas na composição florística ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste <i>t</i> de <i>Student</i>	56
3.9	Evolução da proporção das gramíneas na composição florística ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste <i>t</i> de <i>Student</i>	57

3.10	Evolução da proporção de outras famílias na composição florística ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste <i>t</i> de <i>Student</i>	57
3.11	Evolução da proporção das manchas de solo descoberto (solo nu) ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, onde apenas a diferença é significativa a 5% pelo teste <i>t</i> de <i>Student</i>	58
3.12	À esquerda: Curva de acumulação da matéria seca (MS) da pastagem de sequeiro ao longo da Primavera. À direita: Produção da matéria seca obtida por cada corte ao longo da Primavera na pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso. Foi considerado como zero o dia 4 de Março de 2021.	60
3.13	Evolução dos teores de fibra (NDF) e proteína bruta (PB) na pastagem de sequeiro ao longo da Primavera. Foi considerado como zero o dia 4 de Março de 2021.	61
3.14	Análise gráfica da distribuição dos resíduos em relação à distribuição teórica normal dos modelos Logístico, de Gompertz, de Ratkowsky e de Weibull ajustados ao crescimento da pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso	62
3.15	Ajuste da curva de crescimento Primaveril de pastagem de sequeiro pelos modelos Logístico, Gompertz, Ratkowsky e Weibull. Foi considerado como zero o dia 4 de Março de 2021.	63
4.1	Controlo do crescimento de cordeiros com recurso a uma balança electrónica.	71
4.2	Alimentação com concentrado contendo 5% da mistura de micro e macroalgas + feno de prado natural <i>ad libitum</i>	72
4.3	Alimentação com concentrado sem adição de algas + feno de prado natural <i>ad libitum</i>	73
4.4	Alimentação à base de pastagem.	73
4.5	Atordoamento por electronecrose como uma das etapas de abate humanizado, de acordo com as normas da União Europeia (UE) para o bem-estar animal.	74
4.6	Medidor de pH portátil.	75
4.7	Determinação da cor CIELAB com recurso a um colorímetro portátil	76
4.8	Medição da dureza instrumental da carne através da resistência ao corte, pelo analisador de textura equipado com célula de Warner-Bratzler Shear Force (WBSF).	77

4.9	Cozedura da carne em banho-maria para a determinação da capacidade de retenção de água (CRA) pelas perdas por cocção.	78
4.10	À esquerda: Ganho médio diário de massa antes e durante o período experimental nas três dietas; À direita: Estatísticas do ganho médio diário de massa durante o experimento. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste <i>Games-Howell</i>	80
4.11	À esquerda: Evolução do peso vivo ao longo do tempo e à direita: resumo das estatísticas do peso vivo final de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste <i>Games-Howell</i>	83
4.12	Peso de carcaça quente de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste <i>Games-Howell</i>	84
4.13	Peso de carcaça fria de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste <i>Games-Howell</i>	85
4.14	Rendimento da carcaça quente de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste <i>Games-Howell</i>	86
4.15	Rendimento da carcaça fria de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste <i>Games-Howell</i>	86
4.16	Espessura da gordura subcutânea de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste <i>Games-Howell</i>	88
4.17	Gordura pélvica e renal de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste <i>Games-Howell</i>	89

4.18	pH final (24h após o abate) da carcaça de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste de <i>Games-Howell</i>	91
4.19	Cor <i>Commission Internationale de L'éclairage</i> L^* , a^* et b^* (CIELAB) da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste de <i>Games-Howell</i> . . .	92
4.20	Força de cisalhamento da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste de <i>Games-Howell</i>	93
4.21	Área de trabalho de corte da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes	93
4.22	Trabalho de corte da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes . .	94
4.23	Perdas por cocção e exsudação da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste de <i>Games-Howell</i>	95
4.24	Mapa bidimensional das características de crescimento e da carcaça de cordeiros em função das dietas. À esquerda contendo variáveis originais; À direita sem as variáveis originais. GMD:ganho médio diário de peso, PVF:peso vivo final, PCQ:peso de carcaça quente, PCF:peso de carcaça fria, RCQ:rendimento de carcaça em quente, RCF:rendimento de carcaça em frio, EGS:espessura da gordura subcutânea, GR:gordura pélvica e renal	96
4.25	Mapa bidimensional dos atributos da carne de cordeiros em função das dietas. À esquerda contendo variáveis originais; À direita sem as variáveis originais. pH24:pH final, CorL:luminosidade, Cora:índice de amarelo; Corb:índice de vermelho; PEx:perdas por exsudação, PCc:perdas por cocção, RCF:força de corte, RCA:área de trabalho durante o corte, RCG:gradiente	97

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

A_w atividade da água. 27

$\omega - 3$ ômega 3. 24, 87

*pH*₂₄ pH após 24 horas. 90

a* índice de amarelo. 30, 75

ADF fibra em detergente ácido. 19–21, 53

ADL lenhina em detergente ácido. 19–21, 53

AGCC ácidos gordos de cadeia curta. 19

AGPi ácidos gordos polinsaturados. 24, 25

AIC critério de informação Akaike. xii, 39, 40, 54, 62, 63

ANOVA análise de variância. 54, 78, 79

b* índice de vermelho. 30, 75

BEDM Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho. 23, 70

BIC critério de informação Bayesiano. xii, 39, 40, 54, 62, 63

CIE *Commission Internationale de L'éclairage*. 30

CIELAB *Commission Internationale de L'éclairage L*, a* et b**. xvi, 30, 92

CRA capacidade de retenção de água. xv, 27, 28, 30, 31, 74, 77, 78, 90, 91, 95

DFD *dry, firm and dark*. 29

DHA ácido docosa-hexaenoico. 24

DPR desvio padrão residual. xii, 39, 40, 54, 62, 63

EPA ácido eicosapentaenoico. 24

ESA Escola Superior Agrária. 47, 49, 59, 61, 70, 98

IAF índice de área foliar. 45

INRA *Institut National de la Recherche Agronomique*. 18, 20, 21

IPB Instituto Politécnico de Bragança. 47, 49, 59, 70, 98

L* luminosidade. 30, 75

LL *Longissimus lumborum*. 78

LTL *Longissimus thoracis et lumborum*. 32

MO matéria orgânica. 21

MS matéria seca. xii, 17, 20, 45, 50, 51, 59, 60, 98, 99

NDF fibra em detergente neutro. xii, 19–21, 53, 59, 60, 99

PB proteína bruta. xii, 17, 18, 51, 53, 59, 60, 98

PCA análise de componentes principais. 79, 96

PSE *pale, soft and exudative*. 29

UE União Europeia. xiv, 23, 68, 70, 74

WBSF Warner-Bratzler Shear Force. xiv, 77

WRB *World Reference Base for Soil Resources*. 49

Capítulo 1

Introdução

Diante do atual cenário em que se projeta um crescimento acelerado da população global, há naturalmente uma maior preocupação com a utilização sustentável de recursos, bem como a necessidade de incrementar a produção de alimentos de forma amigável ao ambiente. Para dar contribuição neste sentido, foi realizado o presente trabalho com o intuito de compreender a dinâmica do crescimento das pastagens de sequeiro, dada a sua importância como fonte de produção primária no planeta, bem como avaliar a resposta da incorporação de ingredientes alternativos (não convencionais) na dieta de animais no desempenho e nas características da carne.

Para o efeito, dois estudos foram conduzidos na Quinta do Pinheiro Manso, propriedade da Escola Superior Agrária de Bragança, no período compreendido entre Novembro de 2020 e Julho de 2021, no âmbito da dissertação de Mestrado em Tecnologias da Ciência Animal. O presente trabalho (dissertação) é composto por 5 capítulos: I. Uma breve introdução geral; II. A revisão da literatura, III. *Outputs* do estudo sobre o crescimento de pastagens; IV. *Outputs* estudo sobre suplementação de cordeiros e; V. Conclusões e recomendações.

Em relação aos estudos realizados, foi no primeiro trabalho avaliada a dinâmica da composição florística ao longo das Estações (Outono, Inverno e Primavera), a evolução da produtividade e da qualidade da pastagem ao longo da Primavera e, ajustaram-se modelos não lineares para descrever a curva de crescimento de uma pastagem de sequeiro explorada em um sistema agrosilvopastoril. No segundo estudo avaliou-se o efeito de três dietas: a) concentrado com adição de algas, b) concentrado sem algas e, c) pastagem, sobre o desempenho e atributos de qualidade da carne de cordeiros.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

2.1 Pastagens e sistemas agrosilvopastoris em Portugal: conceitos e caracterização

Entende-se por **pastagens** um conjunto de culturas de plantas, em geral herbáceas, que crescem num determinado local, cuja produção de biomassa é aproveitada pelos animais domésticos e/ou de produção nas condições em que se encontram, e sendo portanto, sujeitas a ação de preensão, ingestão (desfoliação), pisoteio e dejeção (Moreira, 2002).

Sistema agrosilvopastoril é um tipo de sistema agroflorestal que tem na sua composição árvores, culturas e pastagem/animais. Por sua vez, os sistemas agroflorestais referem-se a sistemas de uso do solo nos quais as espécies arbóreas crescem em associação no espaço e tempo com culturas agrícolas, geralmente anuais (hortícolas ou arvenses), pastagens ou gado, com marcadas interações ecológicas entre os componentes (F. Oliveira et al., 2007; Alpendre et al., 2008, Castro, 2009).

Os sistemas de produção agropecuários das zonas montanhosas do interior Nordeste de Portugal, têm uma forte influência da localização na região Mediterrânica (Castro, 2016). O clima mediterrânico na Península Ibérica é caracterizado por Invernos relativamente suaves e chuvosos e, Verões quentes e secos com altas temperaturas e baixa humidade do solo que geralmente ocorre desde Junho até Setembro (Jongen et al., 2015; Gonçalves et al., 2016). O clima e o tipo de solos, conjugados com o relevo, tornam os solos desta parte do território português pouco produtivos, com longos períodos de escassez de água, e temperaturas extremamente baixas no inverno em algumas regiões do interior (Gonçalves

et al., 2016). Naturalmente, estas condições edafoclimáticas, condicionam a produtividade das pastagens nesta região, sendo por isso, sustentável o cultivo de pastagens em sequeiro sob coberto de árvores (sistemas agrosilvopastoris) na região, assim como para a maior parte da extensão do território nacional (F. Oliveira et al., 2007; Belo, 2019).

Da imensa riqueza de Portugal como território em sistemas agrosilvopastoris, os montados de sobro e azinho são das áreas mais importantes destes sistemas. Subsistem ainda outros sistemas importantes, nomeadamente o “campo-bouça” no noroeste atlântico, os soutos, os lameiros, algumas áreas de olival tradicional e de árvores de fruto com culturas sob coberto (F. Oliveira et al., 2007).

2.2 Importância das pastagens

As pastagens são claramente um conjunto de culturas com maior representatividade a nível mundial e nacional, tal como detalhado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Importância das pastagens permanentes em Portugal e no Mundo.

	Mundo	Portugal
Área Total (10^6 ha)	12766,0	9,0
% da Área agrícola	37,4	39,8
% da Área florestal	31,0	37,8
Área agrícola (10^6 ha)	4911,0	3,6
% da terra arável	28,6	30,1
% da culturas permanentes	3,2	19,5
% da prados e Pastagens permanentes na área agrícola	68,5	50,4
Área total Prados e Pastagens permanentes (10^6 ha)	3364,0	1,8
Área Prados e Pastagens permanentes no total da área (%)	26,4	20,4

Fonte: Adaptado de FAO (2014)

No sistema de produção de ruminantes, o objetivo principal das pastagens é o fornecimento de alimento (Moreira, 2002; Freixial e Barros, 2012; Cruz et al., 2019). Entretanto, as pastagens quando inseridas em sistemas sustentáveis de uso de solos como o caso de sistemas agrosilvopastoris, são ainda importantes não apenas como produtoras de alimento para estes animais, mas também como elementos fundamentais para a ocupação e ordenamento do território, no aproveitamento e valorização de áreas sem aptidão para outros fins, como a atividade agrícola (Freixial e Barros, 2012; Simões et al., 2016; Correia, 2018).

Os prados inseridos nestes sistemas, desempenham ainda um papel relevante no estabelecimento de rotações de culturas com coerência do ponto de vista agronómico. Protegem ainda os solos dos riscos de erosão ao manterem um coberto vegetal permanente, bem como permitem a reciclagem de nutrientes devido a sua forma de aproveitamento, o pastoreio direto (Moreira, 2002; F. Oliveira et al., 2007; Freixial e Barros, 2012; A. Monteiro et al., 2014; Simões et al., 2016; Pornaro et al., 2017).

Para além das inúmeras vantagens das pastagens acima mencionadas, vale ainda fazer alusão ao seu valiosíssimo papel sobre o ambiente (Belo, 2019), como o sequestro de carbono e consequente redução da emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera e contribuindo desta forma para a melhoria da qualidade do ar (Velthof et al., 2014), bem como, na purificação da água (Velthof et al., 2014; A. Monteiro et al., 2014). Estas pastagens quando inseridas em sistemas agrosilvopastoris, desempenham igualmente um importante papel multifuncional como infraestruturas ecológicas, fornecendo habitats para flora e fauna, bem como na manutenção da harmonia da paisagem (F. Oliveira et al., 2007; Pornaro et al., 2017). E por estarem na base da cadeia de produção de alimentos, possibilitam uma série de atividades que contribuem para a fixação da população, combatendo desta forma a desertificação e, impulsionando atividades económicas a nível local com a oferta dos seus produtos (Crespo, 2011; Freixial e Barros, 2012; A. Monteiro et al., 2014).

2.3 Classificação das pastagens

Em função dos objetivos, existem várias propostas de classificação de pastagens a nível global e europeu, mais detalhes podem ser vistos em FAO (2005) e Velthof et al. (2014). Porém, estas classificações não diferem da usada por Moreira (2002), a qual é dirigida especificamente para Portugal, sendo por isso a que foi adotada neste trabalho. Este autor classifica as pastagens em: permanentes ou temporárias, semeadas ou naturais/espontâneas, irrigadas ou de sequeiro.

Segundo Moreira (2002), são consideradas **permanentes** quando têm uma longa duração, tanto quanto o seu estado de conservação e produtividade o permite, sendo em caso contrário substituídas por nova pastagem. São **temporárias** quando são cultivadas em rotações com outras culturas agrícolas, tendo, portanto, uma duração mais curta e pré-

determinada. Este autor, sugere a implantação das pastagens permanentes em solos de baixa aptidão agrícola e as temporárias para solos com aptidão agrícola, sendo assim, usadas com objetivo de fazerem parte de rotações com outras culturas.

Ainda segundo Moreira (2002), as pastagens semeadas são as que resultam da semeadura pelo homem de plantas selecionadas, ao passo que as espontâneas são as que crescem de forma natural sem introdução deliberada pelo homem, embora possam ser sujeitas a técnicas de melhoramento que condicionam a sua composição florística.

No que diz respeito ao regime hídrico, as pastagens podem ser consideradas por pastagens de sequeiro se apenas beneficiam para a sua produção, da água que é proveniente da precipitação que ocorre, ao passo que, pastagens irrigadas ou de regadio são as cultivadas com recurso a suplementação das suas necessidades hídricas através da água de rega (Moreira, 2002; Freixial e Barros, 2012).

2.4 Pastagens de sequeiro mediterrânicas

As pastagens de sequeiro, com a produção dependendo exclusivamente da água da precipitação, tal como referido anteriormente, podem ser naturais, formadas por espécies de crescimento espontâneo, ou semeadas, nas quais são introduzidas espécies selecionadas, melhoradas e bem adaptadas às condições edafoclimáticas da região, melhorando a composição florística e aumentando o seu potencial quantitativo e qualitativo (C. A. Martins, 2017).

Em condições mediterrânicas, a produção deste tipo de pastagens está naturalmente dependente das condições climáticas desta região (Moreira, 2002; Jongen et al., 2015). O verão típico da região impõe características e restrições muito marcadas às pastagens de sequeiro, pelo que se pode falar de uma tipologia de “pastagens de sequeiro mediterrânicas” (Moreira, 2002). Trata-se de pastagens com predomínio de plantas anuais (destacando-se as leguminosas), com ciclo de produção outono-primaveril, capazes de formar um banco de sementes no solo que possibilita a sua regeneração anual no início da estação de chuvas no Outono (Moreira, 2002; Gaona et al., 2013).

2.4.1 Espécies utilizadas em pastagens de sequeiro mediterrânicas

Existe uma grande variedade de espécies e cultivares de leguminosas e de gramíneas anuais, com uma boa plasticidade na adaptação às condições edafoclimáticas das regiões Mediterrânicas (Moreira, 2002; Freixial e Barros, 2012). Estas têm como característica a capacidade de completar o seu ciclo e formar sementes antes do período estival, para assim garantirem a sua persistência. Há também algumas espécies vivazes, com notáveis capacidades de resistência ao período estival (dormência fisiológica ou raízes profundas capazes de obter água nas camadas inferiores do solo), com boa e rápida capacidade de recrescimento no período de outono/inverno (Freixial e Barros, 2012).

Estas espécies, originárias da bacia Mediterrânica, possuem mecanismos que lhes conferem características como: alguma capacidade de sobrevivência ao fogo, uma grande capacidade de produção de sementes e, outras, a capacidade de ressementeira natural, da qual o trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.) é um ótimo exemplo (Freixial e Barros, 2012). Esta característica num grupo alargado de espécies, baseia-se na capacidade de produzirem sementes com elevado grau de dureza, ou seja, sementes que temporariamente permanecem impermeabilizadas, principalmente entre o final do Verão e início do Outono, onde as primeiras chuvas geralmente acontecem seguidas por um longo período sem precipitação numa situação de falsa abertura do Outono. Estes mecanismos de adaptação garantem a persistência das espécies na pastagem (Freixial e Barros, 2012).

Leguminosas

Devem utilizar-se preferencialmente espécies e cultivares de leguminosas anuais de ressementeira natural. De entre as espécies e cultivares de leguminosas, as mais importantes nas condições do sequeiro mediterrânico são as do género *Trifolium* (trevo) (Freixial e Barros, 2012). Dentro deste género podem-se citar algumas espécies como, o trevo rosa (*Trifolium hirtum* All.), o trevo entaçado (*Trifolium cherleri* L.), o trevo encarnado (*Trifolium incarnatum* L.), o trevo balansa (*Trifolium michelianum* Savi) e o trevo da Pérsia (*Trifolium resupinatum* L.) (Freixial e Barros, 2012; Gonçalves, 2015).

Contudo, nas condições de sequeiro mediterrânico, a espécie mais usada é o **trevo subterrâneo** (*Trifolium subterraneum* L.), por ser originária da região, apresenta uma excelente adaptação às suas condições edafoclimáticas (Friddle, 2018). É uma leguminosa anual, de porte prostrado, com desenvolvimento de outono/primaveril. O trevo subterrâ-

neo, com as suas três subespécies (Nichols, 2004), *Trifolium subterraneum* L. adaptado a solos ácidos e texturas ligeiras ou francas, o *Trifolium brachycalycinum* Katzen e Morley, adaptado a solos neutros, pouco ácidos ou pouco alcalinos e com texturas pesadas e o *Trifolium yanninicum* Katzen e Morley que se desenvolve melhor em solos com má drenagem, que encharcam no inverno, também designados por trevos subterrâneos S, B e Y, possuem uma grande variedade de cultivares com ciclos distintos e com uma enorme capacidade de adaptação às distintas condições edafoclimáticas (Freixial e Barros, 2012). É uma das espécies-chave na implantação de pastagens temporárias e permanentes de sequeiro nas condições Mediterrânicas (Freixial e Barros, 2012; A. Monteiro et al., 2014; Gonçalves, 2015).

Para além do trevo subterrâneo, a **serradela** (*Ornithopus* spp.), é também uma das mais importantes leguminosas anuais para pastagens nas zonas Mediterrânicas (Freixial e Barros, 2012). Esta espécie possui um modelo de crescimento muito similar ao do trevo subterrâneo, superando-o mesmo em solos arenosos e ácidos, crescendo bem em solos argilosos e ácidos (Gonçalves, 2015) e, contribui para a melhoria das características físicas (estrutura), químicas (azoto e matéria orgânica) e biológicas (aumento da atividade dos microrganismos) do solo (Freixial e Barros, 2012). A serradela amarela (*Ornithopus compressus* L.) é a que possui um uso mais generalizado na região Mediterrânica, sendo uma leguminosa anual com crescimento no outono, inverno e primavera. É uma espécie com origem nas regiões Mediterrâneas, Central e Noroeste da Europa (Freixial e Barros, 2012; A. Monteiro et al., 2014; Gonçalves, 2015).

As **luzernas** anuais (*Medicago* spp) depois do trevo subterrâneo, são possivelmente as leguminosas mais utilizadas no mundo para a instalação de pastagens (Moreira, 2002; Freixial e Barros, 2012). Incluem as várias espécies anuais do género *Medicago*, (*Medicago truncatula* Gaertn., *Medicago rugosa* Desr. in Lam., *Medicago scutellata* (L.) Miller, *Medicago littoralis* Rhode ex Loisel, *Medicago tornata* (L.) Mill. e *Medicago polymorpha* L.) (A. Monteiro et al., 2014). São espécies anuais, com porte ascendente, tendo por isso uma menor aptidão para suportar pastoreios intensos que o trevo subterrâneo (Freixial e Barros, 2012). São interessantes para a composição de pastagens temporárias em rotação com culturas de cereais para grão (Moreira, 2002; Freixial e Barros, 2012). Por possuírem raízes mais profundas, que as do trevo subterrâneo, são mais resistentes à secura, estando por isso bem adaptadas às condições Mediterrâneas com precipitações entre 250 – 300

mm, Invernos suaves e Verões prolongados, têm também melhor sobrevivência estival, contudo exigem solos de pH neutro a alcalino, o que limita o seu uso em Portugal (Freixial e Barros, 2012; A. Monteiro et al., 2014).

Gramíneas

Dentre as espécies de gramíneas utilizadas em pastagens de sequeiro, o **azevém anual** (*Lolium rigidum* Gaud.), é a mais interessante para utilização em pastagens de sequeiro nas condições Mediterrâneas, com Verões secos e prolongados. É dotado de uma boa capacidade de produção de sementes duras, permitindo uma boa capacidade de ressementeira natural, razão pela qual a sua utilização deve ser cautelosa quando em rotação com cereais (Lopes et al., 2006; Freixial e Barros, 2012; A. Monteiro et al., 2014).

Na instalação de pastagens de sequeiro, de entre as **gramíneas perenes**, preferência deverá ser dada às espécies e/ou cultivares que exibam boa capacidade de resistência ao período estival, seja por dormência fisiológica ou por possuírem raízes profundantes que possibilitem a obtenção de água nas camadas mais profundas do solo, e uma boa e rápida capacidade de recrescimento no período de outono/inverno, o **panasco ou pé-de-galo** (*Dactylis glomerata* L.), será a espécie mais recomendada, devido à sua elevada plasticidade de adaptação em temos climáticos e pedológicos (Freixial e Barros, 2012). O uso do azevém perene (*Lolium perenne* L.), da festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) e do rabo-de-zorra (*Phalaris aquatica* L.) deverá ser limitado às áreas nas quais o clima e o solo garantem o fornecimento de água às plantas (Freixial e Barros, 2012; A. Monteiro et al., 2014).

2.4.2 Composição florística das pastagens de sequeiro

Composição florística refere-se à diversidade da flora existente numa determinada área (Caldeira et al., 2011). Numa pastagem, conhecer a sua composição em termos de famílias botânicas ou espécies pratenses que a constituem, ajuda a determinar a proporção dessas espécies ou famílias na produção global da matéria seca, que é um parâmetro especialmente interessante em estudos de qualidade e de produtividade de pastagens (Peratoner e Pötsch, 2019). A composição florística pode exercer um papel de relevo sobre os parâmetros de qualidade de uma pastagem (Peratoner e Pötsch, 2019; Pornaro et al., 2019) como a composição química: teores de proteína, carboidratos e de gordura (Avdiu et al.,

2018; Reiné et al., 2020), o que pode influenciar consideravelmente a fração digestível dos pastos (Belo, 2019) e consequentemente afetar alguns atributos da qualidade das carcaças, como o perfil dos ácidos gordos (Fraser et al., 2004), de animais alimentados em pastoreio (C. Guedes et al., 2007).

Em regiões de clima mediterrânico, numa mesma área observam-se grandes flutuações na composição florística das pastagens compostas por espécies anuais, entre estações de um ano e ao longo dos anos (Peco e Espigares, 1994; Espigares e Peco, 1995). Estas flutuações são atribuídas às práticas de manejo (Abdulatife e Ebro, 2015) e, principalmente, à variação nos padrões climáticos do Outono (quantidade e distribuição da precipitação, bem como variações da temperatura) ao longo dos anos (Peco e Espigares, 1994; Espigares e Peco, 1995). De acordo com Peco e Espigares (1994) e Espigares e Peco (1995), foi postulado que os diferentes padrões climáticos entre anos, podem desempenhar um papel decisivo nos processos competitivos, especialmente durante o período de germinação e estabelecimento de plântulas, pois, diferentes espécies reagem de forma diferente quando sujeitas ao mesmo fator adverso.

Num estudo sobre produção e valor nutritivo de pastagens de Montanha em Vila Meã – Bragança, Pires et al. (2012) reportaram, em relação à composição florística nas parcelas com vegetação espontânea, valores de fração de leguminosas que variaram de: 0 a 3% em 2004, 0 a 21% em 2005 e 0 a 31% em 2007. Ainda no mesmo estudo, as parcelas com pastagem semeada, foi observada a proporção de leguminosas variando de: 0 a 52% em 2004; 0 a 75% em 2005 e 9 a 62% em 2007.

Avaliando a produção de matéria seca (MS), a composição florística, o valor nutritivo e a carga animal para os diferentes tratamentos em pastagem natural e semeada no sequeiro do Alentejo, pastoreada por ovinos, Belo et al. (2018) reportaram valores de composição florística média após três anos, de 2,3% em pastagem natural e 6,4% em pastagem semeada de leguminosas. Foi ainda observado no mesmo estudo, um domínio do grupo de “outras”¹ espécies com uma média de cerca de 62% na pastagem natural. As gramíneas tiveram uma média de 35,7% em pastagem natural.

¹ Espécies pratenses dicotiledóneas que não sejam leguminosas

2.4.3 Método de Pontos Quadrado de Levy para avaliação da composição florística

O método de pontos de Levy é conhecido como o método de intercepção pontual, pontos quadrados ou método de pontos (Levy e Madden, 1933; Goodall, 1952; Goodall, 1953 citados por Peratoner e Pötsch, 2019). Com este método, a ocorrência de uma espécie não é registada dentro de uma determinada área, mas sim num ponto definido (Peratoner e Pötsch, 2019; Pornaro et al., 2019). Normalmente, fazem-se descer as agulhas de arame verticalmente nos pontos de intersecção de uma armação de grade ou através de furos regularmente espaçados, sendo que o ponto de contacto entre a agulha e a vegetação identifica a espécie ou grupo de espécies a ser registado (Peratoner e Pötsch, 2019; Pornaro et al., 2019).

É um método que oferece melhor objetividade e precisão para investigações da dinâmica vegetativa do que a estimativa visual por exemplo, sem requerer um equipamento tão sofisticado como a espectrometria e a fotografia (Peratoner e Pötsch, 2019). Contudo, possui alguma desvantagem devido ao elevado esforço em termos de tempo, sem, no entanto, ultrapassar a separação manual que demanda mais tempo ainda (Peratoner e Pötsch, 2019). Em caso de condições de vento e vegetação alta, as medições tornam-se difíceis ou até impossíveis (Peratoner e Pötsch, 2019). Aliado a isso está igualmente a necessidade de um elevado número de réplicas para capturar espécies raras que eventualmente possam ocorrer na área de estudo (Peratoner e Pötsch, 2019).

2.4.4 Produtividade das pastagens de sequeiro mediterrânicas

Segundo Moreira (2002), as pastagens de sequeiro nas regiões mediterrânicas têm como principal limitação da produção anual a falta de água na estação quente (Junho – Setembro) em cerca de 2/3 do território continental e, no interior Norte e Centro onde o frio é mais acentuado no inverno, sobretudo nas montanhas, este passa a ser outro fator limitante ao crescimento de pastagens, impondo também a interrupção de crescimento entre Dezembro e Fevereiro. Refere ainda o mesmo autor que 5,5 °C constitui o zero vegetativo das pastagens e a temperaturas inferiores a 8-10 °C o crescimento de gramíneas temperadas reduz-se consideravelmente.

A partir do estudo feito por Crespo (1975) citado por Freixial e Barros (2012), foi pos-

sível obter produções entre 3 a 9 t MS/ha/ano a partir de pastagens semeadas nas condições de sequeiro Mediterrâneo, produção esta que se encontra, no entanto, irregularmente distribuída ao longo do ano como mostra a curva da Figura 2.1, e que pode também variar muito entre anos.

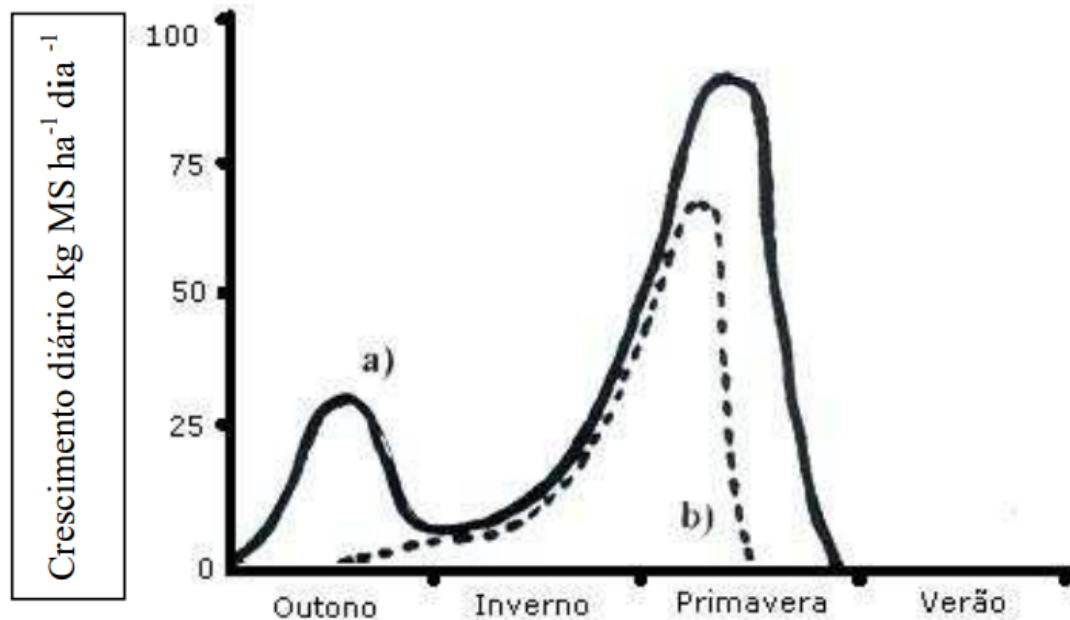


Figura 2.1: Curva de produtividade anual das pastagens de sequeiro mediterrânico onde a) representa os anos e/ou regiões de maior precipitação e b) representa os anos e/ou regiões mais secas

Fonte: Moreira (2002)

De acordo ainda com a Figura 2.1, é notório um registo de crescimento máximo diário de pastagens de sequeiro em termos de produção de matéria seca, atingindo o pico na primavera, com valores de cerca de 90 kg de MS/ha/dia nos anos de maior precipitação, e cerca de 65 kg de MS/ha/dia nos anos mais secos. A produtividade média anual das pastagens de sequeiro nas montanhas do território interior português pode segundo Salgueiro (2008), alcançar valores aproximadamente a 5 t de MS/ha.

Belo et al. (2018), indicam 1500 kg de MS/ha, como o valor de referência para a produtividade de pastagens naturais em regime de sequeiro para a região do clima mediterrâneo. Os mesmos autores, num trabalho de avaliação da produtividade, do valor nutritivo e da carga animal de pastagem natural e semeada, em regime de sequeiro no Alentejo, registaram uma produtividade média de cerca de 2790 kg MS/ha/ano.

De acordo com Freixial e Barros (2012), quando no Outono se verifica uma precipitação em quantidades significativas, cedo na estação, isto é, no início de setembro, fatores

como a humidade, a temperatura e a radiação podem permitir a um ligeiro pico de produção da biomassa, que adicionada à escassa produção de inverno, são responsáveis pela produção de cerca de 15% a 35% do total da produção anual, que, contudo, não se regista quando as primeiras chuvas só acontecem tardiamente.

Com o decréscimo das temperaturas e o encurtamento dos dias no final do Outono e início do Inverno, o crescimento da pastagem é limitado sobretudo pelas baixas temperaturas e mais acentuadamente nas leguminosas (Freixial e Barros, 2012). Este fenómeno nas regiões do interior ocorre sobretudo durante os meses de Dezembro e Janeiro, sendo que, a partir dos meses de Fevereiro/Março, a conjugação dos fatores humidade, temperatura e radiação proporciona a fase de crescimento e desenvolvimento da pastagem durante a Primavera, atingindo o seu pico máximo de produção, e a produtividade entre 50 e 120 kg MS/ha/dia, podendo representar cerca de 65 a 85% da produção total anual da pastagem (Freixial e Barros, 2012).

Num estudo de avaliação de técnicas alternativas para melhorar pastagens de sequeiro, nas colinas mediterrânicas do nordeste de Portugal, Pires et al. (2004) obtiveram rendimentos médios anuais que variaram desde 9 t de MS/ha/ano, em pastagens que consideraram mais produtivas (localizadas no sopé da montanha/colina, ou seja, em zonas de acumulação), a 3 t de MS/ha/ano em pastagens que consideraram menos produtivas (localizadas no topo da montanha/colina e respetivas encostas).

No estudo da fertilização de fundo, aquando da instalação, de pastagens de sequeiro, utilizando fatores de produção permitidos em agricultura biológica levado a cabo em Vila Meã (Bragança), Fernández Nuñez et al. (2012) concluíram que os tratamentos com fertilização orgânica ou esta combinada com fertilização mineral permitiram obter as maiores produções, atingindo cerca de 3 a 4 t de MS/ha/ano, contra 1-2 toneladas nos tratamentos com fertilização mineral ou sem fertilização.

Com o objetivo de descrever a relação entre a composição botânica das pastagens permanentes (pastagens seminaturais não melhoradas e semi-melhoradas e também pastagens melhoradas no passado mas não exploradas durante pelo menos 5 anos) e os parâmetros de forragem, Andueza et al. (2016), registaram um rendimento médio na fase de silagem de $4,22 \pm 0,21$ t de MS/ha e de $5,42 \pm 0,21$ t de MS/ha na fase de feno.

2.4.5 Utilização das pastagens de sequeiro

O pastoreio é a forma natural e mais eficiente de utilizar a pastagem de sequeiro (Freixial e Barros, 2012; Cruz et al., 2019) e, esta prática assegura maior bem-estar animal e a obtenção de produtos pecuários com superior qualidade, competitivos e de maior segurança alimentar (Monção et al., 2019). Porém, ainda que seja o pastoreio a forma preferencial de utilização deste valioso recurso, importa sublinhar que o excesso de produção durante algumas épocas do ano ou questões relacionadas com necessidades de manejo da pastagem, como o elevado grau de infestação, podem determinar a execução de cortes mecânicos (Freixial e Barros, 2012).

Os sistemas de pastoreio mais empregues nas pastagens de sequeiro à base de plantas anuais de ressementeira natural são: o pastoreio contínuo, o pastoreio contínuo diferido e o pastoreio intermitente (Freixial e Barros, 2012). Onde: no pastoreio contínuo, um grupo de animais utiliza de forma ininterrupta uma mesma parcela; ao passo que, no pastoreio contínuo diferido, é como no pastoreio contínuo de uma parcela, no entanto, com uma interrupção do pastoreio, por exemplo, por cerca de quatro semanas após as primeiras chuvas de outono com a finalidade de favorecer a produção ou a persistência da pastagem; e no pastoreio intermitente, uma parcela é apascentada durante um período aleatório de tempo, entrando depois em descanso, voltando a ser usada novamente em pastoreio quando a oferta alimentar for julgada satisfatória (Freixial e Barros, 2012; Velthof et al., 2014).

2.5 Parâmetros de avaliação de qualidade de uma pastagem

A qualidade de uma pastagem, expressa em termos do seu valor alimentar, fornece uma indicação sobre o seu valor potencial para alimentar os ruminantes em pastoreio (Adesogan et al., 2000; Belo, 2019). A avaliação da qualidade de uma pastagem pode ser feita através da medição da sua produtividade conjugada com o seu valor alimentar (Adesogan et al., 2000; McDonald et al., 2010; T. Santos, 2018). A produtividade refere-se à quantidade de biomassa produzida por unidade de fator de produção como terra, tempo, recursos financeiros, entre outros (Correia, 2018). Em estudos de pastagens importa a

produtividade em termos de matéria seca por unidade de área e de tempo (Velthof et al., 2014). O valor alimentar é definido pela resposta produtiva dos animais ao consumo total da pastagem o qual inclui, o valor nutritivo por unidade de biomassa (Adesogan et al., 2000; McDonald et al., 2010).

O valor alimentar das pastagens é variável, dependente de numerosos fatores, nomeadamente: 1) fatores ligados à planta: família, género, espécie, fase de desenvolvimento, interação entre espécies; 2) fatores edafo-climáticos: clima, tipo de solo, fertilizações e; 3) fatores ligados ao animal: espécie, estado fisiológico, nível de produção, nível de ingestão, tempo de retenção do alimento no rúmen e frequência das refeições (Reiné et al., 2020). Dentre todos esses fatores de variação supracitados, é a fase de desenvolvimento da planta e a sua família botânica que mais influenciam o valor alimentar das pastagens (Pornaro et al., 2019; Reiné et al., 2020), pois definem a composição morfológica destas (Reiné et al., 2020).

A composição botânica duma pastagem influencia fortemente o seu valor nutritivo, dependendo da abundância relativa de gramíneas e leguminosas (Pornaro et al., 2019). Esta composição influencia diretamente o teor de fibras (Andueza et al., 2016), proteínas (Belo, 2019) e minerais (Schlegel et al., 2016) na pastagem. Ainda relativamente à composição botânica, vale referir que a capacidade de absorção de nutrientes do solo pelos diferentes grupos funcionais de plantas é, geralmente diferente em termos qualitativo e quantitativo (T. Santos, 2018). A título de exemplo, uma pastagem com consociações de leguminosas e gramíneas, as leguminosas tendem muitas vezes a ser mais ricas em azoto, cálcio e magnésio e, são igualmente mais ricas em proteína e minerais do que as gramíneas (Andueza et al., 2016; Schlegel et al., 2016 Belo, 2019) e o seu valor nutritivo decai mais lentamente com o avançar do estado fenológico, enquanto as gramíneas absorvem mais facilmente azoto e potássio e, tendem a ser menos ricas em teores de proteína e ricas em termos energéticos (T. Santos, 2018).

Além da composição botânica, o estado de desenvolvimento das plantas é outro fator de relevo na qualidade de pastagens, tal como ilustrado na Figura 2.2, pois, a composição química e o valor nutritivo das pastagens pode variar em função das necessidades e funções fisiológicas das espécies que a constituem, numa determinada fase (Rossignol et al., 2014; Belo, 2019; Pornaro et al., 2019). Isso porque as plantas jovens tendem a absorver de forma acelerada os elementos minerais em relação às mais velhas, sendo por isso a

sua proporção, em relação à matéria seca, máxima no estágio inicial, diminuindo durante o crescimento devido ao predomínio crescente de compostos orgânicos que se vão sintetizando a partir dos glúcidos oriundos da fotossíntese, à medida que as plantas crescem (Belo, 2019). Este aumento da síntese de compostos orgânicos deve-se sobretudo ao incremento das necessidades da planta em termos de tecidos de suporte e de paredes celulares (celulose, hemicelulose e lenhina), traduzindo-se numa percentagem crescente de caules e decrescente de folhas na matéria seca, que por sua vez contribuem negativamente e globalmente na qualidade de pastagens por afetar a digestibilidade (Adesogan et al., 2000; McDonald et al., 2010).

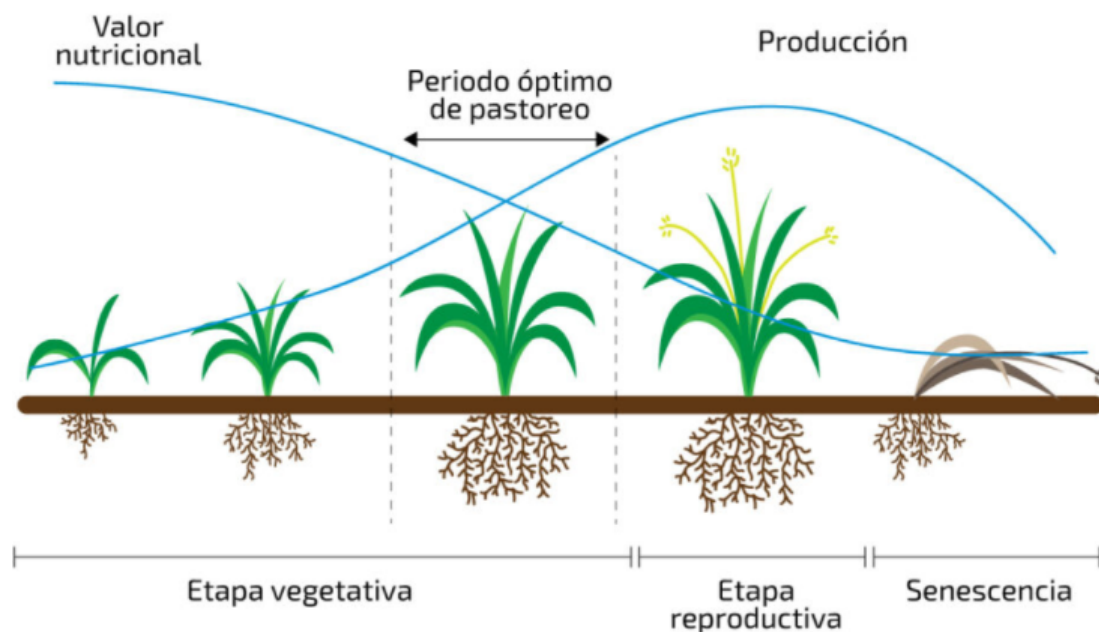


Figura 2.2: Etapas de crescimento de uma gramínea forrageira: evolução da produção e do valor nutricional

Fonte: Extraída de Cortés (2020)

O conteúdo químico vegetal expresso pelo teor da matéria seca, proteína, carboidratos, é a par da produtividade, dos parâmetros mais importantes e práticos na avaliação da qualidade de pastagens (Avdiu et al., 2018).

2.5.1 Composição química de pastagens

O conteúdo químico numa pastagem é um dos componentes indicativo do valor nutritivo da mesma (Belo, 2019). Esta medida é bastante mais simples e reprodutiva (Adesogan et al., 2000; McDonald et al., 2010; T. Santos, 2018).

Em termos nutritivos as pastagens são compostas pelo conteúdo celular e pelo conteúdo das paredes celulares (Van Soest, 1994).

No conteúdo celular englobam-se os açúcares e outros hidratos de carbono não estruturais, o azoto proteico e não proteico e uma pequena quantidade de lípidos e minerais. Esta fração, que nas plantas jovens pode atingir 70% da MS, reduz-se com a maturação, ao passo que, a proporção de paredes celulares e o seu grau de lenhificação aumenta (Van Soest, 1994; McDonald et al., 2010; Belo, 2019).

As paredes celulares compreendem maioritariamente hidratos de carbono estruturais (hemiceluloses, celulose e pectinas) e lenhina (Van Soest, 1994; McDonald et al., 2010; Belo, 2019). A celulose é o constituinte que está presente nas paredes celulares em maior percentagem ($\approx 50\%$) (Belitz et al., 2009). As hemiceluloses apresentam em média, valores de 30 a 40%, sendo também estruturas muito complexas por possuírem pentoses (arabinose-xilose), hexoses (glucose, manose, galactose) e ácidos urónicos (Belitz et al., 2009; McDonald et al., 2010). As gramíneas e as leguminosas têm idênticas quantidades de celulose, mas relativamente às hemiceluloses o seu teor e a sua digestibilidade são bastante mais baixos nas leguminosas do que nas gramíneas (Van Soest, 1994). De entre os constituintes das paredes celulares, a fração de lenhina é, em termos bioquímicos, de grande complexidade e em termos nutritivos praticamente indigestível, pelo que o seu teor está negativamente correlacionado com a digestibilidade da pastagem, por interferir na degradação dos polissacáridos estruturais, atendendo às suas características físicas e químicas (Van Soest, 1994; Adesogan et al., 2000; McDonald et al., 2010). Ela pode constituir uma barreira física que impede a ligação de enzimas e/ou bactérias às cadeias carbonadas (Van Soest, 1994). Outros componentes de paredes celulares como a celulose, a hemicelulose, a sílica, a cutina e os ácidos fenólicos também podem afetar a digestibilidade das pastagens, porém, em menor grau do que lenhina (Van Soest, 1994; McDonald et al., 2010).

2.5.2 Composição analítica de pastagens

A composição analítica de uma pastagem é obtida em laboratório por diversos métodos como o Wende, Van Soest, sistema de nutrientes digestíveis totais, entre outros (Salman et al., 2010), e é através da composição analítica que se obtém a composição química aproximada de uma pastagem (Adesogan et al., 2000).

Matéria Seca

O teor percentual da MS em amostras de origem vegetal como o caso das pastagens, é obtida por desidratação da amostra a 105 °C, após uma prévia secagem com ventilação forçada em uma estufa a 65±5 °C seguida de moenda. Este teor de MS a 105 °C serve para corrigir os resultados de outras determinações bromatológicas, pelo fato destas serem expressas com base na MS da amostra (Belitz et al., 2009; Barrocas et al., 2017).

Estudando o valor nutritivo da luzerna (*Medicago sativa*, L.) em pastagem não irrigada, Dentino e Ribeiro (1992) registaram teores de MS, respectivamente a 65 °C e 105 °C de 22,2% e 82,4% em amostras colhidas durante a fase de floração precoce, 42,1% e 77,3% em amostras colhidas em plena floração e, 62,1% e 80% em amostras das sementes.

Abdulatife e Ebro (2015) avaliando a composição florística, produção de biomassa e composição química das principais espécies herbáceas em três áreas de pastagens no distrito de Chifra do Estado Regional de Afar na Etiópia, uma região caracterizada por possuir altitude variando entre 550 e 1100 m, temperatura anual de 29 °C e igualmente uma precipitação de 400 a 600 mm, obtiveram teores médios de MS a 105 °C de cerca de 92,9% na época húmida e 92% na época seca.

Proteína Bruta

A PB é uma medida que expressa as substâncias azotadas (Adesogan et al., 2000). O azoto é um elemento essencial para todos os seres vivos, pois faz parte da estrutura de todas as proteínas e de moléculas tão importantes como as purinas e as pirimidinas, e igualmente entra na composição dos ácidos nucleicos que são a base para a síntese proteica (Van Soest, 1994; Belitz et al., 2009; McDonald et al., 2010; T. Santos, 2018).

A PB é um parâmetro que faz uma estimativa grosseira do valor proteico das pastagens, pois o processo de obtenção desta fração, feito pela multiplicação do teor em azoto pelo fator 6,25, assume com algum erro que todo o azoto é proteico e que toda a proteína tem 16% de azoto (Van Soest, 1994; McDonald et al., 2010; Salman et al., 2010). De facto, a proteína verdadeira apenas constitui, nas gramíneas de crescimento rápido, 75% a 90% de proteína bruta total (Van Soest, 1994). Para além disso, a inclusão da proteína bruta nos constituintes citoplasmáticos é algo suscetível de discussão, pois nem todo o azoto se encontra no citoplasma da célula, parte do azoto total encontra-se ligado à fibra (5-10% do azoto total) ou combinado com hidratos de carbono (compostos Maillard), pelo

que é apenas parcialmente indigestível (Van Soest, 1994). Outros aspetos que não são quantificados pela medida da PB, referem-se à questão da sua degradação, às perdas que se podem verificar através do amoníaco (NH_3) produzido no rúmen e no local do aparelho digestivo do ruminante em que é utilizado o azoto (Van Soest, 1994; T. Santos, 2018).

A concentração proteica reduz-se ao longo do crescimento vegetativo da planta, associada à diminuição de proporção de folhas e ao incremento da percentagem de paredes celulares no tecido vegetal, segundo Hegarty e Peterson, (1973) e Demarquilly (1989) citados por T. Santos (2018). Este decréscimo é acentuado no início do ciclo vegetativo no caso das gramíneas tropicais (T. Santos, 2018).

Demarquilly (1989) citado por T. Santos (2018) indicou como intervalo médio para as gramíneas temperadas, 10 a 20% de PB, o que é reforçado igualmente pelo estudo de Pornaro et al. (2019), onde consideram ser de boa qualidade a pastagem por eles avaliada, com valores de proteína bruta variando de 12,3% a 15,8%.

Belo et al. (2018), avaliando a produção de matéria seca, a composição florística, o valor nutritivo e a carga animal para os diferentes tratamentos em pastagem natural e semeada no sequeiro do Alentejo, pastoreada por ovinos, reportaram durante três anos valores de PB que variaram entre 7,6% e 18,2% tendo uma média de 11% em pastagem natural e 13% em pastagem semeada.

Estudando a relação entre a composição botânica das pastagens permanentes (pastagens seminaturais não melhoradas e semi- melhoradas e também pastagens melhoradas no passado mas não exploradas durante pelo menos 5 anos) e os parâmetros de forragem em termos de rendimento, composição química e o valor alimentar, Andueza et al. (2016) registaram uma média de $11,4\% \pm 2,7$ de PB em fase de silagem e $8,4\% \pm 2\%$ em fase de feno em Auvergne na região central da França.

Analisando a composição químico-bromatológica da forragem fresca no campo experimental do *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA) em Marcenat na França, Andueza et al. (2019) obtiveram uma média de 11,9% de PB.

O nível de PB considerado crítico por Van Soest (1994) é de 7%, abaixo do qual ocorre redução na digestibilidade e no consumo em função da limitação do desenvolvimento da população microbiana do rúmen-retículo, alterando a fermentação ruminal.

Fibra

A fibra é constituída por vários componentes químicos de composição conhecida, porém com uma estrutura tridimensional variada e pouco conhecida (Alves et al., 2016). Quimicamente a fibra é composta pela celulose, hemicelulose e lenhina, embora este último constituinte seja um composto fenólico e não carboidrato (Van Soest, 1994; McDonald et al., 2010). A fibra representa uma fração indispensável e um dos principais elementos da dieta de ruminantes, que dependendo das suas características físicas e químicas pode interferir diretamente na fisiologia digestiva do rúmen, pois para os ruminantes, ainda que seja fornecida em pequenas quantidades na dieta animal, esse teor tem a sua importância no que se refere à flora microbiológica ruminal e seus processos fermentativos (Van Soest, 1994; Alves et al., 2016).

Uma quantidade mínima é necessária para ter concentrações adequadas de microrganismos no rúmen a fim de promover o processo da fermentação, produção de saliva e movimentos ruminais (Van Soest, 1994). Além disso, a fibra é importante no metabolismo energético dos ruminantes, pois independentemente da fonte de carboidratos estes são fermentados pelos microrganismos e convertidos a ácidos gordos de cadeia curta (AGCC), principalmente o ácido acético, o ácido propiónico e o ácido butírico os quais podem corresponder entre 60 e 80% das necessidades energéticas dos ruminantes (Van Soest, 1994). Entretanto, elevados teores de fibra podem diminuir a eficiência de utilização dos carboidratos e outros nutrientes (Van Soest, 1994), pois reduz no animal a capacidade do consumo de alimento, a digestibilidade, a síntese de proteína microbiana e o aporte de energia (Macedo Júnior et al., 2007). Entretanto, quando o teor de fibra das dietas for baixo, podem ser desencadeadas respostas, desde a alteração da fermentação no rúmen, causando por exemplo, acidose ruminal grave que pode resultar na morte do animal (Macedo Júnior et al., 2007).

Os constituintes da fibra usados na avaliação da qualidade das pastagens, pelo método de Van Soest, são: NDF, fibra em detergente ácido (ADF) e lenhina em detergente ácido (ADL) (Adesogan et al., 2000; McDonald et al., 2010). Estes parâmetros são usados para aferir a qualidade das pastagens, a ingestão da matéria seca, a digestibilidade e o seu valor nutritivo (McDonald et al., 2010; Alves et al., 2016).

Para os ruminantes, a NDF representa uma medida do conteúdo total da fibra insolúvel do alimento (celulose, hemicelulose e lenhina) (McDonald et al., 2010) e, constitui o

parâmetro mais usado para o balanceamento das dietas por ser considerado uma medida do conteúdo total das paredes celulares (McDonald et al., 2010) e possuir uma correlação forte com a qualidade do alimento em termos de digestibilidade (Alves et al., 2016).

Esta importância da fração de NDF é explicada pelo estudo de Duble et al. (1971), onde verificaram que os teores de fibra em detergente neutro NDF de gramíneas tropicais variaram de 45 a 82% da MS, sendo que as amostras com teores mais baixos de NDF apresentaram maiores valores de digestibilidade *in vitro* da NDF até 82%, e aquelas com teores mais altos de NDF, apresentaram valores mais baixos da digestibilidade *in vitro* em torno de 36%. Os teores de NDF e digestibilidade *in vitro* foram influenciados principalmente pelo estado de maturação das plantas e também pelo tipo de espécies pratenses (E. D. G. Santos et al., 2004).

ADF representa as frações brutas de celulose e lenhina do material da planta, mas também inclui a sílica (McDonald et al., 2010). Ao passo que ADL indica o conteúdo de lenhina (McDonald et al., 2010) e, por isso, dá a par de NDF, a ideia do valor nutritivo do alimento, pois o grau de lenhificação e o conteúdo da parede celular, são os maiores determinantes da extensão da digestão do alimento vegetal (Adesogan et al., 2000).

No que se refere à lenhina, as gramíneas temperadas apresentam normalmente 3 a 5% nas folhas e 6 a 7% nos caules (T. Santos, 2018). Estes valores aumentam ao longo do ciclo vegetativo, até concentrações máximas de 5 a 6% nas folhas e 11 a 14% nos caules (Harkin, 1973 citado por T. Santos, 2018).

Num estudo feito por Belo et al. (2018), registaram-se valores médios de NDF de 48,6% em pastagem natural e 49,3% em pastagem semeada, variando de 38,3% a 63,7%. Em relação a ADF, foi reportado no mesmo estudo, um valor médio de 35% em ambas pastagens (natural e semeada), tendo variado entre 31,8% e 42,2%. Ainda no mesmo estudo, observaram-se respectivamente valores médios de 6,2% e 5,9% de ADL em pastagem natural e semeada, com variações ao longo dos três anos de estudo entre 4,1% e 7,3%.

Em outro estudo levado a cabo por Abdulatife e Ebro (2015), registaram-se respectivamente teores de NDF, ADF e ADL nas épocas húmida e seca de 49,1% e 54,7%; 24,6% e 51,4%; 4% e 16,5%. Avaliando a composição botânica e qualidade da forragem na região montanhosa de Malga Serona na Itália, Pornaro et al. (2019), consideraram-na como sendo de boa qualidade após terem registado teores de NDF entre 41% e 52%.

No ensaio realizado no campo experimental do INRA em Marcenat na França, An-

Andueza et al. (2019), obtiveram na análise químico-bromatológica da forragem fresca, uma média de 59,8%, 32% e 4,5%, respectivamente de NDF, ADF e ADL. Andueza et al. (2016), estudando a relação entre a composição botânica das pastagens permanentes e os parâmetros de forragem em termos de rendimento, composição química e valor alimentar na região central da França, registaram os seguintes valores médios: NDF (56% $\pm$ 4%), ADF (29,6% $\pm$ 2,9%), ADL (4,1% $\pm$ 1,4%) na fase de silagem e NDF (60,7% $\pm$ 3,1%), ADF (32,8% $\pm$ 1,9%), ADL (4,6% $\pm$ 0,8%) na fase de feno.

Cinzas

O teor de cinzas refere-se à percentagem de resíduo que resulta da calcinação da amostra em mufla a cerca de 550 °C. Os teores de cinzas e de matéria orgânica (MO) são complementares, ou seja, podem ser obtidos por diferença, pois % de MO + % de Cinzas = 100 (Adesogan et al., 2000; Barrocas et al., 2017).

Ao efetuar uma avaliação quantitativa e qualitativa de pastagens e forragens numa exploração agropecuária em modo biológico na região da Flandres na Bélgica, T. Santos (2018), obteve teores médios de cinzas que variaram entre 5,6% e 10,93% nas cinco parcelas de campo estudadas. Teores médios de cinzas de 12,4% na época seca e 14,3% na época húmida foram registados por Abdulatife e Ebro (2015), num estudo da composição florística, produção de biomassa e composição química das principais espécies herbáceas no distrito de Chifra do estado regional de Afar, Etiópia. Andueza et al. (2019), obtiveram na análise químico-bromatológica da forragem fresca, um valor médio de 8% de cinzas, no campo experimental do INRA em Marcenat na França. Em Posieux na Suíça, num estudo sobre a influência da composição botânica, tempo de colheita e fase de crescimento na concentração de minerais em erva fresca de prados mistos, Schlegel et al. (2016), registaram um teor médio de cinzas de 9,3%. Uma média de 8,4% e 7,5% de teores de cinzas, respectivamente em fase de silagem e de feno, foi registada no estudo de Andueza et al. (2016) em Auvergne na região central da França.

Minerais

Os minerais são nutrientes que desempenham funções essenciais no metabolismo dos animais. Embora constituam apenas 4 a 5% do peso corporal de um animal vertebrado, eles possuem um papel crucial no seu metabolismo geral, quer como componentes estru-

turais dos tecidos corporais, ou atuando nos tecidos e fluidos corporais como eletrólitos para manutenção do equilíbrio ácido-base, da pressão osmótica e da permeabilidade das membranas celulares, ou ainda funcionando como ativadores de processos enzimáticos e integrantes da estrutura de enzimas e vitaminas (Wunsch, 2004).

As concentrações de minerais em pastagens são muito variáveis devido a fatores como composição florística, estado fenológico das plantas e época do ano em que se faz o pastoreio, o que leva a situações desafiantes para a suplementação mineral dos animais em sistema de pastoreio (Schlegel et al., 2016). Por um lado a suplementação mineral em excesso pode elevar os custos da exploração, assim como potencializar problemas ambientais quando se usa estrume para fertilização de campos e, o incremento de certos minerais como fósforo (P), cobre (Cu) e zinco (Zn) pode afetar processos microbiológicos no solo, e por outro lado, a suplementação deficitária em minerais pode levar a disfunções fisiológicas nos animais (Schlegel et al., 2016). Uma eficiente e sustentável suplementação mineral requer portanto um conhecimento da concentração mineral nativa nas pastagens (Schlegel et al., 2016).

Estudo visando avaliar a influência da composição botânica, tempo de colheita e fase de crescimento na concentração de minerais em erva fresca de prados mistos em Posieux na Suíça, Schlegel et al. (2016), registaram os seguintes intervalos de valores em (g/kg de MS) para: Ca (3,66 a 15,29 com média de 7,17), P (1,56 a 6,67 com média de 4,08), Mg (0,99 a 4,65 com média de 2,08), K (9,85 a 47,87 com média de 31,39), Na (0 a 0,68 com média de 0,25), S (0,80 a 3,92 com média de 1,81), Fe (39,4 a 1719,1 com média de 207,1), Mn (17,2 a 236,3 com média de 65,4), Zn (15,9 a 53,4 com média de 27,6) e Cu (1,9 a 16,1 com média de 8,1).

2.6 Ovinocultura em Portugal: importância e sistemas de produção

A ovinocultura é uma atividade económica de grande importância, quer a nível da União Europeia, quer a nível de Portugal², dada a diversidade de produtos e subprodutos que derivam desta atividade, como a carne, o leite, a lã e a pele (Santos-Rodrigues et al., 2019).

²A produção de carne ovina e caprina constituía cerca de 2,8% da produção de carne do país (INE, 2016)

Em Portugal, esta atividade é caracterizada por uma grande variedade de sistemas de produção, sendo maioritariamente baseados em pastoreio (Santos-Rodrigues et al., 2019) com a utilização de pastagens naturais e resíduos agrícolas (Cruz et al., 2019) que são aproveitados pelos sistemas de pastoreio de percurso, tão característicos da produção nacional de ovinos e caprinos (Castro, 2016).

Tal como sucede na maior parte do território nacional, assim também se procede no interior Mediterrânico do país, onde os sistemas de produção de ovinos são maioritariamente extensivos e semi-extensivos (Castro, 2016), contudo, a engorda de animais quando feita, é geralmente em sistemas intensivos e raramente semi-extensivos, em grande maioria dos países da UE (Díaz et al., 2017).

O setor de ovinocultura portuguesa conta atualmente com um património genético de cerca de 16 raças autóctones devidamente caracterizadas e documentadas (Cadavez et al., 2020).

2.6.1 Caraterização da raça Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho

A raça Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho (BEDM) é como anteriormente referido, parte dos 16 genótipos autóctones de Portugal (Cadavez et al., 2020), característica da bio-região Atlântica no norte de Portugal (C. Oliveira et al., 2005; DGAV, 2019).

Tal como outras raças ovinas do Norte de Portugal, é descendente dos troncos Ibéricos *Ovis aries ibérica e ligeriensis* que teriam povoado inicialmente a região peninsular (C. Oliveira et al., 2005; DGAV, 2019). Atualmente existem duas variedades desta raça, exploradas em sistemas e zonas distintas: a variedade *várzea* ou *comum*, com maior diversidade de caracteres e, a variedade *churra* ou de *montanha*, bastante mais homogénea com rebanhos característicos e de dimensão apreciável (C. Oliveira et al., 2005). Em termos morfológicos, os animais da raça BEDM são de pequeno porte, com um velo denso, geralmente de cor branca, machos com cornos curtos em espiral incompleta, apertada junto à cabeça, mas raros em fêmeas (C. Oliveira et al., 2005; DGAV, 2019). Possuem uma lã composta por fibras lanares do tipo cruzado a churro, sendo os velos dos machos com um peso médio de 3,5 a 4,5Kg e os das fêmeas de 1,5 a 2,5Kg (C. Oliveira et al., 2005). O peso corporal oscila consoante a variedade em questão: variedade *churra* (macho: 40 kg e fêmeas: 25 kg), variedade *várzea* (macho: 50 kg e fêmeas: 40 kg) (C. Oliveira et al., 2005) e o peso ao nascimento ronda os 3 kg (DGAV, 2019).

A raça BEDM é considerada de grande rusticidade, de bom temperamento e notável longevidade, com aptidão vocacionada apenas para a produção de carne (C. Oliveira et al., 2005).

2.7 Micro e macroalgas na alimentação animal

As algas são de longe os produtores primários mais abundantes, embora algumas sejam mixotróficas ou heterotróficas, representam uma importante fonte de diversos nutrientes (Kovač et al., 2013). Constituem um grupo diversificado de organismos fotossintéticos, que abrange as microalgas (organismos unicelulares) e macroalgas (organismos multicelulares) (Kovač et al., 2013; Mota, 2020). São reportadas por vários autores como fontes notáveis de macro e micronutrientes e de compostos bioativos (Chu, 2012; Kovač et al., 2013; Makkar et al., 2015; Wells et al., 2017; Abdelnour et al., 2019).

Além de possuírem elevado teor de fibras (Plaza et al., 2008), são uma das mais ricas fontes de proteínas (Abdelnour et al., 2019; Valença et al., 2021), que por vezes supera até plantas e alguns produtos de origem animal (Abdelnour et al., 2019). Algumas espécies de microalgas produzem outros compostos bioativos de valor acrescentado, tais como ácidos gordos polinsaturados (AGPi), particularmente o ácido eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosa-hexaenoico (DHA) que são da família do ômega 3 ($\omega - 3$) conhecidas pelo seu impacto positivo na qualidade da carne de borregos (Hopkins et al., 2014; Valença et al., 2021), suínos (Madeira et al., 2017) e frangos de carne (Madeira et al., 2017; Abdelnour et al., 2019), além de pigmentos com atividade antioxidante (carotenóides, clorofila e ficobiliproteínas), polissacarídeos, vitaminas ou esteróis (Kovač et al., 2013; Madeira et al., 2017). O aumento do teor de AGPi da carne, em particular os ácidos gordos $\omega - 3$, tem sido associado ao efeito positivo na saúde humana, através da redução da incidência de doenças cardiovasculares e de doenças metabólicas como diabetes, obesidade e cancro (Simopoulos, 2004; Shahidi e Ambigaipalan, 2018; Barkia et al., 2019; Camacho et al., 2019). No entanto, o aumento do teor AGPi dos filetes de carne pode até certo ponto alterar os seus traços de qualidade, afetando a cor, reduzindo a estabilidade oxidativa e a aceitação pelo consumidor (Hopkins et al., 2014; T. Ribeiro et al., 2014; Urrutia et al., 2016; Díaz et al., 2017).

Melhorias na qualidade da carne em termos de AGPi especialmente o DHA e EPA

(Hopkins et al., 2014), no crescimento, na eficiência alimentar, no desempenho reprodutivo, na postura, no sistema imunológico e/ou na promoção da saúde global foram atribuídas à inclusão de microalgas ou macroalgas nas dietas do gado em estudos realizados em diferentes espécies de animais (peixes, suínos, aves, coelhos, ovinos e bovinos), sendo que, estes efeitos variaram conforme as espécies animais e o sistema digestivo, bem como em relação às espécies de algas utilizadas na dieta, particularmente com incorporação de níveis baixos (inferiores a 10%) de algas e as condições de cultivo das mesmas (Mota, 2020). Daí que, podem ser incorporadas na dieta de diferentes espécies animais, como ingredientes de rações ou como suplementos, servindo como valiosas fontes alternativas dos nutrientes antes citados, bem como de minerais de fontes orgânicas, com maior disponibilidade para o animal do que as de fontes minerais inorgânicas (Kovač et al., 2013; Raposo et al., 2016; Makkar et al., 2015; Madeira et al., 2017; Wells et al., 2017), muitos dos quais com efeitos que promovem o crescimento e a saúde do animal e do consumidor final da carne destes animais (Kovač et al., 2013; Madeira et al., 2017; Mota, 2020).

As microalgas são um grupo diversificado, incluindo as cianobactérias procarióticas e as diatomáceas eucarióticas, algas verdes e algas douradas (Madeira et al., 2017). Embora a procariótica *Artrospira (Spirulina) platensis* tenha sido muito avaliada na nutrição animal (Kovač et al., 2013; De Jesus Raposo et al., 2013; Madeira et al., 2017), com efeitos positivos para a saúde, para o presente estudo, o enfoque foi dado às microalgas eucarióticas, como algas verdes, que segundo De Jesus Raposo et al. (2013) possuem potencial efeito nutracêutico, nomeadamente prebiótico, antioxidante, anti-inflamatório, e imunomodulador devido aos seus polissacarídeos. A inclusão de espécies marinhas de microalgas na dieta de coelhos (Mordenti et al., 2010), porcos (Sardi et al., 2006), aves de capoeira (T. Ribeiro et al., 2014) e ruminantes (cordeiros) (Díaz et al., 2017) promoveu o incremento no teor muscular de AGPi nestes animais.

O género *Chlorella* spp. é dentre as microalgas unicelulares, o de maior importância, por ser de simples cultivo, e possuir alta produtividade, assim como elevados níveis de proteínas (cerca de 60%) e outros nutrientes (Abdelnour et al., 2019). São algas da água doce, próprias para o consumo humano e também são utilizadas como aditivos com elevado valor nutricional em rações para animais de produção (Abdelnour et al., 2019). Estudo feito por Abdelnour et al. (2019) revelou um efeito positivo da adição na dieta de ate 1% deste género de algas, no ganho de massa corporal, na cor da carne, na capacidade

de retenção da água, nas proteínas e no desempenho geral do fígado em frangos de carne.

À semelhança das microalgas, são igualmente esperados efeitos nutracêuticos em macroalgas, uma vez que O'Sullivan et al. (2010) e Raposo et al. (2016) apontaram as algas vermelhas, verdes ou castanhas como sendo ricas em polissacarídeos complexos. As macroalgas castanhas como *Ascophyllum* sp. são particularmente ricas em polissacarídeos sulfatados, e possuem uma bioatividade particular (De Jesus Raposo et al., 2013). A suplementação alimentar de animais por algas castanhas (*Ulva lactuca*) foi associada a promoção do estado imunológico em suínos (Katayama et al., 2011), do estado imunológico (Abudabos et al., 2013) e do rendimento da carcaça em frangos de carne (Thavasi Alagan et al., 2020), do desempenho reprodutivo dos coelhos (Okab et al., 2013) e do marmoreado e da pigmentação da carne vermelha (Braden et al., 2007; Díaz et al., 2017). As algas vermelhas (*Gracilaria* spp.) foram igualmente descritas como promotoras da intensidade da cor do filete e a suculência da truta arco-íris (Valente et al., 2015). Do mesmo modo, as microalgas verdes (*Chlorella* spp.) foram apontadas como promotoras do estado imunológico de frangos de carne (Kang et al., 2013) e da melhoria do desempenho produtivo de galinhas poedeiras (Halle et al., 2009) e de carpas (Xu et al., 2014).

2.8 Carne e qualidade da carne

A **carne** pode ser definida de maneira mais simples como o tecido muscular de animais usado na alimentação humana após o abate (V. Santos et al., 2007). É o conjunto de tecidos musculares, com os seus vasos sanguíneos, nervos, tendões, aponevroses, gorduras e ossos aderentes, provenientes de carcaças³ de animais aprovados oficialmente para consumo público, previamente submetidos ao abate através da insensibilização, sangria, esfolagem, evisceração, corte da cabeça e da parte anterior dos membros (Cadavez et al., 2007).

O conceito de **Qualidade da Carne** é muito amplo e de difícil definição (Cadavez et al., 2007), devido à grande heterogeneidade da matriz interna da carne e, também devido ao grau de subjetividade dos atributos que se consideram importantes comercialmente (cor, textura, suculência, sabor, entre outras) (Webb et al., 2005; V. Santos et al., 2007; Cadavez et al., 2007). Este conceito varia quer ao longo da cadeia de produção e comercialização, quer a nível das exigências específicas de cada mercado de consumidores (Cadavez et al.,

³refere-se ao corpo dos animais de carne, desprovido das vísceras torácicas, abdominais e pélvicas, exceto os rins, com pele (suínos) ou sem pele, patas e cabeça (Cadavez e Silva, 2007)

2007), e é regulado por uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos ao animal (Webb et al., 2005; Cadavez et al., 2007).

2.9 Rendimento em carcaça

O rendimento em carcaça é uma característica que se relaciona de forma direta com a produção de carne, e pode variar de acordo com fatores intrínsecos (raça e sexo) e extrínsecos ao animal (C. Guedes et al., 2007; Cunha et al., 2008). Dentre os fatores extrínsecos, a alimentação é o que maior influência exerce sobre os atributos da qualidade das carcaças (C. Guedes et al., 2007; Teixeira, 2016; Ivanovic et al., 2016; Revilla et al., 2021).

O rendimento em carcaça depende do quinto quarto⁴ e dos fatores que o influenciam (C. Guedes et al., 2007), sendo o peso relativo do quinto quarto por sua vez influenciado por fatores genéticos, idade, a alimentação e o número de horas de jejum a que os animais são submetidos antes do abate (C. Guedes et al., 2007).

Diversos estudos apontam a maior importância relativa da alimentação sobre o rendimento em carcaças, dado o seu papel no peso do quinto quarto, pois, está associada a variações no peso do conteúdo do tubo gastrointestinal e dos órgãos internos, devido a existência de uma relação positiva entre a quantidade do alimento fibroso no alimento e o peso dos conteúdos gastrointestinais (C. Guedes et al., 2007), sendo que, quanto mais fibroso for o alimento, maior será o peso os conteúdos gastrointestinais e, consequentemente, menor rendimento em carcaça dos animais submetidos a esta dieta (Haddad, 2005; Carvalho et al., 2005).

2.10 Parâmetros físico-químicos de avaliação da qualidade de carne

Há diversas propriedades para avaliar a qualidade tecnológica da carne, dentre elas, no contexto da cadeia de abastecimento e da ciência da carne, as mais utilizadas são as associadas com os atributos físico-químicos (o pH, a cor, a textura, a CRA, a atividade da água (*A_w*), a proteína e a gordura) (Teixeira et al., 2020; Gonzales-Barron et al., 2021; Zhao

⁴O quinto quarto da carcaça compreende as vísceras comestíveis como fígado, rins, coração, pulmões e língua (Vaz, 2007)

et al., 2021), podendo estas propriedades serem complementadas pela análise sensorial (Teixeira et al., 2005; Guerrero et al., 2015; Teixeira, 2016; Teixeira et al., 2020).

Para o presente trabalho foram considerados os seguintes parâmetros físico-químicos: o pH, a cor, a textura (resistência ao corte), a CRA e gordura subcutânea e pélvica e renal, por serem indicadores que têm base instrumental e que são utilizados de forma generalizada na avaliação da carne de pequenos ruminantes como ovinos e caprinos (V. Santos et al., 2007; C. Guedes et al., 2007).

2.10.1 pH

O pH final da carne é um parâmetro geralmente medido ao fim 24 horas após o abate do animal (Gonzales-Barron et al., 2021). Este parâmetro afeta em grande medida a qualidade da carne fresca (De la Fuente et al., 2010; F. A. Ribeiro et al., 2021; Barón et al., 2021; Núñez-Sánchez et al., 2021), pois, após o abate do animal, a cinética de descida do pH possui um efeito determinante na transformação do músculo em carne (C. Guedes et al., 2007; C. A. Martins, 2017), estando juntamente com outras mudanças bioquímicas, a descida da temperatura durante o arrefecimento das carcaças, ligado ao desenvolvimento do *rigor mortis* (C. A. Martins, 2017).

O *rigor mortis* ou rigidez cadavérica, aparece após o abate do animal quando os músculos da carcaça se tornam rígidos, sendo o período para o seu estabelecimento variável em função da quantidade de reservas de glicogénio⁵ de que o animal dispõe no momento do abate (De la Fuente et al., 2010), ou seja, quanto menos reserva acumulada de glicogénio, mais rápida será a diminuição dos valores de pH e mais rápido o estabelecimento do *rigor mortis* (Huff-Lonergan et al., 2010), o que pode afetar as características como cor, textura, capacidade de retenção de água (Núñez-Sánchez et al., 2021), bem como no tempo de prateleira (Ramos e Gomide, 2007). Este fenómeno surge devido a operação de sangria do animal, que leva à interrupção da circulação sanguínea e, por consequência, o transporte de glicose e oxigénio (C. A. Martins, 2017). Porém, devido ao fato do músculo possuir ainda algumas reservas de energia na forma de glicogénio, este mantém-se por algum tempo em estado similar ao que possuía em vida (C. A. Martins, 2017). Na tentativa do organismo em manter esta homeostase, ocorre a degradação do glicogénio

⁵depende de fatores como o sexo, a espécie, a raça, a idade, a alimentação, a forma de transporte dos animais para o matadouro, a mistura de diferentes lotes no matadouro, fatores climáticos, condições patológicas, fatores genéticos e *stress* pré-abate (McGeehin et al., 2001)

muscular, num processo anaeróbico, com a formação de ácido láctico, que por sua vez, devido à cessação da circulação sanguínea, não pode mais ser levado até o fígado para ser metabolizado, e se acumula no músculo reduzindo assim o pH muscular (Maltin et al., 2003; C. A. Martins, 2017).

Nos tecidos do animal vivo, o pH do músculo apresenta valores entre 7,0 e 7,5 (Gallo et al., 2019; Gonzales-Barron et al., 2021), que decresce após o abate e pode estabilizar em valores finais compreendidos entre 5,5 e 5,8 (Gallo et al., 2019; Gonzales-Barron et al., 2021) em carne de cordeiros.

Em função do *stress* a que os animais são submetidos antes do abate, a cinética de descida do pH e o seu valor final podem conduzir a desvios na qualidade da carne, sendo que, valores anómalos de pH podem resultar em carnes de qualidade inferior (Gonzalez-Rivas et al., 2020; Ijaz et al., 2020). Assim sendo, as carnes são usualmente consideradas *dry, firm and dark* (DFD) quando o valor do pH final for elevado (geralmente acima de 6,2), que são carnes escuras, firmes e secas, apresentando menor tempo de prateleira, uma vez que o pH elevado é mais favorável ao crescimento microbiano e, são igualmente difíceis de processar tecnologicamente; ou *pale, soft and exudative* (PSE) que pode ser originada pela queda abrupta do pH imediatamente após o abate, e a temperaturas elevadas, não permitindo o arrefecimento da carcaça, atingindo valores entre 5,3 e 5,4, sendo estas carnes pálidas, moles e exsudativas, apresentando maiores perdas durante o processo de refrigeração e igualmente menor rendimento tecnológico (C. A. Martins, 2017; Santos-Rodrigues, 2019; R. Rodrigues, 2019; Gonzalez-Rivas et al., 2020; Ijaz et al., 2020).

Tal como foi descrito na subseção 2.10.1, a cor da carne é, em grande medida influenciada pela cinética de descida do pH, sendo que, na carne DFD, o músculo com pH mais elevado retém mais água e apresenta uma coloração mais escura, ao passo que, na carne PSE, o rápido decrescimento do pH resulta em uma coloração mais clara e geralmente caracterizado pela elevada perda por cocção (Gonzalez-Rivas et al., 2020; Ijaz et al., 2020).

2.10.2 Cor

A cor da carne indica a concentração de mioglobina e seu estado de oxidação na superfície do músculo (V. Santos et al., 2007). Esta proteína pode ocorrer como oximioglobina (MbO_2) que é de cor vermelha viva, mioglobina (Mb) que se apresenta em vermelho púr-

pura, ou como metamioglobina (*MMb*) de coloração castanha (V. Santos et al., 2007). Assim, a cor de uma peça de carne depende de três fatores, nomeadamente: o conteúdo de pigmentos, que por sua vez é influenciado pela espécie, idade, raça, sexo e tipo de alimentação; condições *pré e post-mortem*, relacionadas ao *stress*, a temperatura, a humidade e; pelo tempo e condições de conservação e comercialização (Santos-Rodrigues, 2019).

A cor da carne é frequentemente avaliada pelo sistema CIELAB (V. Santos et al., 2007; Gonzales-Barron et al., 2021). O espaço de cores CIELAB, caracterizado pelos parâmetros luminosidade (L^*), índice de amarelo (a^*) e índice de vermelho (b^*), é um espaço de cores definido pela *Commission Internationale de L'éclairage* (CIE) em 1976 (CIE, 1978). Ele expressa a cor como três valores: L^* para claridade perceptual e, a^* e b^* para as quatro cores únicas da visão humana: o vermelho, o verde, o azul e o amarelo (CIE, 1978). Este sistema define que a cor é percebida como um atributo visual que se compõe de uma combinação de conteúdos cromáticos e acromáticos (CIE, 1978). A cor da carne, apesar de não ter uma relação direta com a sua qualidade, é um atributo de grande importância na decisão de compra pelo consumidor, pois, as decisões de compra de carne são influenciadas pela cor mais do que qualquer outro fator de qualidade, porque os consumidores utilizam a descoloração como um indicador de frescura e de salubridade e, como resultado, quase 15% da carne a retalho é descontada no preço devido à descoloração da superfície, o que corresponde a perdas anuais de receitas de mil milhões de dólares (Mancini e Hunt, 2005).

Em carne fresca, as três formas da mioglobina geralmente estão em equilíbrio (V. Santos et al., 2007). No momento do corte, a carne apresenta-se de cor púrpura, com predomínio da mioglobina, após exposição ao oxigénio a carne tende mudar à uma coloração vermelha viva, como resultado da oxidação da mioglobina à oximioglobina (V. Santos et al., 2007; Mancini e Hunt, 2005). Se a exposição ao oxigénio prevalecer por um longo período, a oximioglobina converter-se-á em metamioglobina que apresenta uma cor castanha escura (Mancini e Hunt, 2005).

2.10.3 Capacidade de retenção da água

De acordo com a Warner (2014), a capacidade de retenção de água (CRA) é a habilidade da carne e dos produtos cárneos de resistir à perda de água durante o corte, aquecimento, moagem e prensagem, assim como durante o transporte, o processamento, o armazenamento e a cozedura. É expressa em termos de teor de água que é retida durante

a aplicação das forças externas (Warner, 2014). Assim sendo, a água libertada através da ação destas forças externas, pode ser descrita de várias maneiras como gotejamento, purga, exsudação, perda por cozedura, entre outras, e estas perdas estão inversamente relacionadas com a CRA (Warner, 2017; Szmańko et al., 2021).

Este atributo é importante na caracterização da carne e dos produtos cárneos uma vez que influencia a sua qualidade (Szmańko et al., 2021), pois determina a capacidade de aceitação visual, influenciando assim a decisão de compra dos consumidores e está diretamente relacionado com a qualidade do produto final da carne (Warner, 2014). A CRA da carne e dos produtos à base de carne pode ser afetada pela genética e gestão de animais antes do abate, pela nutrição animal, pela estimulação elétrica, e pela refrigeração (Apple e Yancey, 2013; Szmańko et al., 2021).

A água perfaz cerca de 75% do músculo, estando intimamente relacionada com o sabor, tenrura, cor, e suculência (Warner, 2014), daí que, uma baixa CRA resulta numa carne com baixa qualidade, que por sua vez poderá da origem a produtos de qualidade inferior, uma vez que, juntamente com a água perdem-se proteínas solúveis como as sarcoplasmáticas, necessárias à formação da estrutura, a mioglobina e o ácido láctico, assim como perde-se obviamente o peso da carcaça e de seus cortes, bem como o rendimento de cozedura resultando em carne seca (sem suculência) (Warner, 2014).

Na indústria da carne de porco, por exemplo, baixa CRA resulta anualmente em perdas de 26,2 milhões dólares americanos sendo cerca de 0,41 dólares/porco abatido na Alemanha (Fischer, 2007), e 70 milhões de dólares, sendo cerca de 0,50 dólares/porco abatido nos Estados Unidos, Morgan et al., (1994), Stetzer e McKeith (2003) citados por Warner (2014). Por esta razão, a CRA é deveras um dos atributos de qualidade da carne de elevada importância nos dias atuais, especialmente para as indústrias de carnes de pronto consumo e de processamento (Warner, 2014).

2.10.4 Textura

A tenrura é um dos parâmetros importantes no estudo da qualidade da carne, sendo considerado por alguns autores como o atributo sensorial de máxima prioridade na estimativa da qualidade na indústria de carnes e produtos cárneos (Cassar-Malek e Picard, 2016; Luo et al., 2018; Naqvi et al., 2021), pois é um dos principais atributos associados às preferências dos consumidores, sendo este aspeto refletido geralmente pela diferenciação

de preço das diversas peças da carcaça, em que as peças mais tenras apresentam preços mais elevados (Naqvi et al., 2021). É um atributo que traduz a percepção da textura, dentre um conjunto de sensações ao matigar a carne (Baldassini et al., 2021). A tenrura pode ser definida como a facilidade com que a carne se deixa mastigar e divide-se na facilidade de penetração, de corte e na resistência de rotura das miofibrilas ao longo da mastigação (Cadavez et al., 2007; Baldassini et al., 2021).

Este atributo da carne pode ser avaliado pela resistência ao corte da carne cozida através de um instrumento ou pela resistência à mastigação avaliada por provadores treinados (Baldassini et al., 2021). Dada a subjetividade da avaliação pelo painel de provadores devido a influência do grau do marmoreado (gordura intramuscular) (Luo et al., 2018), os métodos instrumentais são utilizados para o efeito, sendo no entanto, a força de cisalhamento de *Warner-Bratzler* um dos mais utilizados, por ser objetivo e simples de executar (Luo et al., 2018; Baldassini et al., 2021).

A tenrura da carne pode variar em função de fatores como a raça do animal, a dieta, o sistema de criação, o transporte, o atordoamento e a sangria, os métodos de armazenamento da carne, os procedimentos de cozedura, assim como a localização anatômica e da funcionalidade do músculo analisado (Naqvi et al., 2021). Além destes fatores, está diretamente associada ao seu teor de colagénio (Alvarenga et al., 2021), o qual aumenta com o aumento da idade do animal (Naqvi et al., 2021; Therkildsen et al., 2021). Assim, a carne de animais mais velhos apresenta maior número de ligações cruzadas termo-estáveis do colagénio, o que a torna menos tenra e menos solúvel à cocção, refletindo-se em maior força de cisalhamento (Naqvi et al., 2021). O teor em gordura (subcutânea e intramuscular) da carne, também influencia a tenrura da carne, pois a carne proveniente de carcaças mais gordas, produz maior sensação de tenrura uma vez que a gordura está associada a uma sensação de suculência que estimula a saliva durante a mastigação (Hocquette et al., 2010).

2.10.5 Gordura subcutânea

A quantidade da gordura subcutânea da carcaça de cordeiros, é geralmente medida pela espessura da gordura que envolve o músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (LTL) (C. Guedes et al., 2007). Este atributo está associado à proteção das carcaças ao fenómeno de encurtamento pelo frio, o que pode explicar a tendência da carne com maior teor de gordura

subcutânea ser em geral mais tenra (Cadavez et al., 2007). O teor energético da dieta é um dos principais fatores que afeta a gordura subcutânea (C. Guedes et al., 2007) das carcaças, sendo em geral, maior em animais criados em sistema intensivo e alimentados por dietas ricas em concentrados (C. Guedes et al., 2007), pois elevados níveis energéticos promovem uma maior deposição da gordura na carcaça (C. Guedes et al., 2007). Por sua vez, o tipo de concentrado joga igualmente um papel chave na variação da quantidade ou espessura da gordura subcutânea (C. Guedes et al., 2007).

2.11 Modelos de crescimento em agricultura: Modelos não lineares aplicados ao crescimento de plantas

Entende-se para esse contexto, por modelo, uma expressão matemática de um sistema ou de uma realidade complexa, elaborado para facilitar a sua compreensão e o estudo do seu comportamento (France e Thornley, 1984). Um modelo representa através de uma curva de crescimento, a idealização simplificada de algo que na sua verdadeira identidade é extremamente complexo (Díaz-Ambrona et al., 2011). Na agricultura assim como em outras áreas, os modelos de crescimento geralmente referem-se à tentativa de descrever o comportamento de uma série de medidas de variáveis de interesse como o peso, o comprimento, o volume, entre outras, ao longo do tempo (France e Thornley, 1984; Nascimento, 2014).

As curvas de crescimento são de acordo com Brody (1945), divididas em dois segmentos principais: o primeiro, de aumento da inclinação, pode ser definido como uma fase de auto-aceleração do crescimento, e, o segundo, de diminuição da inclinação, definido como uma fase de desaceleração do crescimento. Por isso, o padrão característico de crescimento de seres vivos como plantas, animais e outros, segue em geral a forma de uma curva sigmoideal, e a taxa de crescimento segue a forma de um sino (Yin et al., 2003).

Os modelos de descrição de crescimento biológico agrupam-se em lineares e não lineares (France e Thornley, 1984; Gonzales-Barron e Cadavez, 2019). Entretanto, há um consenso crescente no seio da comunidade científica de que as abordagens tradicionais usadas para modelar o crescimento, enraizadas em modelos lineares e exponenciais, são inadequadas (Archontoulis e Miguez, 2015; France e Thornley, 1984; Paine et al., 2012; Gonzales-Barron e Cadavez, 2019).

Em comparação com modelos lineares (polinomiais, por exemplo), os modelos não lineares são parcimoniosos, isto é, ajustam-se a um fenómeno com relativamente menos parâmetros envolvidos (Bates e Watts, 2007; Archontoulis e Miguez, 2015; Jane et al., 2019) e são de fácil interpretação, pelo facto dos parâmetros poderem ser associados a um significado biológico (Bates e Watts, 2007; Archontoulis e Miguez, 2015). Estes modelos quando corretamente ajustados, permitem uma compreensão mais profunda e previsões mais precisas e robustas (Bates e Watts, 2007) para uma vasta gama de questões ecológicas, incluindo a competição entre plantas, interações planta-herbívoro (pastoreio) e funcionamento geral do ecossistema, sendo considerados suficientemente flexíveis para dar conta das variáveis taxas de crescimento ao longo do ciclo biológico de crescimento de organismos (Paine et al., 2012).

Contudo, os modelos não lineares, relativamente a variedade de dados que podem descrever, são menos flexíveis em comparação com os polinomiais e, geralmente não existe uma solução analítica para estimativa dos seus parâmetros, recorrendo-se assim a métodos numéricos, e sendo portanto, necessária a verificação da convergência do algoritmo usado (Archontoulis e Miguez, 2015). Ora, os métodos numéricos de estimativas de parâmetros em modelos não lineares, requerem valores iniciais para que haja convergência do algoritmo, e a escolha destes valores iniciais, pode ser menos laboriosa quando se escolhe modelos com parâmetros que possuem um significado biológico (Ritz e Streibig, 2005; Archontoulis e Miguez, 2015).

Dos modelos não lineares, são os de formato sigmoidal e assintóticos que melhor caracterizam uma curva de crescimento de diversas culturas (Kleinpaul et al., 2018; Jane et al., 2020; Bem et al., 2020) como as pastagens (Ratkowsky, 1983; Huet et al., 2004; Karadavut et al., 2010), e também de diversos animais (Sieklicki et al., 2018), visto que, o crescimento destes organismos tende a seguir um padrão sigmoidal e atinge um máximo (assíntota) ao longo do tempo (France e Thornley, 1984; Paine et al., 2012, Archontoulis e Miguez, 2015).

Definição

Segundo Archontoulis e Miguez (2015) e Gonzales-Barron e Cadavez (2019), modelo não linear é a expressão matemática do tipo:

$$y = f(x, \beta) \quad (2.1)$$

Que pressupõe uma relação não linear entre as variáveis independentes ou explicativas e a variável de resposta. Onde f é não linear em um ou mais de p parâmetros de $\beta_1 \dots \beta_p$.

De forma mais completa e realística, a fórmula de um modelo não linear pode assim ser escrita para incluir a noção da média na variável explicativa x_i e dos possíveis erros associados ao processo de medições:

$$y_i = E(y_i|x_i) + \varepsilon_i = f(x, \beta) + \varepsilon_i \quad (2.2)$$

Onde:

- y_i : termo ou variável de resposta
- $f(x, \beta)$: termo que expressa a relação entre a variável de resposta y e a explicativa x
- ε_i : termo de erro (causado por fontes de variação desconhecidas)

De forma geral, assume-se que os resíduos estão normalmente distribuídos, com média zero e desvios desconhecidos que são estimados a partir dos dados.

Os modelos de crescimento de Weibull, de Gompertz, logístico, de Ratkowsky são alguns dos exemplos tidos como gerais e de formato sigmoidal, portanto, ajustáveis à uma vasta gama de organismos e processos ecológicos (Paine et al., 2012; Archontoulis e Miguez, 2015). A seguir passa-se a descrição do breve historial, aplicações e respetivas equações de cada um dos modelos acima mencionados.

2.11.1 Modelo de Gompertz

O modelo de Gompertz, foi proposto pela primeira vez pelo Benjamin Gompertz para descrever a relação entre o aumento da taxa de mortalidade e a idade, conhecido na época como lei teórica da mortalidade humana (Gompertz, 1825; Kirkwood, 2015). É depois do logístico, atualmente o modelo sigmoidal mais usado para ajustar dados de crescimento (K. M. C. Tjørve e Tjørve, 2017), e tem sido usado para descrever o crescimento de animais (Aggrey, 2002; Nahashon et al., 2006; Sieklicki et al., 2018), plantas (Jane et al., 2020),

bactérias (Chatterjee et al., 2015; Gonzales-Barron e Cadavez, 2019), células oncológicas (Benzekry et al., 2014; Román-Román et al., 2016), só para citar alguns exemplos.

Segundo Archontoulis e Miguez (2015), o modelo de Gompertz, pode ser definido pela Equação 2.3, parametrizada para o ajuste de plantas, onde y é a variável de resposta (crescimento), x é a variável explicativa (tempo), β_1 é a assíntota (crescimento máximo), β_2 é a taxa média de crescimento da curva que representa a velocidade de acumulação de matéria seca ao longo do tempo, β_3 é a abcissa do ponto de inflexão (tempo correspondente ao ponto de mudança de concavidade da curva) a partir do qual o crescimento abranda. Segundo Ricklefs (1967) e T. Ribeiro et al. (2018), o ponto de inflexão no modelo de Gompertz ocorre em torno de 37% da assíntota horizontal:

$$y = \beta_1 \exp \{ -\exp [-\beta_2 (x - \beta_3)] \} \quad (2.3)$$

2.11.2 Modelo Logístico

O modelo Logístico foi publicado por Pierre-François Verhulst em 1838, onde buscava descrever o crescimento e a saturação populacional (Bacaër, 2011). É atualmente o modelo sigmoidal mais usado para ajustar dados de crescimento (K. M. C. Tjørve e Tjørve, 2017; Archontoulis e Miguez, 2015). Vários estudos apontam a sua larga utilização na descrição de diversas variáveis de crescimento em plantas (Khamis et al., 2005; Diel et al., 2021; Jane et al., 2020), animais (Nahashon et al., 2006) e outros organismos (Schlei et al., 2018).

Na Equação 2.4 é apresentado o modelo Logístico de três parâmetros na forma mais utilizada para ajuste de crescimento de plantas segundo E. Tjørve e Tjørve (2010) e Archontoulis e Miguez (2015), onde y é a variável de resposta (crescimento), x é a variável explicativa (tempo), β_1 é a assíntota (crescimento máximo), β_2 é a taxa média de crescimento da curva que representa a velocidade de acumulação de matéria seca ao longo do tempo, β_3 é a abcissa do ponto de inflexão (tempo correspondente ao ponto de mudança de concavidade da curva) a partir do qual o crescimento abranda. Segundo Ricklefs (1967) e T. Ribeiro et al. (2018), o ponto de inflexão no modelo Logístico ocorre aproximadamente a 50% da assíntota horizontal.

$$y = \frac{\beta_1}{1 + \exp [-\beta_2 (x - \beta_3)]} \quad (2.4)$$

2.11.3 Modelo de Ratkowsky

O modelo de Ratkowsky foi pela primeira vez proposto por Ratkowsky et al. (1982), como modelo da raiz quadrada, com intuito de modelar a velocidade de crescimento de microrganismos em função da temperatura (Ratkowsky et al., 1982; Ratkowsky, 1983). Este modelo quando reparametrizado, pode ser utilizado para descrever o crescimento das pastagens, ver exemplo em Bates (2016).

Na Equação 2.5 é apresentado o modelo de Ratkowsky (Ratkowsky, 1983), onde y é a variável de resposta (crescimento), x é a variável explicativa (tempo), β_1 é a assíntota (crescimento máximo), β_2 é o intercepto, isto é, o valor de y correspondente a $x = 0$, β_3 é a taxa média de crescimento da curva que representa a velocidade de acumulação de matéria seca ao longo do tempo:

$$y = \frac{\beta_1}{1 + \exp(\beta_2 - \beta_3 \times x)} \quad (2.5)$$

2.11.4 Modelo de Weibull

O modelo de Weibull foi introduzido pela primeira vez por Ernst Hjalmar Waloddi Weibull em 1951, sendo inicialmente descrito como uma distribuição estatística (Weibull, 1951; Mahanta e Borah, 2016). Atualmente, tem sido amplamente utilizado com diferentes parametrizações em várias áreas como: crescimento da população (Wilson, 1994), crescimento de culturas pratenses (Huet et al., 2004), forrageiras (Karadavut et al., 2010) e florestais (Colbert et al., 2004; Mahanta e Borah, 2016), bem como em microbiologia (Virto et al., 2006), entomologia (Atlihan et al., 2017), entre outras áreas.

Na Equação (2.6) é definido o modelo de Weibull de quatro parâmetros apresentado por Ratkowsky (1983) e Fekedulegn et al. (1999), onde y é a variável de resposta (crescimento), x é a variável explicativa (tempo), β_1 é a assíntota (crescimento máximo), β_2 é a amplitude do crescimento, β_3 é a taxa de crescimento e β_4 é o declive do crescimento:

$$y = \beta_1 - \beta_2 \exp(-\beta_3 \times x^{\beta_4}) \quad (2.6)$$

2.12 Ajuste de modelos não lineares: estimativa de parâmetros

Os parâmetros são valores nas equações dos modelos, que não variam com o tempo (France e Thornley, 1984). A sua estimativa em modelos não lineares é obtida com recurso ao método dos mínimos quadrados não lineares (Archontoulis e Miguez, 2015). Neste método procura-se o melhor ajuste para um conjunto de dados tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre os valores estimados e os observados (Archontoulis e Miguez, 2015; Gardenghi e Santos, 2013; Kleinpaul et al., 2018). No entanto, a minimização da soma de quadrado residual produz equações normais que são não lineares nos parâmetros, tornando-se assim impossível a sua resolução analiticamente, sendo por isso recorrido em alternativa, ao uso de métodos iterativos (Archontoulis e Miguez, 2015; Jane et al., 2020).

A estimativa de parâmetros através do método de mínimos quadrados não lineares, pode ser feita pela função **nlsLM** (*Levenberg-Marquardt Nonlinear Least-Squares*) do **minpack.lm** na linguagem e ambiente de programação estatística R (Elzhov, Mullen, Spiess e Bolker, 2016; R Core Team, 2021), com recurso ao algoritmo de **Levenberg-Marquardt** que é o mais indicado para este fim (Nascimento, 2014). Este algoritmo combina a capacidade do algoritmo de *Steepest-Descent* em convergir, a partir de uma estimativa inicial, que pode estar fora da região de convergência em outros métodos, e a qualidade do algoritmo de *Gauss-Newton* em convergir rapidamente quando se aproxima dos verdadeiros valores a serem estimados. O método de **Levenberg-Marquardt** reúne desta forma, as melhores características dos outros dois algoritmos anteriores, evitando as limitações graves neles observadas (Nascimento, 2014).

A significância dos parâmetros pode ser verificada pelo teste *t* ao nível de 1%, testando a seguinte hipótese: as estimativas são iguais a zero ($\beta_i = 0$), ou seja, os parâmetros não contribuem para o modelo ajustado.

2.12.1 Pressupostos dos modelos

A avaliação dos pressupostos é uma prática recomendada em análises estatísticas, e é feita através da análise residual utilizando uma série de testes como o de *Shapiro-Wilk* (Shapiro e Wilk, 1965), *Breusch-Pagan* (Breusch e Pagan, 1979) e *Durbin-Watson* (Durbin

e Watson, 1950), que são respetivamente os mais utilizados para verificar, pressuposto de normalidade (Khatun, 2021), homogeneidade de variâncias e independência de resíduos (Archontoulis e Miguez, 2015; Jane et al., 2020).

A verificação da heterocedasticidade pelo teste de *Breusch-Pagan*, tem-se em consideração a hipótese nula que assume a homocedasticidade dos resíduos. Através do *valor - p* como critério de decisão, tem-se que para valores menores ou iguais ao nível de significância adotado, rejeita-se a hipótese nula. Assim sendo, quando detetada a presença de heterogeneidade pelo teste, deve-se ajustar os modelos aos dados usando ponderação de variância, por meio dos mínimos quadrados generalizados (Breusch e Pagan, 1979; Nascimento, 2014).

A avaliação da autocorrelação residual através do teste de *Durbin-Watson*, tem na hipótese nula a não existência de correlação serial dos resíduos. Assim sendo, para valores menores ou iguais ao nível de significância, rejeita-se a hipótese nula (Durbin e Watson, 1950; Nascimento, 2014).

A verificação do pressuposto da normalidade de resíduos pelo teste de *Shapiro-Wilk*, assume como hipótese nula uma distribuição normal dos resíduos, sendo esta rejeitada caso o valor da estatística do teste, seja igual ou inferior ao nível de significância (Shapiro e Wilk, 1965; Nascimento, 2014). Para a avaliação deste pressuposto, importa salientar que além do teste, pode e deve igualmente ser efetuada a análise gráfica dos resíduos (T. Ribeiro et al., 2018).

2.13 Qualidade de ajuste dos modelos

Os modelos não lineares quando ajustados a um mesmo conjunto de dados, requerem para além do diagnóstico visual dos gráficos (Archontoulis e Miguez, 2015; T. Ribeiro et al., 2018), o recurso a metodologias estatísticas, para compará-los e indicar o que melhor se ajusta aos dados em causa (Archontoulis e Miguez, 2015). Para tal, há diversas estatísticas para avaliar a qualidade de ajuste dos modelos e para proceder à sua comparação (Archontoulis e Miguez, 2015; T. Ribeiro et al., 2018; Kleinpaul et al., 2018; Jane et al., 2020; Bem et al., 2020). Dentre as diversas estatísticas, as mais utilizadas na comparação de modelos de regressão não lineares são: o R_{aj}^2 , o AIC (Burnham e Anderson, 2003; T. Ribeiro et al., 2018), o BIC e o DPR (Archontoulis e Miguez, 2015; Kleinpaul et al., 2018;

Jane et al., 2020; Bem et al., 2020; Morais et al., 2020).

2.13.1 Desvio padrão residual

O DPR indica a distância entre as estimativas do modelo e os valores observados, ou seja, gera o valor de desvio residual. Para esta estatística, quanto menor for o seu valor, melhor é a qualidade de ajuste do modelo (Kleinpaul et al., 2018; Jane et al., 2020), e é obtida pela seguinte expressão:

$$DPR = \sqrt{\frac{QME}{(n - p)}} \quad (2.7)$$

Onde: QME é o quadrado médio do erro, n o número de observações e p o número de parâmetros do modelo.

2.13.2 Coeficiente de determinação ajustado

Enquanto o coeficiente de determinação (R^2) refere a percentagem de variação da variável de resposta explicada pelo modelo, o coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2) é usado apenas para a comparação de modelos e é apropriado em situação de comparação de modelos com número diferente de parâmetros. Quanto maior for o valor do R_{aj}^2 , melhor é a qualidade de ajuste do modelo aos dados (Archontoulis e Miguez, 2015). Segundo os mesmos autores, esta estatística é obtida pela seguinte expressão:

$$R_{aj}^2 = 1 - \frac{(1 - (1 - \frac{SQR}{SQT})) \times (n - 1)}{n - p} \quad (2.8)$$

Onde: SQR é a soma de quadrado de resíduos e SQT é a soma de quadrados totais, n é número de observações e p é o número de parâmetros.

2.13.3 Critério de informação Akaike e Bayesiano

Em relação ao AIC e BIC, quanto menores forem seus valores, melhor é a qualidade de ajuste do modelo, ou seja, mais indicado é o modelo para descrever os dados em estudo

(Burnham e Anderson, 2003; Archontoulis e Miguez, 2015; Kleinpaul et al., 2018; Morais et al., 2020). A seguir são apresentadas as respectivas expressões para a sua determinação:

$$AIC = -2 \log(L_i) + 2p_i \quad (2.9)$$

$$BIC = -2 \log(L_i) + p_i \log(n) \quad (2.10)$$

Onde: L_i e p_i são respetivamente, a probabilidade e o número de parâmetros para cada modelo; n é número de observações.

Capítulo 3

Avaliação do crescimento Primaveraíl da pastagem de sequeiro mediterrânico: Caso Quinta do Pinheiro Manso na Escola Superior Agrária de Bragança

Resumo

As pastagens são um recurso de valor incomensurável na manutenção da vida na terra. São a principal fonte de alimento de ruminantes e garantem o equilíbrio ecológico. Em regiões de clima temperado a produtividade das pastagens é bastante variável ao longo das Estações e anos. Ora, para uma correta utilização deste recurso, é necessário compreender a sua dinâmica em termos de crescimento e da sua qualidade, principalmente para fins de produção pecuária, de modo a garantir o equilíbrio entre a satisfação das necessidades nutricionais dos animais e a manutenção da produtividade e qualidade da pastagem ao longo do tempo. Em virtude do exposto acima, foi realizado o presente estudo na Quinta do Pinheiro Manso da Escola Superior Agrária (ESA) de Bragança, com o objetivo de avaliar a evolução do crescimento Primaveraíl e da qualidade das pastagens de sequeiro Mediterrânicas no Nordeste Transmontano de Portugal. A pastagem estudada é permanente, em regime de sequeiro e semeada em sob coberto de olival em um sistema agrosilvopastoril. A área foi dividida em três blocos e colocadas 45 caixas de exclusão de pastoreio para efeitos de recolha de amostras de pastagem. Os cortes foram efetuados quinzenalmente a

uma altura de 2 cm do solo, em quadrícula de 50 cm x 50 cm, as amostras foram pesadas e desidratadas em uma estufa com ventilação forçada a 65°C, sendo de seguida tirado o peso da matéria seca (MS). A proteína bruta (PB) e Fibra foram determinadas em amostras desidratadas a 105°C seguindo-se respetivamente os procedimentos de kjeldahl e Van Soest. A composição florística (CF) foi avaliada pelo método de Levy. Os modelos foram ajustados pelo método de mínimos quadrados não lineares. Os dados foram analisados em R. Do Outono à Primavera foi observada uma variação em termos da CF, onde a fração das leguminosas aumentou ($p < 0,05$) de $12,23 \pm 4,38\%$ para $32,70 \pm 6,077\%$, as gramíneas não variaram ($p > 0,05$), a fração de solo nu diminuiu ($p < 0,05$) de $19,10 \pm 4,081\%$ para $0,52 \pm 0,369\%$ e as outras famílias diminuíram ($p < 0,05$) de $38,92 \pm 5,234\%$ no Inverno para $21,52 \pm 5,625\%$ na Primavera. A produção cumulativa da MS na Primavera foi de cerca de 6,2t/ha e a média ao longo dos cortes foi de 1,04t/ha. A PB teve tendência de reduzir com a evolução do tempo e a Fibra aumentou. Os modelos Logístico, de Weibull, de Ratkowsky e de Gompertz ajustaram-se à curva de crescimento da pastagem de sequeiro, mas o modelo de Weibull foi o que se ajustou com melhor qualidade. Foi possível concluir que durante o crescimento Outono-Primaveril, as leguminosas tendem a aumentar a sua percentagem de cobertura na pastagem de sequeiro devido ao aumento da temperatura conjugado com a disponibilidade de água e enquanto isso, a qualidade da pastagem vai diminuindo a medida em que aumenta a acumulação da MS ao longo da Estação Primaveril.

Palavras-chave: pastagem de sequeiro, composição florística, modelos de crescimento, proteína bruta, fibra.

Abstract

Pastures are a resource of immeasurable value in maintaining life on earth. They are the main source of food for ruminants and ensure the ecological balance. In regions with a temperate climate, the productivity of pastures varies greatly throughout the seasons and years. Now, for a correct use of this resource, it is necessary to understand its dynamics in terms of growth and its quality, especially for livestock production purposes, in order to ensure the balance between meeting the nutritional needs of animals and maintaining the productivity and quality of pasture over time. In view of the above, the present study was

carried out at Quinta do Pinheiro Manso of the Escola Superior Agrária (ESA) of Bragança, with the aim of evaluating the evolution of spring growth and quality of Mediterranean dryland pastures in the Northeast Transmontano de Portugal. The studied pasture is permanent, rainfed and sown under olive grove cover in an agrosilvopastoral system. The area was divided into three blocks and 45 exclusion cages were placed to collect pasture samples. The cuts were made fortnightly at a height of 2 cm from the ground, in grid of 50 cm x 50 cm, the samples were weighed and dehydrated in an oven with forced ventilation at 65°C, then the weight of dry matter (DM) was taken. The crude protein (CP) and fibre were determined on samples dehydrated at 105°C following respectively the Kjeldahl and Van Soest procedures. Floristic composition (FC) was assessed by the Levy method. Models were fitted by the non-linear least squares method. The data were analysed in R. From autumn to spring a variation was observed in terms of FC, where the legume fraction increased ($p < 0,05$) from $12,23 \pm 4,38\%$ to $32,70 \pm 6,077\%$, grasses did not vary ($p > 0,05$), the bare soil fraction reduced ($p < 0,05$) from $19,10 \pm 4,081\%$ to $0,52 \pm 0,369\%$ and the other species reduced ($p < 0,05$) from $38,92 \pm 5,234\%$ in winter to $21,52 \pm 5,625\%$ in spring. The cumulative yield of DM was about 6,2t/ha and the average over the cuts was 1,04t/ha. CP tended to reduce over time and fibre increased. The Logistic, Weibull, Ratkowsky and Gompertz models fitted the growth curve of rainfed pasture, but the Weibull model was the one that fitted with the best quality. It was possible to conclude that during autumn-spring growth, legumes tend to increase their cover percentage in rainfed pasture due to temperature increase coupled with water availability and meanwhile, the quality of pasture decreases as the MS accumulation increases throughout the spring season.

Keywords: rainfed pasture, floristic composition, growth models, crude protein, fibre.

3.1 Introdução

Em 2011, segundo dados da FAO (2014), as pastagens permanentes ocupavam mais de 25% da superfície terrestre e cerca de 70% da área agrícola mundial, contribuindo para o sustento de mais de 800 mil milhões de pessoas (T. Santos, 2018). No caso de Portugal, cerca de 20% da área era ocupada por pastagens permanentes (FAO, 2014), as quais representavam mais de 50% da área agrícola portuguesa. São quase 2 milhões de

hectares (1,8 milhões) do território Português afetos a este tipo de uso do solo (A. Martins, 2015). Para além de serem a principal fonte de alimento de ruminantes, as pastagens possuem valor ecológico imensurável, contribuindo para o sequestro de gases de efeito estufa como o carbono, para a preservação e valorização de solos sem aptidão agrícola, a purificação da água, o ciclo de nutrientes, assim como para a oferta de valor paisagístico (Carlier et al., 2009; Simões et al., 2016; Pornaro et al., 2017).

Em regiões temperadas, o crescimento das pastagens é caracterizado por uma grande variação sazonal (Hurtado-Uria et al., 2013) e interanual em termos de produção e de qualidade (Belo, 2019). O padrão de crescimento das pastagens é sigmoidal, sendo explicado de entre vários fatores bióticos e abióticos, pelo índice de área foliar (IAF) (Rayburn e Griggs, 2020), que é a variável que melhor expressa a capacidade da planta de interceptar a luz solar para realizar a fotossíntese (Costa et al., 2004). Este índice varia em função do estado de crescimento e de desenvolvimento da planta (Ruggieri, 2004; France e Thornley, 1984).

O IAF expressa a relação funcional existente entre a área foliar e a área do terreno ocupada pela cultura (Favarin et al., 2002; Costa et al., 2004). Em relação a este índice, o crescimento das plantas pode ser dividido em três etapas (Ruggieri, 2004), que explicam o padrão sigmoidal de crescimento acima referido. Na primeira fase (após a emergência ou desfoliação por pastoreio), o crescimento é relativamente lento em virtude do baixo índice de área foliar e por conseguinte baixa capacidade de interceção da luz solar, na segunda fase há um crescimento acelerado do IAF acompanhado de uma rápida e crescente acumulação da biomassa e, na terceira fase IAF atinge o seu máximo e depois começa a decrescer devido a senescência foliar, nesta última etapa, a biomassa atinge o seu máximo de acumulação e de seguida cessa este processo devido ao ensombramento das folhas basais e senescência foliar (Costa et al., 2004; Ruggieri, 2004).

Este padrão sigmoidal ao longo da estação de crescimento, quando não compreendido, dificulta a sistematização e a previsibilidade da produção da MS na pastagem, a evolução da qualidade do pasto e consequentemente a produção de ruminantes criados em pastoreio (Belo et al., 2018). Entre vários aspetos relacionados com a alimentação dos animais, o ajuste do suprimento à demanda de alimentos em função da oferta através das pastagens (Wachendorf et al., 2018) ou mesmo de alimentos concentrados e forragens, é um dos pontos fundamentais para o sucesso e para a sustentabilidade de um sistema de produção

(E. D. G. Santos et al., 2004).

Assim sendo, o conhecimento desta dinâmica de crescimento de pastos, da variação do seu valor nutritivo ao longo do tempo dentro de uma estação de crescimento, entre estações e entre anos, é requisito crucial para a correta satisfação das exigências nutricionais de animais e para maximizar a utilização dos recursos de pastagem (Clipes et al., 2006; Wachendorf et al., 2018), principalmente durante o crescimento da Primavera, pelo facto deste representar cerca de 65 a 85% da produção anual de pastagens em regime de sequeiro (Freixial e Barros, 2012).

Desta forma, estudos que visam o desenvolvimento de modelos que caracterizam o padrão da evolução da produtividade das pastagens (em termos de biomassa), é de extrema importância para se definirem estratégias de gestão sustentada das mesmas, pela otimização do pastoreio e garantia da continuidade da sua produtividade, quantidade e qualidade ao longo do tempo, minimizando a médio e a longo prazo, os custos de produção das explorações pecuárias, tornando-as em simultâneo, ambientalmente amigáveis (Tonato et al., 2010; Ara et al., 2020).

Ora, pela pesquisa bibliográfica realizada, constatou-se a inexistência de trabalhos de investigação focados no desenvolvimento de modelos de crescimento de pastagens de sequeiro na região Nordeste de Portugal, os quais podem ser úteis na caracterização e previsão da produtividade assim como qualidade das pastagens de sequeiro, servindo de base para a definição de estratégias de otimização do aproveitamento deste valioso recurso. Pelo que, o presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar a dinâmica da produtividade e da qualidade das pastagens de sequeiro Mediterrânicas ao longo da estação de crescimento Primavera. Esta primeira aproximação à modelação da produtividade das pastagens de sequeiro, espera-se que sirva de base para estudos posteriores de desenvolvimento de modelos de crescimento das pastagens de sequeiro em sistema agrosilvopastoril da região Nordeste de Portugal.

3.2 Objetivos

3.2.1 Geral

- Avaliar a evolução do crescimento Primavera e da qualidade das pastagens de sequeiro Mediterrânicas no Nordeste Transmontano de Portugal, concretamente, a

pastagem da Quinta do Pinheiro Manso da Escola Superior Agrária (ESA) de Bragança.

3.2.2 Específicos

- Avaliar a dinâmica da composição florística da pastagem na Primavera em relação ao Outono e Inverno;
- Analisar a produtividade e evolução da qualidade da pastagem ao longo da Primavera;
- Ajustar modelos não lineares ao crescimento Primavera das pastagens de sequeiro.

3.3 Materiais e métodos

3.3.1 Área de estudo

Localização

Os trabalhos experimentais tiveram lugar na quinta do Pinheiro Manso, propriedade da Escola Superior Agrária (ESA) do Instituto Politécnico de Bragança (IPB), sita na periferia na cidade de Bragança, junto das margens do rio Sabor, a cerca de 700 m do vetusto Castelo. As suas coordenadas geográficas podem ser consideradas as da cidade de Bragança: 41°49' Norte e 6°46' Oeste.

A extensão total da quinta é de cerca de 16,5 ha, sendo destes 12,5 ha dedicados a pastagem de sequeiro. Entretanto, a superfície da pastagem onde tiveram lugar os trabalhos experimentais, está em sob coberto de um olival e ocupa uma extensão de 2,8 ha, repartida em três blocos, como consta no esquema da Figura 3.1. A área de cada bloco foi a seguinte: Bloco 1 – 0,63 ha; Bloco 2 – 1,024 ha; Bloco 3 – 1,164 ha.



Figura 3.1: Vista aérea da área experimental

Créditos: Prof. Vasco Cadavez

Clima

Pela sua localização na região biogeográfica europeia Mediterrânica, o clima dominante na região onde se insere a quinta do "Pinheiro Manso", é de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, do tipo temperado mediterrâneo (Csa e Csb)¹ (AEMET e IM, 2011), sendo que a nível da quinta do Pinheiro Manso, faz-se sentir um microclima característico de zonas orograficamente acidentadas (Roque, 1992).

De forma mais generalizada, o clima da região é influenciado pela disposição paralela em relação ao litoral do relevo montanhoso, que interceta a massa húmida do ar do Atlântico e provoca a condensação do vapor de água do lado frontal (barlavento), afetando negativamente a pluviosidade e alterando o regime das temperaturas nas regiões do interior, sendo de forma mais acentuada quanto mais afastado for o ponto em relação ao litoral, como resultado do efeito de Foehn (Roque, 1992; Aguiar e Vila-Viçosa, 2016; Gonçalves et al., 2016), causado especialmente pelas serras de Marão, Alvão, Falpera e Padrela (M. Monteiro e Figueiredo, 2009).

A distribuição das precipitações ao longo do ano, segue em toda extensão de Bragança o regime mediterrânico (Roque, 1992; M. Monteiro e Figueiredo, 2009; Castro et al., 2021), ocorrendo em média no semestre húmido (Outubro à Março) cerca de 70% do total anual da precipitação, contra menos de 10% no trimestre seco (Junho à Agosto), tendo os restantes meses um carácter de transição (M. Monteiro e Figueiredo, 2009).

Em termos históricos, os registos das temperaturas da região são: média anual 12,3°C,

¹ mais detalhes sobre estes biotipos climáticos em Rivas-Martínez (1983) e AEMET e IM (2011)

média anual das máximas 17,9°C, média anual das mínimas 6,7°C, mensal mínima do mês mais frio (Janeiro) -11,6°C, mensal máxima em Julho 38,8°C, média das mínimas mensais de Janeiro 0,3°C, média das máximas mensais de Agosto (o mês mais quente) 28,5°C (IPMA, 2021).

Há igualmente na região, registos de ocorrência de geadas, sendo as tardias (Abril/-Maio) as mais prejudiciais para a produção das culturas, quer pratenses, assim como agrícolas (Roque, 1992).

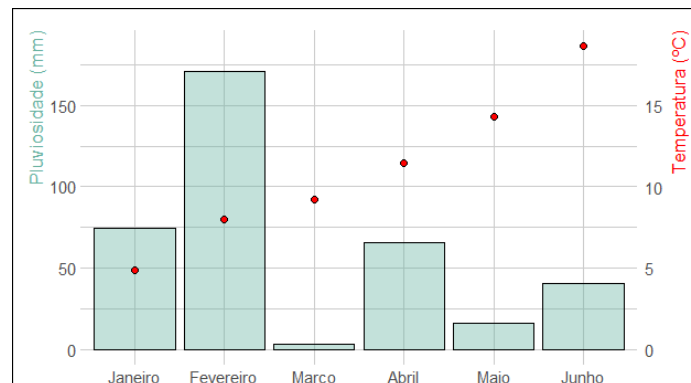


Figura 3.2: Evolução da pluviosidade e temperatura durante o período de condução do ensaio em campo (Janeiro-Junho de 2021).

Fonte: Informação disponibilizada pela Estação Meteorológica da ESA - IPB.

De acordo com a Figura 3.2, é notório um incremento das temperaturas médias mensais à medida em que se avança do Inverno para a Primavera. Em relação a queda pluviométrica, os meses mais frios foram os que coincidiram com precipitação relativamente superior. A queda pluviométrica foi ascendente de Janeiro à Fevereiro (mês em que ocorreu o maior registo de precipitação), tendo depois seguido uma tendência decrescente de Fevereiro à Junho.

A precipitação acumulada durante o período do estudo foi inferior que o valor acumulado das normais climatológicas de 1971-2000 (385,9 mm), ao passo que, as temperaturas observaram um comportamento oposto, onde os valores mensais registados durante o estudo foram superiores que os valores das normais climatológicas 1971-2000 no período de Janeiro a Junho (IPMA, 2021).

Solos

Os solos da cidade de Bragança (onde se localiza a área de estudo) são de acordo com a classificação da *World Reference Base for Soil Resources* (WRB) (Madeira e Monteiro,

2004), predominantemente Leptossolos (cerca de 72%), com a textura a variar entre franca, franco-arenosa e franco-limosa (Afonso e Arrobas, 2009). Estes Leptossolos encontram-se na maior parte assentados sobre a rocha dura a menos de 50 centímetros de profundidade (M. Monteiro e Figueiredo, 2009). Os solos de Bragança são maioritariamente delgados, ácidos, nutricionalmente desequilibrados, pobres em bases de troca e em fósforo, muitas vezes deficientes em boro, e com teores tóxicos de alumínio e manganês biodisponível (Aguiar e Vila-Viçosa, 2016).

Relevo

Bragança está enquadrada na vasta extensão territorial do planalto do Nordeste Transmontano, sendo parte componente da Meseta Ibérica Norte, possui altitudes médias em torno dos 700 a 900 m (M. Monteiro e Figueiredo, 2009). No geral a fisiografia do terreno da cidade de Bragança caracteriza-se por um relevo muito acidentado, com frequentes declives acentuados que beneficiam fenómenos erosivos (Afonso e Arrobas, 2009), fato que explica muito os seus solos (Afonso e Arrobas, 2009; M. Monteiro e Figueiredo, 2009).

A quinta do "Pinheiro Manso" situada entre as curvas de nível 600 e 650 m, e seu terreno caracterizado por uma depressão orientada na direção noroeste/sudeste, com sua maior altitude a sudeste de 650 e 710 m e a noroeste a sua menor altitude de 500 a 600 m junto do rio Sabor (Roque, 1992).

3.3.2 Caracterização da pastagem

A pastagem que foi avaliada é permanente em regime de sequeiro semeada em sob coberto de olival. Esta pastagem foi implantada em duas fases, na primeira em 1985 (4 ha) ao abrigo do Projeto nº 8 (Plano de Desenvolvimento da Região Integrada de Trás-os-Montes) e na segunda (8,5 ha) (Azevedo e Teixeira, 1988). Importa salientar que esta pastagem foi implantada a base de trevos subterrâneos em consociação com gramíneas como azevêns e outras, em proporções descritas na Tabela 3.1. A produtividade média projetada para esta pastagem a quando da sua implantação foi e cerca de 17 a 20 ton/ha de matéria verde, que convertido seria em torno de 5 a 5,5 ton/ha de MS (Roque, 1992).

Desde a sua implantação à data da realização do presente estudo, tem vindo a beneficiar de algumas adubações, principalmente a base de fósforo e azoto e ressementeiras sempre que se julgou necessário.

Tabela 3.1: Espécies pratenses utilizadas na implantação da pastagem permanente de sequeiro na quinta do "Pinheiro Manso" e respectivas proporções

Designação da espécie	Nome científico	Variedade	Quantidade (kg/ha)
Trevo subterrâneo	<i>Trifolium subterraneum</i> L.	Woogenelup	4,0
Trevo subterrâneo	<i>Trifolium subterraneum</i> L.	Mount Barker	4,0
Trevo subterrâneo	<i>Trifolium subterraneum</i> L.	Bachus Marsh	3,0
Trevo subterrâneo	<i>Trifolium subterraneum</i> L.	Clare	3,0
Trevo branco	<i>Trifolium repens</i> L.	Pitau	1,0
Trevo morango	<i>Trifolium fragiferum</i> L.	Palestine	0,5
Panasco	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Currie	1,0
Azevém perene	<i>Lolium perenne</i> L.	Victorian	2,0
Caníço-malhado	<i>Phalaris tuberosa</i> L.	Sirolan	0,5

Fonte: Adaptado de Azevedo e Teixeira (1988)

3.3.3 Colheita e preparação das amostras de pastagem

As amostras de pastagem foram cortadas no Outono e no Inverno a uma frequência mensal e na primavera a uma frequência quinzenal, a uma altura de 2-3 cm do solo, usando uma tesoura elétrica e uma quadrícula de 0,25m² dentro e fora das caixas (móveis) de exclusão de pastoreio contendo 1m² (Figura 3.3). As amostras de biomassa foram pesadas em fresco, secas em uma estufa a 65±5°C com ventilação forçada, pesadas em seco, seguindo-se a moenda com crivo de 1 mm, e foram determinados os teores de MS, fibra e PB.



Figura 3.3: Caixa de exclusão de pastoreio.

3.3.4 Avaliação da composição florística

A dinâmica da composição botânica da pastagem foi avaliada pelo método de pontos quadrado de Levy, seguindo-se a descrição em Peratoner e Pötsch (2019), com o dispositivo (Figura 3.4). Foi feito o levantamento da cobertura vegetal da área de pastagem em três ocasiões (Outono: Novembro de 2020, Inverno: Janeiro de 2021 e Primavera: Maio de 2021), sendo as observações feitas em seguintes grupos funcionais: a) gramíneas, b) leguminosas, c) outras espécies² e d) solo descoberto (nu). O levantamento dos grupos funcionais de espécies foi feito dentro das caixas de exclusão (pontos de amostragem), onde foi registado o valor da frequência de toques de cada grupo funcional, pela descida vertical da agulha em 10 pontos com separação de 5 cm, previamente marcados na barra metálica. O valor da proporção relativa de cada grupo foi calculado pela fórmula apresentada na Equação 3.1.

$$\%X = \frac{n_x}{\sum_{x=1}^4 n_x} * 100 \quad (3.1)$$

Onde: %X é percentagem do grupo funcional X em um determinado ponto de amostragem, n_x o número de toques registados do grupo funcional X, e $\sum_{x=1}^4 n_x$ o somatório de todos toques registados no ponto de amostragem.



Figura 3.4: Levantamento da composição florística da pastagem pelo dispositivo de Levy

²espécies dicotiledóneas que não sejam leguminosas

3.3.5 Avaliação do crescimento

O crescimento da pastagem foi avaliado pela acumulação da biomassa (produtividade), como descrito por Barbero et al. (2013), para tal, foi medida a produção de biomassa seca em estufa ($65\pm 5^{\circ}\text{C}$) por unidade área, com recurso a uma balança de precisão 0,01g (Figura 3.5). O peso obtido na área da quadrícula ($0,25\text{m}^2$) foi convertido para um hectare. A medição da produtividade foi de acordo com os procedimentos seguidos por M. Â. Rodrigues et al. (2016).



Figura 3.5: Medição da biomassa fresca da pastagem com recurso a uma balança de precisão 0,01g (à esquerda) e desidratação das amostras em estufa a $65\pm 5^{\circ}\text{C}$ para a determinação da matéria seca do alimento (à direita).

Modelação do crescimento

Para caraterizar a curva de crescimento da pastagem foram ajustados modelos não lineares descritos pelas Equações 2.5, 2.6, 2.3 e 2.4, com recurso ao método de mínimos quadrados não lineares através da função **nlsLM** (*Levenberg-Marquardt Nonlinear Least-Squares*) do *minpack.lm* na linguagem e ambiente de programação estatística R (Elzhov, Mullen, Spiess, Bolker et al., 2016; R Core Team, 2021), com recurso ao algoritmo de *Levenberg-Marquardt* que é o mais indicado para este fim (Nascimento, 2014).

3.3.6 Fibra e proteína bruta

Após a moenda e acondicionamento das amostras em frascos, seguiram-se as análises laboratoriais para determinação de fibra e PB. O teor de fibra foi determinado pelos métodos de Van Soest et al. (1991) para NDF e AOAC 973.18 (2010) (Horwitz et al., 2010) para ADF e ADL, tal como procedeu Roukos et al. (2016). Mais detalhes sobre o sistema de Van Soet podem ser vistos na Figura 3.6. A PB foi determinada pelo método de Kjeldahl, segudno os procedimentos da AOAC 984.13 (1995) e como igualmente procederam

Roukos et al. (2016).

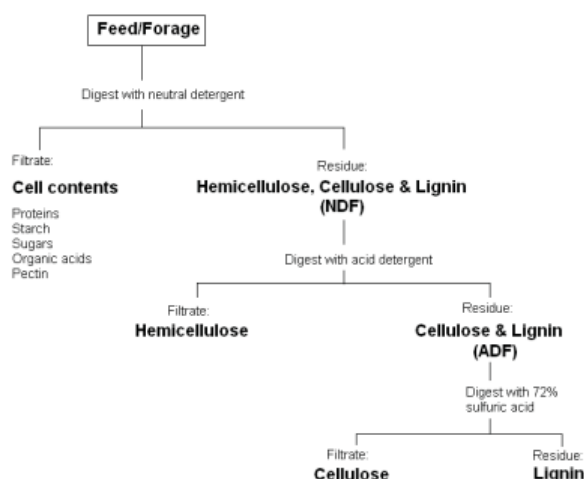


Figura 3.6: Sistema de fibra detergente de acordo com Van Soest

Fonte: Extraído de Moller (2008)

3.3.7 Análise estatística dos dados

Para avaliar a dinâmica da composição florística da pastagem na Primavera em relação ao Outono e Inverno, bem como para análise da evolução da produtividade e da qualidade da pastagem ao longo da Primavera foi feita a análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas (*repeated measures*) pelo teste F de *Fisher* e médias comparadas pelo teste *t* de *Student* a 5% de significância pelo programa R (R Core Team, 2021).

Para a modelação do crescimento, recorreu-se ao pacote estatístico R, onde se fez a verificação dos pressupostos dos modelos (normalidade de resíduos pelo teste de *Shapiro-Wilk*, auto correlação residual pelo teste de *Durbin-Watson* e a heterocedasticidade pelo teste de *Breusch-Pagan*). De seguida, a significância dos parâmetros estimados pelo método *nlsLM* foi verificada pelo teste *t* ao nível de 1%, testando a seguinte hipótese: as estimativas são iguais a zero ($\beta_i = 0$), ou seja, os parâmetros não contribuem para o modelo ajustado. As estatísticas utilizadas para comparar a qualidade de ajuste dos modelos foram: o R^2_{aj} , o AIC (Burnham e Anderson, 2003; T. Ribeiro et al., 2018), o BIC e o DPR (Archontoulis e Miguez, 2015; Kleinpaul et al., 2018; Jane et al., 2020; Bem et al., 2020; Morais et al., 2020).

3.4 Resultados e discussão

3.4.1 Evolução da composição florística da pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso

A Tabela 3.2 apresenta as estatísticas descritivas dos diferentes grupos funcionais/categorias observadas na composição florística da área de pastagem de sequeiro da Quinta do pinheiro Manso, ao longo da época de crescimento (Outono de 2020 à Primavera de 2021).

Tabela 3.2: Estatísticas descritivas da percentagem (%) dos grupos funcionais na composição florística da pastagem ao longo das Estações.

Categoria	n	Estação			Valor-p
		Outono 2020	Inverno 2021	Primavera 2021	
		$\mu \pm SE$	$\mu \pm SE$	$\mu \pm SE$	
Leguminosas	18	12,23 $\pm$ 4,381	12,89 $\pm$ 3,127	32,70 $\pm$ 6,077	0,001*
Gramíneas	18	32,19 $\pm$ 7,398	33,31 $\pm$ 6,156	45,26 $\pm$ 7,410	0.201
Outras	18	36,48 $\pm$ 6,505	38,92 $\pm$ 5,234	21,52 $\pm$ 5,625	0,033*
Solo nu	18	19,10 $\pm$ 4,081	14,88 $\pm$ 3,926	0,52 $\pm$ 0,369	0,000253*

*-significativo a 5% pelo teste de Fisher. n-número de observações; μ -média; SE-erro padrão.

A Figura 3.7 mostra a evolução da composição florística durante a época de crescimento Outono-Primaveril da pastagem de sequeiro supra referida. Em termos de proporção relativa na ocupação da área de pastagem, houve uma dinâmica nas quatro frações analisadas (Figura 3.7). A fração do grupo funcional das leguminosas evoluiu ($p < 0,05$) de 12,23 $\pm$ 4,38% no Outono para 32,70 $\pm$ 6,077% na Primavera e não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre o Outono e o Inverno (Figura 3.8). A proporção das gramíneas não variou ($p > 0,05$) (Figura 3.9), entre as Estações (32,19 $\pm$ 7,398% no Outono, 33,3 $\pm$ 6,156% no Inverno e 45,26 $\pm$ 7,410% na Primavera). A fração de outras famílias diminuiu ($p < 0,05$) de 38,92 $\pm$ 5,234% no Inverno para 21,52 $\pm$ 5,625% na Primavera, e não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre o Outono (36,48 $\pm$ 6,505%) e a Primavera (Figura 3.10). As manchas de solo descoberto (solo nu) quase desapareceram (Figura 3.11), tendo sido observada uma acentuada diminuição ($p < 0,05$) de 19,10 $\pm$ 4,081% no Outono para cerca de 0,52 $\pm$ 0,369% na Primavera, entretanto, não se observaram diferenças ($p > 0,05$) entre a percentagem das manchas de solo nu no Outono (19,10 $\pm$ 4,081%) e no Inverno (14,88 $\pm$ 3,926%).

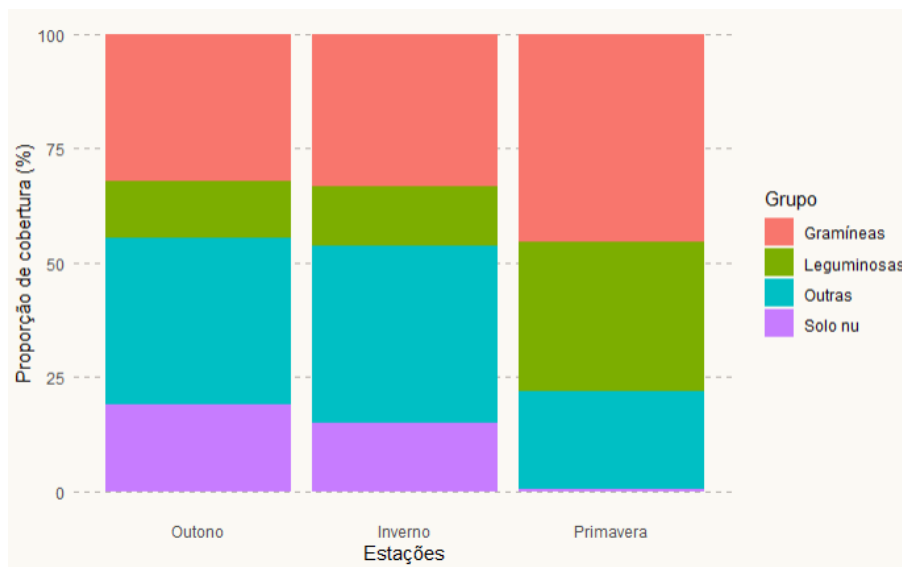


Figura 3.7: Evolução da composição florística ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril.

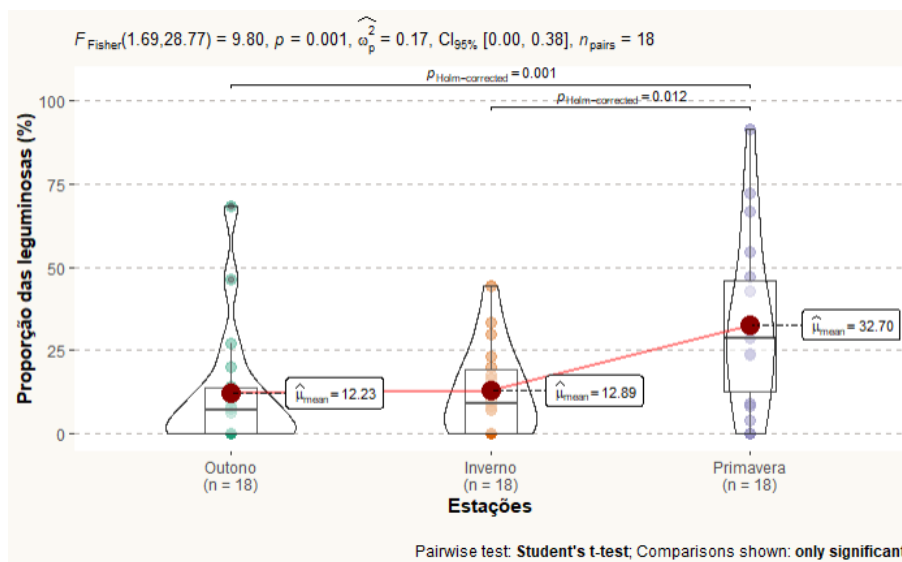


Figura 3.8: Evolução da proporção das leguminosas na composição florística ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste *t* de Student.

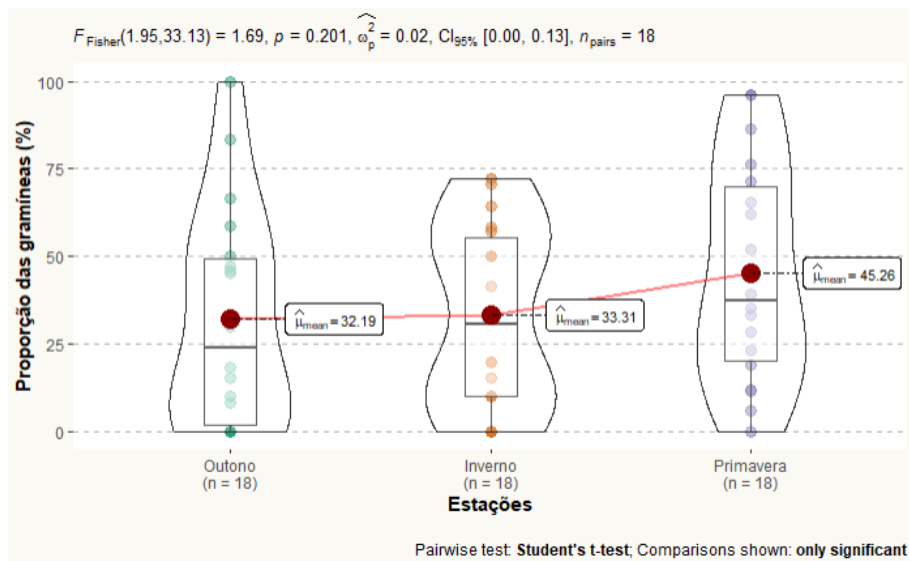


Figura 3.9: Evolução da proporção das gramíneas na composição florística ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste *t* de Student.

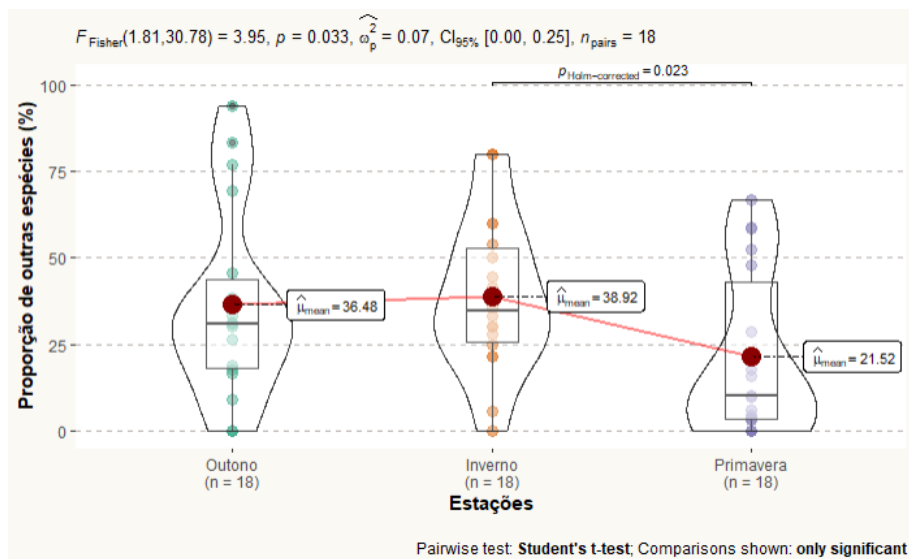


Figura 3.10: Evolução da proporção de outras famílias na composição florística ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste *t* de Student.

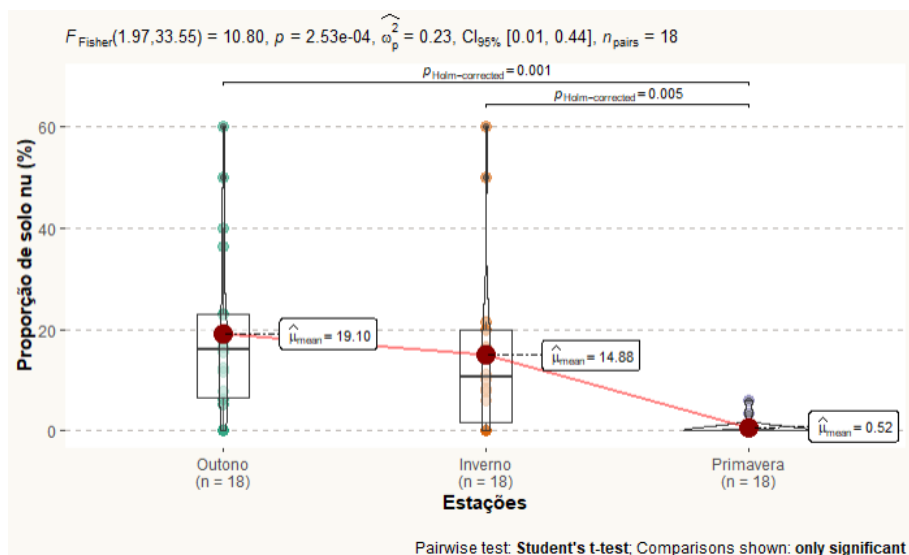


Figura 3.11: Evolução da proporção das manchas de solo descoberto (solo nu) ao longo da estação de crescimento Outono-Primaveril. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, onde apenas a diferença é significativa a 5% pelo teste *t* de Student.

O aumento expressivo da fração das leguminosas foi principalmente favorecido dentre vários fatores, pelo aumento da temperatura (Pardo e García, 1991), tal como evidencia a Figura 3.2, que por sua vez, conjugado com a disponibilidade de água, proporcionaram o bom desempenho deste grupo funcional de espécies. Esta explicação encontra ainda base de sustentação em Moreira (2002), que aponta 5,5°C como zero vegetativo, e que a temperaturas inferiores a 8-10°C o crescimento vegetativo das espécies pratenses era lento. Ainda na mesma ordem de raciocínio, Freixial e Barros (2012) referem que com o decréscimo das temperaturas e o encurtamento dos dias no final do Outono e início do Inverno, o crescimento da pastagem é limitado sobretudo pelas baixas temperaturas e mais acentuadamente nas leguminosas.

Apesar do aumento das leguminosas, as gramíneas continuaram sendo dominantes na área, pois a evolução das leguminosas parece ter apenas suplantado as outras famílias e também ter resultado na melhoria da ocupação de solo que outrora estava descoberto. O domínio das gramíneas em todas as Estações deve-se à sua plasticidade (Simioni et al., 2014).

3.4.2 Evolução da produtividade e da qualidade de pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso ao longo da Primavera

A Tabela 3.3 mostra valores de MS, PB e fibra (NDF) ao longo dos cortes efetuados na Primavera de 2021. De acordo com esta tabela, é possível observar que ao longo do tempo a produção da MS, os teores da PB e da fibra (NDF) variaram ($p < 0,05$). O comportamento destas variações pode ser observado nas Figuras 3.12 e 3.13.

Tabela 3.3: Estatísticas descritivas da MS (t/ha), PB (%) e fibra (NDF) (%) na pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso ao longo dos cortes efetuados durante a Primavera de 2021.

Datas de corte	MS			PB			NDF	
	Dias	n	$\mu \pm SE$	n	$\mu \pm SE$	n	$\mu \pm SE$	
04/03/21	0	13	$0,36 \pm 0,050$	10	$22,51 \pm 0,856$	11	$40,61 \pm 1,277$	
08/04/21	35	16	$0,81 \pm 0,155$	18	$18,63 \pm 0,518$	18	$42,56 \pm 1,132$	
23/04/21	50	18	$2,18 \pm 0,171$	18	$17,52 \pm 0,732$	18	$46,81 \pm 1,014$	
11/05/21	68	17	$2,26 \pm 0,205$	16	$13,36 \pm 0,580$	16	$53,96 \pm 0,875$	
27/05/21	84	10	$0,56 \pm 0,130$	18	$10,78 \pm 0,433$	18	$55,48 \pm 1,000$	
12/06/21	100	10	$0,05 \pm 0,032$	18	$7,81 \pm 0,231$	18	$64,28 \pm 0,774$	
Valor- <i>p</i>			7,62e-05*		2,20e-16*		8,11e-15*	

n-número de observações; μ -média; SE-erro padrão. Coluna sem o sinal (*) na linha do valor-*p*, referem-se as variáveis onde não foram observadas variações entre as datas de cortes a 5% de significância pelo teste de Fisher.

A pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso da ESA - IPB, acumulou em resultado de cortes feitos quinzenalmente, cerca de 6,2 t/ha de MS durante o crescimento da Primavera de 2021 (Figura 3.12 à esquerda), tendo alcançado o pico de produtividade no corte efetuado entre última semana de Abril e primeira semana de Maio (Figura 3.12 à direita). A produção média obtida nesta pastagem por corte ao longo da Primavera foi de cerca de 1,04 t/ha de MS (Figura 3.12 à direita). Esta média de produtividade observada nesta pastagem está ligeiramente acima dos valores achados por Salgueiro (2008) e Belo et al. (2018), contudo, está dentro do intervalo obtido em trabalhos de Crespo (1975) citado por Freixial e Barros (2012), bem como o trabalho feito por Pires et al. (2004) em pastagens de sequeiro na bioregião Mediterrânica de Portugal. A produtividade média obtida na pastagem do presente estudo, mostra que a frequência de cortes aplicada foi adequada às condições edafo-climáticas, bem como às práticas de manejo da pastagem da Quinta do Pinheiro Manso, pois Pires et al. (2004) ao obter valores de produtividade de pastagem em torno dos obtidos no presente estudo, consideraram como sendo pastagem produtiva.

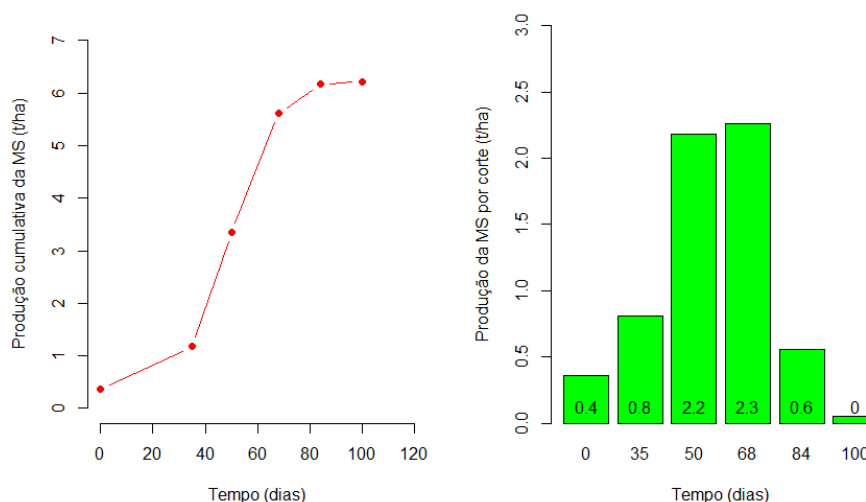


Figura 3.12: À esquerda: Curva de acumulação da matéria seca (MS) da pastagem de sequeiro ao longo da Primavera. À direita: Produção da matéria seca obtida por cada corte ao longo da Primavera na pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso. Foi considerado como zero o dia 4 de Março de 2021.

Relativamente à qualidade da pastagem, na Figura 3.13 pode se observar que com o avanço do tempo, a tendência da qualidade da pastagem foi de redução, devido a variação ($p < 0,05$) dos teores de PB e da fibra (NDF) ao longo do crescimento.

Este facto observado na Figura 3.13 (o aumento da fibra e redução da proteína) decorre da dinâmica fisiológica natural das plantas (Rossignol et al., 2014; Belo, 2019; Pornaro et al., 2019), onde no estado inicial de desenvolvimento há maior proporção de proteína e com o crescimento verifica-se uma tendência crescente de produção de compostos orgânicos oriundos da fotossíntese, que associado ao incremento das necessidades da planta em termos de tecidos de suporte e de paredes celulares (celulose, hemicelulose e lenhina) (Belo, 2019; Monção et al., 2019), o que traduz-se no aumento do grau de lenhificação dos tecidos, pelo aumento da proporção de caules em relação às folhas na MS, afetando negativamente a qualidade das pastagens por reduzir a sua digestibilidade (Van Soest, 1994; Adesogan et al., 2000; McDonald et al., 2010; Monção et al., 2019).

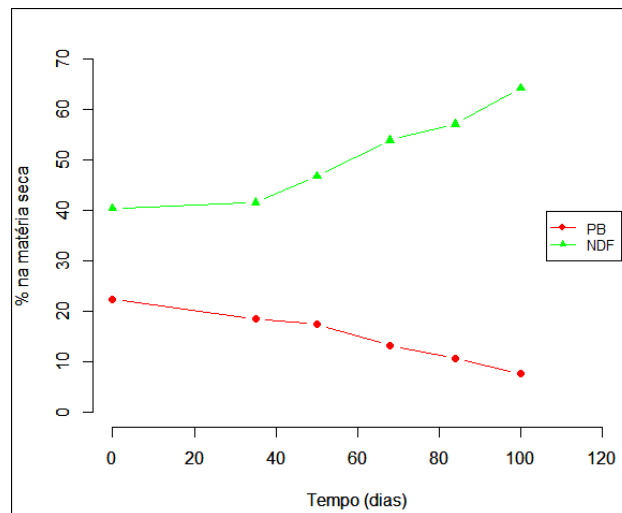


Figura 3.13: Evolução dos teores de fibra (NDF) e proteína bruta (PB) na pastagem de sequeiro ao longo da Primavera. Foi considerado como zero o dia 4 de Março de 2021.

3.4.3 Curvas de crescimento Primavera de pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso

Observando a Figura 3.14, nota-se que os resíduos gerados pelos modelos de Weibull, de Ratkowsky, de Gompertz e Logístico no ajuste da curva de crescimento da pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso, em função da distribuição teórica normal, estão dentro do padrão aceitável, pelo que, seguem uma distribuição normal, sendo esta, uma das condições considerada primária para a validação dos ajustes feitos a posterior pelos modelos à curva de dados de crescimento observados.

De acordo com a Tabela 3.4, todas as estimativas dos parâmetros em todos modelos testados foram diferentes de zero, ou seja, em todos os modelos ajustados, todos os parâmetros contribuíram ($p < 0,01$) na descrição dos dados observados.

Assim sendo, de acordo com a Tabela 3.4 e auxílio da Figura 3.15, pode-se dizer que todos os modelos ajustaram de forma satisfatória à curva de crescimento da pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro manso da ESA - Bragança. Isto deve-se ao facto destes modelos serem não lineares, de formato sigmoidal e assintóticos, pois, de acordo com Kleinpaul et al. (2018), Jane et al. (2020) e Bem et al. (2020) modelos que reúnem simultaneamente todas estas características são os que geralmente melhor caracterizam as curvas de crescimento de diversas culturas, como o caso das pastagens (Ratkowsky, 1983; Huet et al., 2004; Karadavut et al., 2010), visto que, o crescimento das pastagens assim como de diversos seres vivos tende a seguir um padrão sigmoidal e atinge um máximo (assintota)

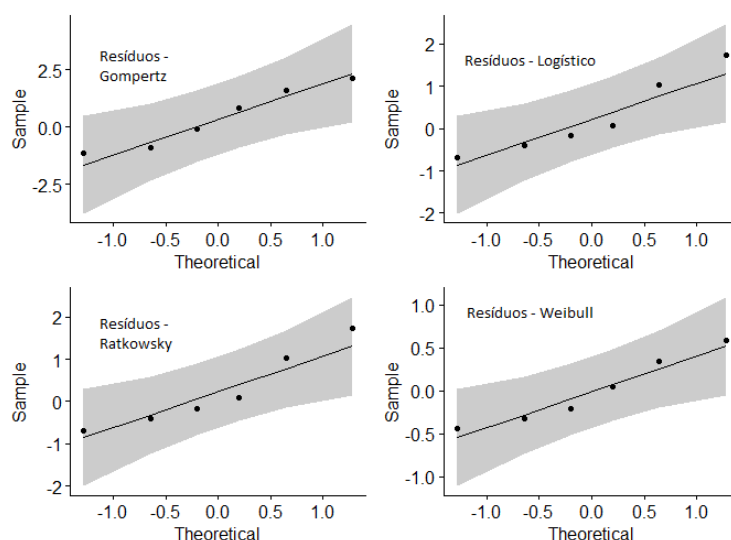


Figura 3.14: Análise gráfica da distribuição dos resíduos em relação à distribuição teórica normal dos modelos Logístico, de Gompertz, de Ratkowsky e de Weibull ajustados ao crescimento da pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso

Tabela 3.4: Estimativa de parâmetros, erro padrão das estimativas, valor- p , estatísticas de qualidade de ajuste (AIC, BIC, R_{aj}^2 , DPR) dos modelos Logístico, de Gompertz, de Ratkowsky e de Weibull em pastagem de sequeiro.

Modelo	Parâmetros	Erro Padrão	p-value	AIC	BIC	DPR	R_{aj}^2
Weibull	β_1	6,18482	0,05939	-9,762	-10,803	0,019	0,999
	β_2	5,85484	0,10134				
	β_3	-15,99729	0,81987				
	β_4	3,99983	0,20666				
Ratkowsky	β_1	6,28080	0,15529	1,096	0,264	0,051	0,998
	β_2	5,20108	0,57436				
	β_3	0,10690	0,01247				
Logístico	β_1	6,28080	0,15529	1,097	0,264	0,051	0,998
	β_2	0,10690	0,01247				
	β_3	48,65369	1,15357				
Gompertz	β_1	6,44359	0,26145	4,787	3,954	0,070	0,995
	β_2	0,07157	0,01141				
	β_3	43,07798	1,43603				

O nível de significância considerado para os valores- p foi de 1%.

ao longo do tempo (France e Thornley, 1984; Paine et al., 2012; Archontoulis e Miguez, 2015), sendo estes modelos suficientemente flexíveis para se ajustarem a este padrão de crescimento.

Fazendo uma comparação entre estes modelos ajustados no presente estudo, o modelo de Weibull foi o que apresentou melhor ajuste aos dados observados, por apresentar melhor

flexibilidade no ajuste (melhor sobreposição à curva dos valores observados) (Figura 3.15) e também por apresentar todas as estatísticas que indicam a qualidade de ajuste a seu favor (Tabela 3.4), isto é, teve menores valores de AIC (-9,762), BIC (-10,803) e DPR (0,019) (significando para o caso do DPR, que há menor distância entre as estimativas deste modelo e os valores observados, comparativamente à outros modelos ajustados) e, maior valor do R^2_{aj} (0,999) (significando que maior percentagem de variação da variável de resposta é explicada pelo modelo)³.

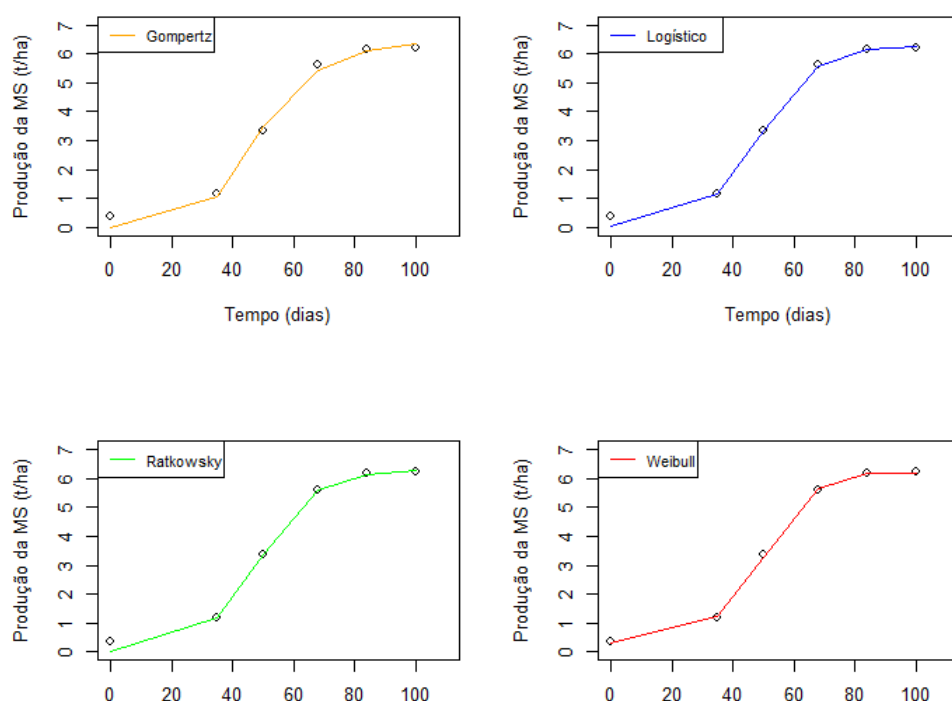


Figura 3.15: Ajuste da curva de crescimento Primaveril de pastagem de sequeiro pelos modelos Logístico, Gompertz, Ratkowsky e Weibull. Foi considerado como zero o dia 4 de Março de 2021.

Os modelos Logístico e de Ratkowsky tiveram um comportamento similar em termos de estatísticas de qualidade de ajuste (Tabela 3.4) e em termos de flexibilidade no ajuste dos dados observados no presente estudo (Figura 3.15), contudo, o modelo de Ratkowsky apresentou um valor de AIC (1,096) ligeiramente melhor que o valor do modelo Logístico (1,097). Estes dois modelos posicionaram-se na intermédia entre o modelo de Weibull que foi classificado como o melhor e o modelo de Gompertz que ajustou com menos qualidade em relação aos restantes modelos, por ter apresentado maiores valores de AIC (4,787), BIC (3,954) e DPR (0,070) (significando para o caso do DPR, que há maior

³Note que esta estatística é uma adaptação do R^2 , que é a estatística que realmente mostra a % de variação da variável de resposta explicada pelo modelo

distância entre as estimativas do modelo de Gompertz e os valores observados, comparativamente a outros modelos ajustados) e, menor valor do R_{aj}^2 (0,995).

Capítulo 4

Efeito da suplementação com mistura de algas marinhas no crescimento e na qualidade da carcaça e da carne de cordeiros da raça

Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho

Resumo

Prevêem-se 9,8 bilhões de habitantes até 2050 e, conseqüentemente, uma elevada procura por carne e seus derivados, principalmente nos países em desenvolvimento. Urge, portanto, buscar soluções para melhorar a eficiência da produção animal através da utilização de alimentos alternativos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de uma mistura de algas marinhas no crescimento e nos atributos de qualidade da carcaça e da carne de cordeiros. No ensaio, que decorreu na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança, Trás-os-Montes, Portugal, foram utilizados 30 cordeiros da raça Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho, divididos em 3 lotes homogêneos de 10, relativamente ao sexo, tipo de parto e peso vivo (PV) no início do ensaio. Os lotes foram aleatoriamente alocados a três tratamentos: alimento concentrado com adição de 5% de mistura de algas (CA), alimento concentrado (CO) e pastoreio (PA). Todos os cordeiros tiveram acesso *ad libitum* a água e a feno de prado natural, foram pesados quinzenalmente

e o PV foi utilizado para calcular o ganho médio diário (GMD). Após 60 dias de experiência, os cordeiros foram abatidos, as carcaças foram refrigeradas a 4°C durante 24h, após o qual se obteve o peso de carcaça fria (PCF), tendo-se calculado os rendimentos em carcaça (RCF). A gordura pélvica e renal (GPR) foi removida e pesada. O pH, a capacidade de retenção da água (CRA) avaliada pelas perdas por exsudação e por cocção, a cor (CIELAB) e a tenrura (*Warner-Bratzler-Shear-Force*) da carne foram medidos no músculo *Longissimus lumborum*, após 7 dias de maturação embalado a vácuo e armazenado a 4°C. Os dados foram analisados com o *software* R. Os cordeiros do tratamento PA apresentaram menor ($p<0,05$) GMD ($102\pm 8,750$ g/dia) e não se observaram diferenças ($p>0,05$) entre os tratamentos CA ($173\pm 11,396$ g/dia) e CO ($157\pm 15,931$ g/dia). Ao comparar-se o GMD antes e durante o ensaio, este aumentou ($p<0,05$) no tratamento CA, manteve-se ($p>0,05$) no tratamento CO e diminuiu ($p<0,05$) no tratamento PA. Comparativamente aos cordeiros do tratamento PA, os dos tratamentos CA e CO apresentaram maior ($p<0,05$) PCF ($7,56\pm 0,289$ versus $11,02\pm 0,635$ e $9,88\pm 0,331$ Kg), maior ($p<0,05$) RCF ($40,4\pm 0,774$ versus $44,9\pm 0,595$ e $45,2\pm 0,515\%$) e maior ($p<0,05$) GPR ($187,5\pm 18,162$ versus $318,8\pm 35,250$ e $322,2\pm 36,430$ g). Todas as carcaças apresentaram pH inferior a 5,70 e não se observaram diferenças ($p>0,05$) entre os tratamentos na cor, na tenrura e na CRA. A formulação de alimento concentrado com 5% da mistura de algas mostrou potencial para melhorar a taxa de crescimento dos cordeiros.

Palavras-chave: crescimento de cordeiros, concentrado, pastagem, algas, carcaça, carne.

Abstract

It is expected that by 2050 there will be 9,8 billion people worldwide, and consequently, a high demand for meat and meat products, especially in developing countries. It is therefore urgent to seek solutions to improve the efficiency of animal production through the use of alternative foods. This work aimed to evaluate the effect of adding a mixture of seaweed on the growth and quality attributes of the carcass and meat of lambs. In the trial, which took place at Quinta do Pinheiro Manso of Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança, Trás-os-Montes, Portugal, 30 lambs of the Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho breed were used, divided into 3 homogeneous batches of 10, with respect to sex, type of birth and live weight (LW) at the beginning of the trial. The flocks were ran-

domly allocated to three treatments: concentrated feed with the addition of 5 % algae mix (CA), concentrated feed (CO) and grazing (PA). All lambs had *ad libitum* access to water and natural meadow hay, were weighed fortnightly and LW was used to calculate average daily gain (ADG). After 60 days of trial, the lambs were slaughtered, carcasses were refrigerated at 4°C for 24h, after which cold carcass weight (CCW) was obtained and carcass yields (CCY) were calculated. Pelvic and kidney fat (PKF) was removed and weighed. The pH, water holding capacity (WHC) assessed by exudation and cooking losses, colour (CIELAB) and tenderness (Warner-Bratzler-Shear-Force) of the meat were measured in the *Longissimus lumborum* muscle after 7 days of maturation vacuum packed and stored at 4°C. The data were analysed with R software. Lambs in PA treatment showed lower ($p<0,05$) ADG ($102\pm8,750$ g/day) and no differences ($p>0,05$) were observed between CA ($173\pm11,396$ g/day) and CO ($157\pm15,931$ g/day) treatments. When comparing the ADG before and during the trial, it increased ($p<0,05$) in the CA treatment, maintained ($p>0,05$) in the CO treatment and decreased ($p<0,05$) in the PA treatment. Compared to the lambs in the PA treatment, those in the CA and CO treatments showed higher ($p<0,05$) CCW ($7,56\pm0,289$ versus $11,02\pm0,635$ and $9,88\pm0,331$ Kg), higher ($p<0,05$) CCY ($40,4\pm0,774$ versus $44,9\pm0,595$ and $45,2\pm0,515\%$) and higher ($p<0,05$) PKF ($187,5\pm18,162$ versus $318,8\pm35,250$ and $322,2\pm36,430$ g). All carcasses showed pH lower than 5,70 and no differences ($p>0,05$) were observed between treatments in colour, tenderness and WHC. The formulation of concentrated feed with 5% of the algae mixture showed potential to improve the growth rate of lambs.

Keywords: lamb growth, concentrate feed, pasture, algae, carcass, meat.

4.1 Introdução

Estima-se que a população mundial alcance cerca de 9,8 bilhões de habitantes até 2050 (UN, 2017). Com este acentuado crescimento populacional, espera-se naturalmente que a procura de alimentos igualmente aumente, especialmente da carne e produtos cárneos (Teixeira e Rodrigues, 2019), devido a vários fatores como o aumento dos rendimentos, reforçado por tendências como a urbanização e variações nas preferências e hábitos alimentares (Teixeira e Rodrigues, 2019; Teixeira et al., 2019). Estima-se que só a produção

anual de carne por exemplo, aumente 200 milhões de toneladas até 2050 (UN, 2017).

Sendo a carne um alimento essencial que fornece quantidades valiosas de proteínas, ácidos gordos, vitaminas, minerais e outros compostos bioativos (Guerrero et al., 2013), e diante deste desafio que se vislumbra (maior procura) com o crescimento populacional, há uma necessidade de buscar soluções que garantam ao setor pecuário, uma eficiência na produção, com redução do impacto ambiental e utilização de fontes alternativas de alimentação de animais, que sejam sustentáveis e rentáveis para esta atividade produtiva (Thornton, 2010; Teixeira e Rodrigues, 2019; Teixeira et al., 2019; Monção et al., 2019; Alfaia et al., 2021), assim como transmitam a imagem verde dos produtos e subprodutos pecuários (Echegaray et al., 2021).

Diante deste cenário, a utilização de micro e macroalgas como um dos ingredientes de rações representa uma estratégia promissora como fonte alternativa de proteínas e outros valiosos nutrientes para melhorar o crescimento e a qualidade da carne (Sartori et al., 2017; Alfaia et al., 2021), podendo substituir ou reduzir a procura pela soja (Madeira et al., 2017; Abdelnour et al., 2019), atenuando assim a atual concorrência com as indústrias de alimentos para consumo humano e de biocombustíveis (Monção et al., 2019), e contribuindo para a manutenção e desenvolvimento do setor pecuário, como uma alternativa amiga do ambiente. A degradação dos solos e as mudanças climáticas constituem igualmente um grande desafio a este setor, e por conseguinte, novas matérias-primas sustentáveis e melhorada eficiência produtiva, desempenharão um papel vital para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal (Madeira et al., 2017).

Além disso, o conceito de nutrição passou de satisfazer as necessidades nutricionais dos animais para o conceito de nutrição funcional, ou seja, a utilização de ingredientes contendo compostos biologicamente ativos com benefícios para o animal, como a promoção da saúde (Lorenzo, 2020). Entre os alimentos funcionais, as algas surgem como um dos mais promissores a serem utilizados na nutrição animal, apresentando também a vantagem de serem alimentos alternativos e sustentáveis (Wells et al., 2017). Neste sentido, e face ao avanço da nutrição funcional que visa trazer benefícios para o animal além dos nutricionais, como a promoção da saúde, tem emergido um interesse crescente nas algas (microalgas e macroalgas) para a alimentação animal, como fontes de macro e micronutrientes bem como de compostos com atividade funcional (Mota, 2020).

Importa ainda salientar que em muitos países da UE como Portugal e Espanha, os

sistemas de engorda de aniamis são geralmente intensivos e raramente semi-extensivos, sendo os animais submetidos nestes sistemas intensivos ao alojamento permanente, dietas de confinamento e pouca utilização de pasto, produzindo carne com elevado teor de ácidos gordos n_6 e consequentemente elevada razão n_6/n_3 (Díaz et al., 2017). Isto mostra portanto, a necessidade de identificar outros sistemas de acabamento ou engorda, que podem incluir suplementos ou componentes específicos, a fim de modificar a composição em ácidos gordos da carne produzida sob estes sistemas intensivos.

As evidências da investigação até à data presente, demonstraram que a inclusão de algas na dieta animal tem bastante potencial para melhorar o crescimento e a qualidade da carne dos ruminantes e de outros animais, dependendo das espécies utilizadas e sua composição, assim como da quantidade adicionada à dieta (Madeira et al., 2017). Entretanto, vários estudos que observaram efeitos positivos no crescimento, desempenho, eficiência alimentar, sistema imunitário e saúde dos animais, realizados em diferentes espécies (peixes, suínos, aves, coelhos, ovinos e bovinos), têm avaliado os efeitos da inclusão de espécies individuais de microalgas ou de macroalgas, sendo os efeitos da mistura de duas ou mais espécies de microalgas e macroalgas ainda desconhecidos. Daí que, reveste-se de grande importância um estudo de avaliação do efeito incorporação de uma mistura de espécies de microalgas e macroalgas na dieta de cordeiros, sobre o crescimento, o desempenho, as características da carcaça e os atributos da qualidade da carne, dado o papel de relevo que esta espécie animal desempenha na economia e na dieta da população nacional, aliado ao potencial¹ que as algas possuem como produtoras primárias na cadeia valor pecuária.

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo geral

- Avaliar o efeito de três dietas no desempenho e nos atributos de qualidade da carcaça e da carne de cordeiros da raça Bordaleira-de-Entre-Douro-e-Minho.

¹vide mais detalhes na subseção 2.7

4.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a resposta das dietas no crescimento, no peso vivo, no rendimento da carcaça, na gordura subcutânea e pélvica e renal de cordeiros;
- Avaliar a resposta das dietas nos atributos da qualidade da carne de cordeiros como o pH, a cor, a tenrura e a CRA;
- Estudar a associação entre a natureza da dieta e os atributos de qualidade da carne de cordeiros.

4.3 Materiais e métodos

4.3.1 Criação e alimentação de cordeiros

O ensaio de crescimento teve lugar na quinta do Pinheiro Manso², propriedade da ESA-IPB.

Todos os procedimentos e manejo dos animais foram realizados em conformidade com a Directiva 2010/63/UE da UE para experiências em animais (EU, 2010).

Trinta (30) cordeiros da raça BEDM oriundos da região de Ponte Lima, foram submetidos a um período de engorda de cerca de 60 dias, separados em três lotes de dez (10) animais, sendo cada lote correspondente a uma das três dietas avaliadas. A divisão dos animais em lotes correspondentes às dietas foi feita de modo a garantir a homogeneidade dos lotes em termos de sexo, tipo de parto e peso ao início do ensaio. As características dos lotes antes do ensaio são apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Distribuição dos cordeiros por lotes

Lote	Sexo		Tipo de parto		PVN (kg)	PVIE (kg)
	Machos	Fêmeas	Simples	Duplo		
Conc+Alga	8	2	2	8	2,812 ± 0,195	15,955 ± 1,170
Concentrado	6	4	2	8	2,784 ± 0,197	15,435 ± 1,170
Pastagem	6	4	3	7	2,601 ± 0,151	15,730 ± 1,131

PVN - peso vivo médio ao nascimento; PVIE - peso vivo no início do ensaio

Ao longo dos cerca de 60 dias de crescimento (em regime experimental), os animais foram pesados semanalmente, através de uma balança eletrónica, como ilustrado na Figura

²vide a caracterização do local de estudo no Capítulo 3

4.1), para avaliar o crescimento (ganho médio diário de massa) e no fim do ensaio foi medido o peso vivo final.



Figura 4.1: Controlo do crescimento de cordeiros com recurso a uma balança electrónica.

4.3.2 Caraterização das dietas

As três dietas estudadas foram: a) Alimentação em pastagem; b) Alimento concentrado; e c) Alimento concentrado com adição de 5% da mistura de duas espécies de micro algas e duas espécies de macro algas. Em todas as dietas os animais tiveram acesso a água e feno de prado natural *ad libitum*. As dietas concentradas foram preparadas à base de milho, cevada e soja, com adição de sais minerais e o premix, tal como detalha a Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Composição das dietas concentradas utilizadas no ensaio de crescimento de cordeiros.

Ingrediente	Constituição do alimento (%)	
	Concentrado com algas	Concentrado sem algas
Milho	32,3	32,3
Cevada	30,0	35,0
Soja	29,0	29,0
Carbonato de cálcio	3,0	3,0
Cloreto de Sódio	0,5	0,5
Premix	0,2	0,2
Alga essence	5,0	0,0

Concentrado com inclusão de 5% de algas marinhas

A mistura de algas foi adicionada ao concentrado na proporção de 5% (Figura 4.2), composta por duas espécies de microalgas: (*Chlorella* sp. e *Nannochloropsis* sp.) e duas espécies de macroalgas: (*Ulva* sp. e *Gracillaria* sp.). Esta mistura de algas é atualmente produzida por duas empresas parceiras (Allmicroalgae - *Natural products*, S.A e ALGA-plus - Produção e Comercialização de algas e seus derivados, Lda) e comercializada sob a designação comercial *Algaessence*. De referir que o lote de animais submetido a este tratamento, além da água e de feno de prado natural, também teve o consumo *ad libitum* do alimento concentrado contendo a mistura de algas.



Figura 4.2: Alimentação com concentrado contendo 5% da mistura de micro e macroalgas + feno de prado natural *ad libitum*.

Concentrado

A composição do concentrado é detalhada na Tabela 4.2. Vale salientar que esta dieta difere da anterior somente pela exclusão da fração de algas. O lote de animais submetido a este tratamento, além da água e de feno de prado natural, também teve o consumo *ad libitum* do alimento concentrado (Figura 4.3).



Figura 4.3: Alimentação com concentrado sem adição de algas + feno de prado natural *ad libitum*.

Pastagem

A alimentação com base no pastoreio foi feita em cercas rotativas, (no bloco I da área de estudo)³, (Figura 4.4). Ao fim de 10 à 12 horas os animais eram recolhidos ao estábulo, onde tinham acesso a água e feno de prado natural *ad libitum*.



Figura 4.4: Alimentação à base de pastagem.

³mais detalhes sobre a caracterização da pastagem podem ser visto subseção 3.3.2

4.3.3 Preparação das amostras para análises

A idade ao abate dos cordeiros foi de cerca de 5 meses. O abate foi feito em três dias, sendo cada dia considerado um lote de abate. Para a constituição dos lotes de abate, foi selecionado em cada lote (dieta) um determinado número de animais respeitando o peso, isto é, o maior, o menor e os intermédios de cada dieta.

O abate dos cordeiros foi feito no matadouro municipal de Bragança, após um jejum de cerca de 12 horas. Todos os procedimentos de abate seguiram as normas sanitárias e de bem-estar dos animais vigentes em Portugal e na UE (Figura 4.5). As carcaças obtidas foram pesadas (peso de carcaças quentes) e de seguida refrigeradas a 4°C durante 24 horas. Após esse período, foi retirado o peso de carcaças frias, e foram de seguida divididas em metades, removendo-se depois as vísceras vermelhas e a gordura depositada em volta dos rins.



Figura 4.5: Atordoamento por electronarcose como uma das etapas de abate humanizado, de acordo com as normas da UE para o bem-estar animal.

Fez-se a extração do músculo *Longissimus lumborum* esquerdo que foi de seguida embalado a vácuo em sacos de poliamida e polietileno transparentes, a prova de gás (Orved®, Espanha, com permeabilidade de $84 \pm 4,20 \text{ cc/m}^2/24 \text{ h/atm}$ para O_2 , $361 \pm 18,05 \text{ cc/m}^2/24 \text{ h/atm}$ para CO_2 , $22 \pm 1,10 \text{ cc/m}^2/24 \text{ h/atm}$ para N_2 e $9,0 \pm 0,45 \text{ cc/m}^2/24 \text{ h/atm}$ para H_2O e densidade de $\pm 100 \mu\text{m}$) e mantido refrigerado a 4°C até 7 dias após o abate, tal como procederam Francisco et al. (2020). Estas amostras foram utilizadas para as provas de tenrura (*Warner-Bratzler Shear Force*), cor e CRA (perdas por cocção e perdas por exsudação).

Medição do pH

A medição do pH foi feita através de um medidor de pH portátil (HI 99163, *Hanna Instruments*) equipado com um eletrodo de vidro 232D com uma lâmina de penetração em aço inoxidável removível e um sensor de temperatura, previamente calibrado com soluções tampão de pH = 7 e 4 (Figura 4.6). Esta medição foi feita 24 horas após o abate, no lado esquerdo, através de uma incisão feita na região de inserção do músculo *Longissimus lumborum*, junto à 1ª vértebra lombar. A obtenção desta medida foi segundo o procedimento descrito por Santos-Silva et al. (2019), Francisco et al. (2020) e Gonzales-Barron et al. (2021). Todas as medições foram feitas em duplicado.



Figura 4.6: Medidor de pH portátil.

Determinação da cor

A cor foi determinada pelo método CIELAB CIE (1978), com recurso a um colorímetro portátil (Konica Minolta CR-400, Japão) (Figura 4.7). Os parâmetros colorimétricos medidos no espaço CIELAB foram: L*, a* e b*, tendo as medições sido realizadas em quatro réplicas por cada amostra.

As amostras foram permitidas a uma exposição de pelo menos 30 minutos antes das leituras ao oxigénio atmosférico, tal como procederam Gonzales-Barron et al. (2021). As medições foram efetuadas na superfície do músculo *Longísssimum lumborum*, em quatro pontos diferentes, para evitar viés relacionados à heterogeneidade das fibras musculares na superfície e a sua direção, à gordura de infiltração, à variações da cor, às manchas de

sangue, ou quaisquer outras variações pontuais da cor. Importa sublinhar que antes das leituras, procedeu-se à calibração do colorímetro, através de dois pontos, o branco absoluto e o negro absoluto, com uma lâmpada de arco de xenônio pulsada, geometria de ângulo de visão de 0° e tamanho de abertura de 8 mm. Os procedimentos para a determinação da cor da carne aqui utilizados, foram de acordo com a metodologia CIE (1978), com pequenos ajustes como os feitos por Gonzales-Barron et al. (2021).



Figura 4.7: Determinação da cor CIELAB com recurso a um colorímetro portátil

Determinação da tenrura

A tenrura foi determinada com recurso à medição da resistência ao corte, através do analisador de textura (TA-XT2, *Stable Micro Systems*, Reino Unido) equipado com uma célula *Warner-Bratzler* de 30kg (Figura 4.8). Após cozedura (até 70°C no centro da peça de carne) (Francisco et al., 2020; Gonzales-Barron et al., 2021) em banho-maria de temperatura auto regulada (*Selecta, Precisdg*), foram cortadas para cada amostra do músculo *Longissimus lumborum*, 8 a 15 sub-amostras, em paralelepípedos com as seguintes dimensões: 1 cm de largura, 1 cm de altura e 2,5 cm de comprimento, tal como foi descrito no trabalho de Gonzales-Barron et al. (2021). Vale sublinhar que o corte das sub-amostras, foi efetuado paralelamente à direção das fibras musculares, como nos trabalhos de Holman et al. (2015), Luo et al. (2018), Gonzales-Barron et al. (2021), Naqvi et al. (2021).

Após a preparação das sub-amostras, fez-se atravessá-las totalmente pela lâmina de cisalhamento *Warner-Bratzler*, ao meio e perpendicularmente à orientação das fibras mus-

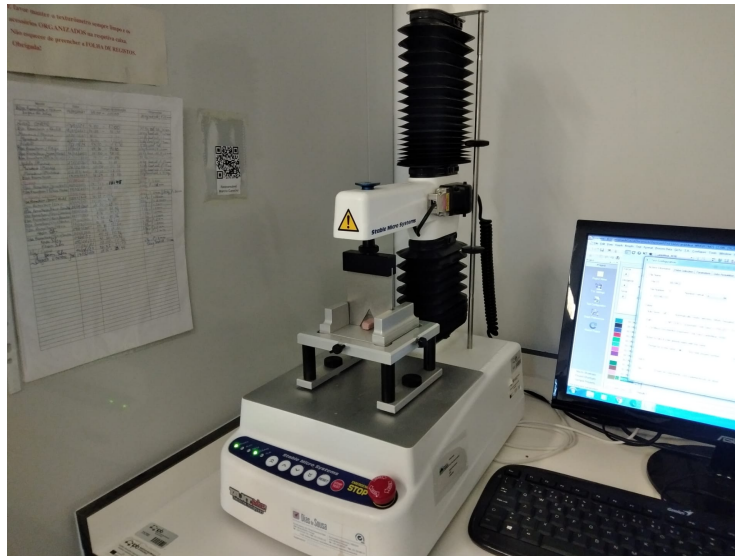


Figura 4.8: Medição da dureza instrumental da carne através da resistência ao corte, pelo analisador de textura equipado com célula de WBSF.

culares (Gonzales-Barron et al., 2021). A lâmina utilizada foi de aresta de corte triangular, com 1 mm de espessura, tendo efetuado o trabalho a uma velocidade de 3,33 mm/s. As leituras feitas foram: a força de corte máxima, a firmeza de corte e o trabalho total para o corte das sub-amostras (Gonzales-Barron et al., 2021).

Avaliação da CRA

A CRA das amostras foi avaliada através de dois dos três principais métodos (V. Santos et al., 2007), o grupo dos métodos sem aplicação de força, em que se mediu a perda por gravidade da água que se libertou pelos espaços extracelulares (perdas por exsudação) e, o grupo dos métodos com aplicação de uma força térmica (perdas por cocção), onde se mediu a água perdida através dos espaços extra e intracelular da carne (Honikel e Hamm, 1994; V. Santos et al., 2007).

Após 7 dias de maturação a 4°C embaladas a vácuo em sacos de poliamida e polietileno transparentes, as amostras foram pesadas com e sem exsudado, e foram determinadas por diferença de pesos as perdas por exsudação, como descrito por Honikel e Hamm (1994). As perdas por cocção foram obtidas pela diferença de peso do músculo cru e cozido em banho-maria de temperatura auto regulada (Selecta Precisdg, Figura 4.9), até atingir 70°C no centro da peça de carne, segundo o método descrito por Honikel e Hamm (1994).



Figura 4.9: Cozedura da carne em banho-maria para a determinação da CRA pelas perdas por cocção.

Medição da gordura: subcutânea e pélvica-renal

No músculo *Longissimus lumborum* (LL), do lado direito da carcaça, foi efetuada a medição da espessura de gordura subcutânea, entre a 12^a e 13^a costelas, com auxílio de um paquímetro, tal como o procedimento descrito por Wang et al. (2021). A gordura pélvica e renal foi extraída e pesada através de uma balança de precisão 0,01g.

4.3.4 Análise estatística dos dados

Para o alcance dos primeiros dois objetivos específicos (avaliação do efeito da dieta no desempenho, nas características da carcaça e nos atributos da carne) o tratamento estatístico e visualização de dados foi efetuado com recurso a *ggstatplot*, uma extensão do pacote *ggplot2* executada através do programa estatístico R (R Core Team, 2021), que vem incorporado com seguintes funcionalidades: gráficos de violinos (que mostram a distribuição dos dados por cada grupo através da função densidade de probabilidade de Kernel); diagramas de caixas (contendo os quartís, o mínimo, o máximo, a mediana, a média e potenciais *outliers*) e; relatório estatístico de ANOVA unifatorial (*one-way*) pelo teste *F* de Welch, e Gomes-Howell para comparação de médias entre os pares de diferentes níveis do fator em estudo (Patil, 2021b). Os testes estatísticos acoplados a função *ggbetweenstats* da extensão *ggstatplot*, são de acordo com Patil (2021a), robustos e úteis tanto para situações em que se requer testes paramétricos, assim como em situações que

exigem a utilização de testes não paramétricos.

Para o alcance do terceiro objetivo específico (associação da natureza da dieta com as características de desempenho e atributos da carne), fez-se uma visualização através de um mapa bidimensional, pela análise de componentes principais (PCA) com o nível de significância de 95%.

Todas as variáveis foram submetidas a ANOVA tendo como fator a dieta a que os cordeiros foram submetidos, com exceção da variável *ganho médio diário de peso*, onde para além da dieta, foi também analisado o seu comportamento em diferentes etapas de crescimento.

4.4 Resultados e discussão

4.4.1 Efeito da dieta no crescimento e nas características da carcaça

A Tabela 4.3 mostra o resumo das estatísticas descritivas das variáveis analisadas como resposta das diferentes dietas no desempenho de cordeiros. De acordo com a Tabela 4.3, foram observadas diferenças ($p < 0,05$) entre os lotes em todas as variáveis estudadas, com exceção do peso vivo final (PVF), onde não se observaram diferenças ($p > 0,05$) entre os lotes.

Tabela 4.3: Estatísticas descritivas das variáveis de desempenho de cordeiros submetidos a diferentes dietas.

Variável	Dietas						Valor- <i>p</i>
	CA		CO		PA		
	n	μ ± SE	n	μ ± SE	n	μ ± SE	
GMD	10	173,0 ± 11,396	10	157,40 ± 15,931	9	101,89 ± 12,848	0,000369*
PVF	10	25,74 ± 1,733	10	23,74 ± 1,701	9	21,47 ± 1,701	0.252
PCQ	10	11,34 ± 0,835	10	10,16 ± 0,483	9	8,31 ± 0,670	0,001*
PCF	10	11,02 ± 0,837	10	9,88 ± 0,410	9	7,56 ± 0,663	0,000046*
RCQ	10	46,29 ± 0,731	8	46,53 ± 0,996	9	41,16 ± 1,231	0.000106
RCF	10	44,84 ± 0,515	8	45,17 ± 0,595	9	40,41 ± 0,774	0,00043*
EGS	10	6,82 ± 0,768	10	7,16 ± 0,788	9	3,19 ± 0,729	0,003*
GPR	8	318,75 ± 31,250	9	322,22 ± 36,430	9	187,5 ± 18,162	0,003*

*-significativo a 5% pelo teste F de Welch. n-número de observações; μ -média; SE-erro padrão. CA-concentrado com adição de 5% de algas; CO-concentrado sem algas; PA-pastagem. GMD-ganho médio diário de massa (g/dia); PVF-peso vivo final (kg); PCQ-peso de carcaça quente (kg); PCF-peso de carcaça fria (kg); RCQ-rendimento de carcaça quente (%); RCF-rendimento de carcaça fria (%); EGS-espessura da gordura subcutânea (cm); GPR-gordura pélvica e renal (g).

Ganho médio diário de massa

Analizando o período de crescimento anterior e durante a condução do ensaio, é possível através da Figura 4.10, visualizar uma interação significativa ($p < 0,05$) entre o período de crescimento e a dieta a que os animais foram submetidos, pelo cruzamento das linhas que representam o período de crescimento. Isto é, fixando um nível de um dos dois fatores analisados, nota-se uma variação significativa entre os níveis do outro fator.

Assim sendo, pode-se através da Figura 4.10 observar que os três lotes de cordeiros tiveram respostas diferentes ($p < 0,05$) às respectivas dietas, entre os dois períodos de crescimento (antes e durante o ensaio). O lote alimentado por concentrado com adição de 5% de algas registou um aumento ($p < 0,05$) em termos de ganho médio diário de massa entre os períodos antes e durante o ensaio. Os animais alimentados à base de pastagem registraram uma descida ($p < 0,05$) no de ganho médio diário de massa. O lote alimentado à base de concentrado sem algas não apresentou variação no ganho médio diário de massa ($p > 0,05$) entre os dois períodos.

Durante o período experimental, as dietas concentradas (com e sem algas) proporcionaram um ganho médio diário de massa superior ($p < 0,05$) que a dieta à base de pastagem. Entre as duas dietas concentradas não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) no ganho médio diário de massa.

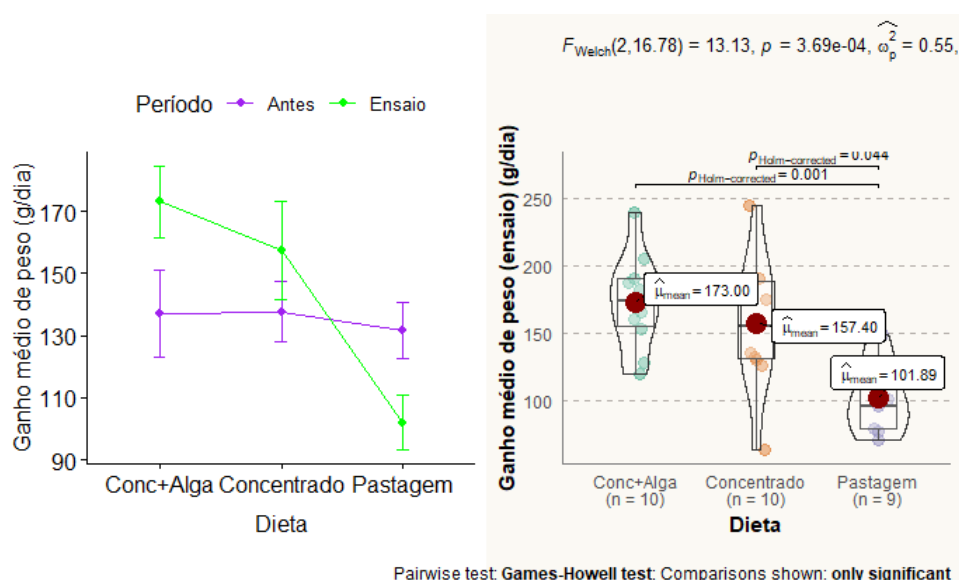


Figura 4.10: À esquerda: Ganho médio diário de massa antes e durante o período experimental nas três dietas; À direita: Estatísticas do ganho médio diário de massa durante o experimento. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste *Games-Howell*.

O maior ganho médio diário de massa por parte dos animais alimentados por dietas concentradas em relação aos alimentados com base em pastagem observada no presente estudo, pode ser sustentado pela composição das dietas. As dietas concentradas são mais energéticas (McDonald et al., 2010; Goes et al., 2013) e com maior teor proteico que as pastagens, o que pode ter proporcionado um desempenho superior dos animais, tal como referem Herath et al. (2021). Estes resultados estão ainda de acordo com os obtidos por Stenberg et al. (2020), onde em trabalho similar chegaram a resultados semelhantes.

Em contraste ao obtido no presente estudo, foram os resultados obtidos no trabalho de Valença et al. (2021), onde a inclusão das microalgas marinhas (*Schizochytrium sp.*) na dieta dos cordeiros de *Ille de France* até 6%, não foi eficiente porque reduziu o consumo da matéria seca, o desempenho e a eficiência alimentar dos animais. Esta discrepância dos resultados de Valença et al. (2021) com os do presente estudo em relação a esta variável, pode ser explicada pela espécie de microalgas utilizada, pois, segundo Mota (2020), a resposta dos animais ao consumo de algas depende dentre outros fatores, das espécies de algas utilizadas na dieta, particularmente com incorporação de níveis baixos (inferiores a 10%) de algas e as condições de cultivo das mesmas. Em função das espécies de algas a adotar na suplementação dos animais, é importante ajustar a sua proporção na dieta (Makkar et al., 2015), isto porque as algas variam na composição (Makkar et al., 2015; Madeira et al., 2017) e possuem uma parede protetora que as torna menos digestíveis, o que pode reduzir nos animais a ingestão de alimentos, gerando consequentemente um efeito indesejado no desempenho dos animais. (Makkar et al., 2015; Madeira et al., 2017).

Relativamente às duas dietas concentradas (com e sem algas), Fuente-vázquez et al. (2014) em estudo similar, igualmente não registaram diferenças entre a dieta concentrada contendo 4% de algas e a concentrada de controlo. Apesar de não ter havido diferença significativa ($p>0,05$) entre a dieta concentrada com adição 5% de algas e a dieta concentrada sem algas (no presente estudo), houve uma ligeira tendência de apresentação de melhor desempenho por parte dos cordeiros do lote com algas, o que foi igualmente observado no estudo de Urrutia et al. (2016), onde a adição algas proporcionou um ganho ganho médio diário de massa maior em relação à dieta concentrada de controlo. Isto sugere que, o início do experimento na idade mais precoce dos cordeiros, podia ter culminado com resultado diferente dos aqui observados. Esta tendência de melhoria do desempenho que se esperava em cordeiros suplementados por algas, é pelo fato das algas adicionarem uma fração

proteica considerável à dieta, segundo Abdelnour et al. (2019) e Valença et al. (2021), podendo por isso, favorecer o crescimento, pois esta é uma das funções biológicas-chave da fração proteica no organismo animal (Singh et al., 2017; Herath et al., 2021).

A queda de desempenho durante o ensaio em termos de ganho médio diário de massa em animais do lote alimentado à base de pastagem, deveu-se a remoção da dieta concentrada, a que os animais estiveram sujeitos antes do ensaio e, a mudança para uma dieta à base exclusiva de pasto e feno, que são alimentos volumosos de acordo com McDonald et al. (2010) e Goes et al. (2013). Este comportamento foi igualmente reportado por Jensen et al. (2017), porém foi o oposto no estudo de Herath et al. (2021), onde houve uma remoção gradual do concentrado e permitiu uma adaptação plena dos cordeiros ao pasto.

Peso vivo final

A Figura 4.11 mostra (na sub-figura à esquerda) a evolução do peso vivo nos três lotes animais. Do nascimento até ao momento em que os animais foram submetidos a dietas diferentes, observou-se uma uniformidade em termos de evolução e distribuição do peso vivo. A etapa do ensaio mostrou alguma tendência de variação no padrão de evolução do peso vivo, embora no final (sub-figura à direita) este não tenha sido diferente ($p>0,05$) entre as dietas.

O comportamento dos resultados apresentado na Figura 4.11 (uniformidade durante o período antes do ensaio), é explicado pelo fato dos cordeiros submetidos ao experimento terem o peso ao nascimento quase homogêneo e dieta não diferenciada na fase inicial. Este resultado é ainda reforçado pelo comportamento observado em relação a taxa de crescimento (ganho médio diário de massa) antes do ensaio, que não foi diferente ($p>0,05$, vide a Figura 4.10) entre os cordeiros no período em referência.

Apesar do ganho médio diário ter sido diferente durante o período do ensaio (Figura 4.10), este não proporcionou um peso vivo final diferenciado ($p>0,05$, Figura 4.11). Este fenómeno pode ser devido a fatores como: a) maior variabilidade entre os animais dentro de cada lote e; b) início do ensaio relativamente tarde (cordeiros foram submetidos ao ensaio com cerca de 100 dias de idade), o que pode por um lado não ter dado tempo suficiente de exposição dos animais aos tratamentos, e por outro lado, ter exposto os animais aos tratamentos após estes terem atingido o ponto de inflexão da sua curva característica de crescimento, tal como explica o Brody (1945), sendo mais tarde reforçado por outros

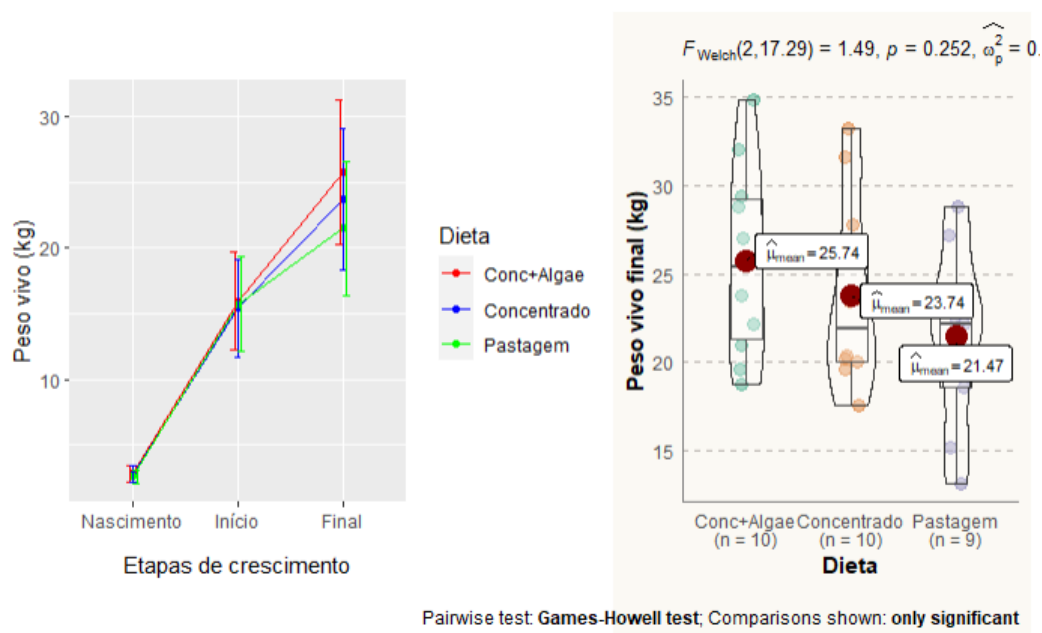


Figura 4.11: À esquerda: Evolução do peso vivo ao longo do tempo e à direita: resumo das estatísticas do peso vivo final de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste *Games-Howell*.

autores como o M. Guedes et al. (2004). Um estudo similar que ainda reforça a ideia do peso final do presente estudo não ter se mostrado como esperado por conta dos fatores acima expostos, é o de Parrini et al. (2021), onde os cordeiros foram submetidos à experiência mais cedo, e resultado em peso final diferente entre os sistemas de produção, com vantagem para o sistema intensivo com inclusão de concentrado na dieta em comparação ao sistema extensivo à base de pastoreio. Ainda na mesma ordem de raciocínio, Hashem et al. (2013), constataram que o desmame aos 60 dias e submissão dos cordeiros a engorda, proporcionou melhor desempenho em termos de crescimento, peso vivo final e algumas características da carcaça, em comparação com os animais submetidos relativamente tarde a este processo (cerca de 120 dias).

Em relação às duas dietas concentradas (com e sem algas), Fuente-vázquez et al. (2014) em estudo similar, à semelhança do observado no presente estudo, não registraram diferenças entre a dieta concentrada contendo 4% de algas e a concentrada de controle em termos de peso vivo final.

Peso da carcaça

As dietas concentradas (com e sem algas) proporcionaram um peso da carcaça quente assim como fria superior ($p < 0,05$) que a dieta à base de pastagem (Figuras 4.12 e 4.13) e, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre as dietas concentradas.

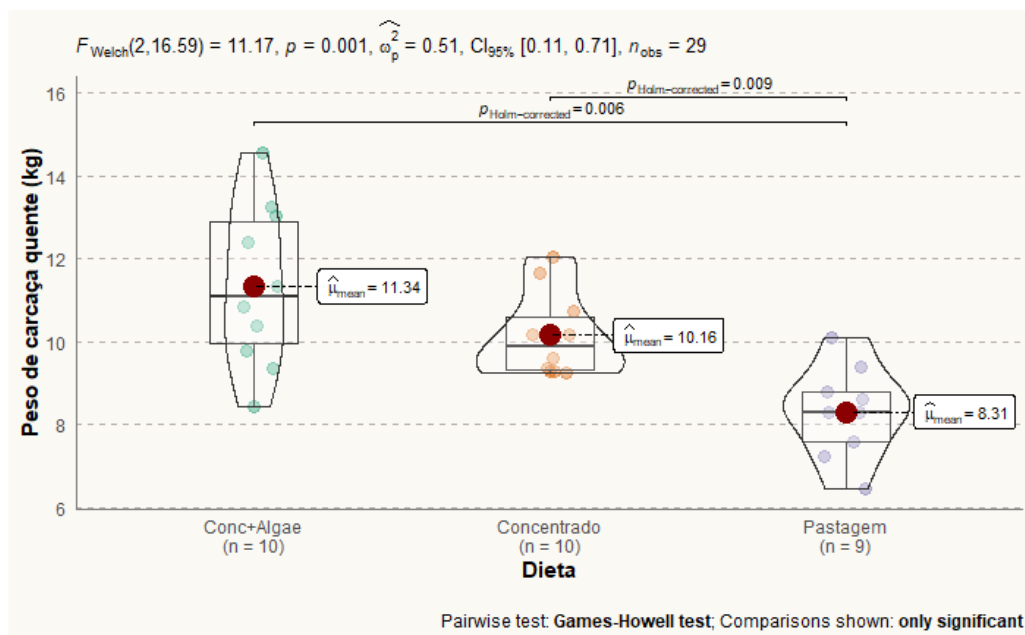


Figura 4.12: Peso de carcaça quente de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste *Games-Howell*.

As dietas concentradas e, por conseguinte, mais energéticas (McDonald et al., 2010; Goes et al., 2013), com maior teor de proteínas que a dieta à base de pastagem, tendem em geral a proporcionar animais com carcaças pesadas (C. Guedes et al., 2007), fato que se verificou no presente trabalho. A explicação mais exaustiva sobre isto é apresentada na variável *rendimento de carcaça*, dada a relação entre estas variáveis.

A ausência de diferenças ($p > 0,05$) entre as duas dietas concentradas verificada no presente estudo em relação ao peso da carcaça em quente assim como em frio, foi igualmente obtida em trabalho similar por Urrutia et al. (2016), onde a mistura de 3,98% de algas marinhas, 5% de óleo de linho e concentrado à base de cevada e soja, não gerou efeitos significativos nas características da carcaça de cordeiros, quando comparada à dieta concentrada sem adição de algas. Recuando no tempo, Fuente-vázquez et al. (2014) igualmente não acharam diferenças entre a dieta concentrada contendo 4% de algas e a concentrada de controle, sobre o peso de carcaça quente e frio.

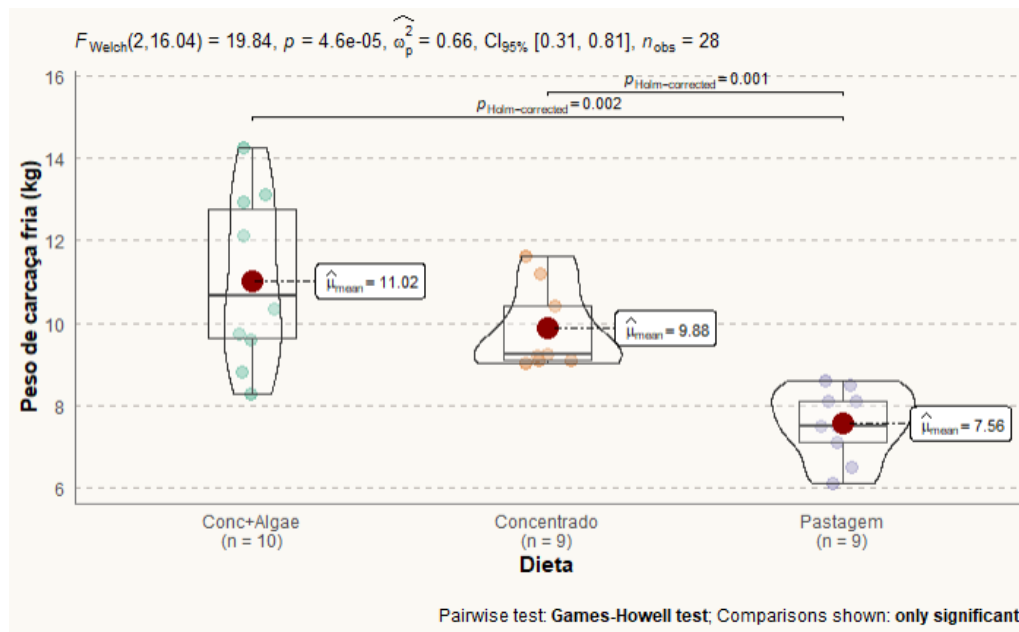


Figura 4.13: Peso de carcaça fria de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste *Games-Howell*.

Rendimento em carcaça

Em termos de rendimento da carcaça quente, a Figura 4.14 ilustra que as dietas concentradas (com e sem algas) proporcionaram um rendimento de carcaça em cordeiros, superior ($p < 0,05$) que a dieta à base de pastagem e, entre as dietas concentradas não foram observadas diferenças ($p > 0,05$).

A semelhança do observado em relação ao rendimento da carcaça quente, a Figura 4.15 mostra que as dietas concentradas (com e sem algas), proporcionaram um rendimento da carcaça fria em cordeiros, superior ($p < 0,05$) que a dieta à base de pastagem, e entre as dietas concentradas não foram registradas diferenças ($p > 0,05$).

De acordo com C. Guedes et al. (2007), o rendimento em carcaça, em geral aumenta com o valor energético da dieta. Esta tendência foi observada no presente estudo, assim como foi igualmente observado recentemente em outros trabalhos similares como o de Stenberg et al. (2020), onde as dietas concentradas, por serem segundo McDonald et al. (2010) e Goes et al. (2013) mais energéticas, proporcionaram um rendimento em carcaça quente assim como fria, superior que a dieta à base de pastagem, que é segundo McDonald et al. (2010) e Goes et al. (2013) um alimento mais volumoso e menos energético. Isto reforça a ideia apoiada por C. Guedes et al. (2007), de que o tipo de dieta determina grande

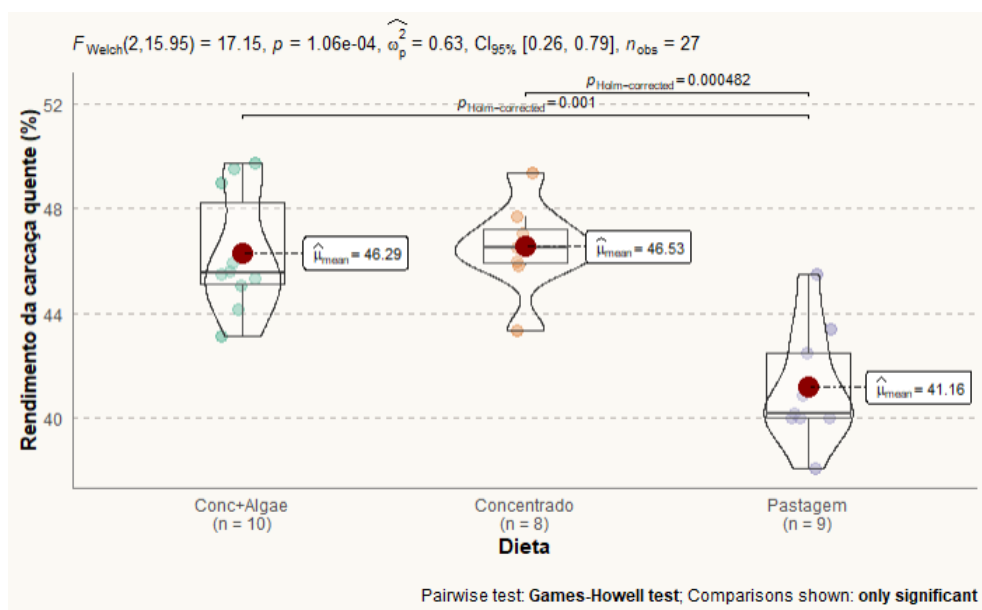


Figura 4.14: Rendimento da carcaça quente de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste *Games-Howell*.

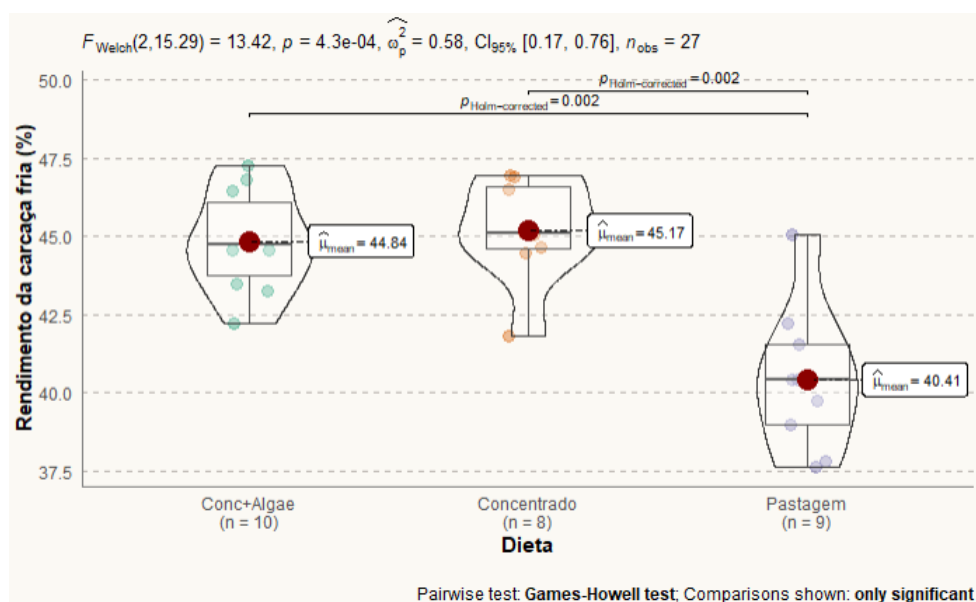


Figura 4.15: Rendimento da carcaça fria de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste *Games-Howell*.

parte das diferenças de rendimento em carcaça, como resultado do efeito no peso do quinto quarto, especificamente no peso dos conteúdos gastrointestinais e no peso do aparelho gastrointestinal (quinto quarto).

No estudo de Valença et al. (2021), a inclusão das microalgas marinhas (*Schizochytrium* sp.) na dieta dos cordeiros de *Ille de France* até 6%, não foi eficiente porque reduziu o consumo da matéria seca, o desempenho e a eficiência alimentar dos animais. Esta discrepância dos resultados de Valença et al. (2021) com os do presente estudo em relação a esta variável, pode ser explicada pela espécie de microalgas utilizada, pois, segundo Mota (2020), a resposta dos animais ao consumo de algas depende dentre outros fatores, às espécies de algas utilizadas na dieta, particularmente com incorporação de níveis baixos (inferiores a 10%) de algas e as condições de cultivo das mesmas.

Entre as duas dietas concentradas, não se verificaram diferenças ($p>0,05$) no rendimento em carcaça, porque a sua composição em termos de carboidratos e lípidos, foi similar, diferenciando-se apenas no enriquecimento em uma com 5% de algas, que são fonte extra de proteínas, de acordo com Madeira et al. (2017) e Abdelnour et al. (2019). Ora, apesar da proteína ter alguma contribuição energética na dieta, ela é segundo Van Soest (1994) e Singh et al. (2017), menos significativa em relação a carboidratos e lípidos, sendo a fração proteica, mais importante em outros processos biológicos como o crescimento e a manutenção de tecidos, bem como a defesa do organismo. Esta contribuição menos expressiva da fração proteica, em relação ao teor energético das dietas, é reforçado pelos resultados obtidos por Hopkins et al. (2014) e Fuente-vázquez et al. (2014), que não registraram quaisquer efeito adicional no desempenho, no peso da carcaça e na gordura subcutânea, assim como também foi no trabalho de Burnett et al. (2016), onde a suplementação de cordeiros com algas sem uma base de concentrados (fração energética) não teve efeito significativo no crescimento, nas características da carcaça e nos atributos da carne, mas sim no perfil de ácidos gordos (como a melhoria de gorduras do grupo $\omega - 3$ e consequentemente, a melhoria da qualidade em termos sanitário da carne de borrego para o consumidor). Estes fatos sugerem a ideia de que a suplementação apenas com algas, que é uma fração rica em proteínas e ácidos gordos do grupo $\omega - 3$ (Makkar et al., 2015; Madeira et al., 2017) sem adição de uma fração energética (porção de concentrado), não gera efeito significativo no desempenho e características da carne de cordeiros.

As variações entre o rendimento da carcaça em quente e em frio observadas entre as

Figuras 4.14 e 4.15, podem de acordo com C. Guedes et al. (2007) ser explicadas pelas perdas da água das carcaças durante o arrefecimento.

Gordura subcutânea e pélvica e renal

De acordo com a Figura 4.16, é possível observar que as dietas concentradas (com e sem algas) resultaram em cordeiros com espessura da gordura subcutânea superior ($p < 0,05$) que os alimentados com dieta à base de pastagem, e entre as dietas concentradas não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) em termos de espessura da gordura subcutânea.

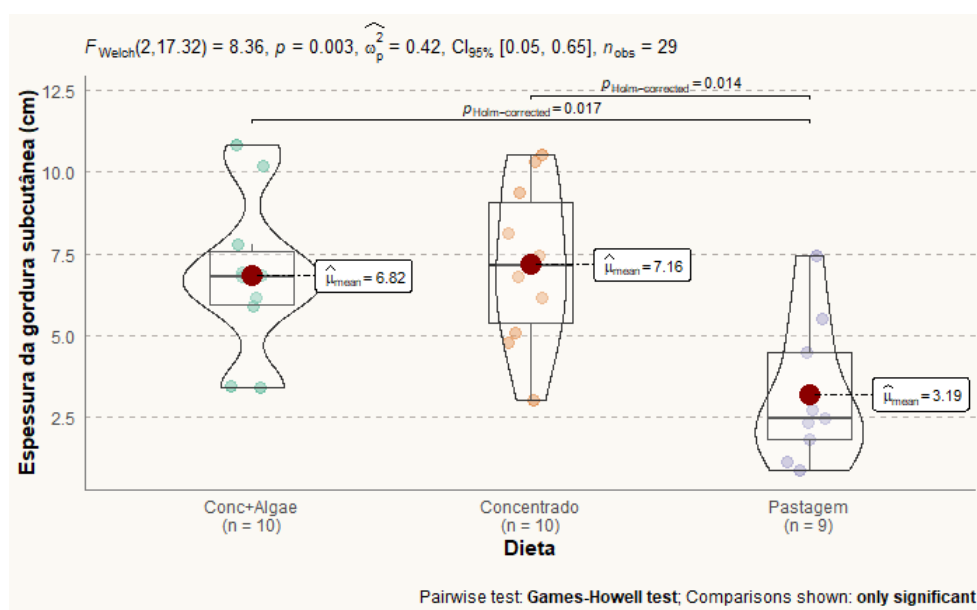


Figura 4.16: Espessura da gordura subcutânea de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste *Games-Howell*.

A semelhança do comportamento observado em relação à gordura subcutânea, na Figura 4.17, é possível observar que as dietas concentradas (com e sem algas) resultaram em cordeiros com gordura pélvica e renal, superior ($p < 0,05$) que os cordeiros alimentados com dieta à base de pastagem, e entre as dietas concentradas não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) em relação a esta variável.

As tendências observadas no presente trabalho, corroboram com a ideia da existência de uma relação entre a quantidade da gordura da carcaça e energia da dieta, tal como referido por C. Guedes et al. (2007) e Carlos et al. (2009). Segundo estes autores, elevados níveis de energia na dieta promovem uma maior deposição da gordura na carcaça. O que se observou no presente estudo, foi que a pastagem de primavera teve bom teor proteico

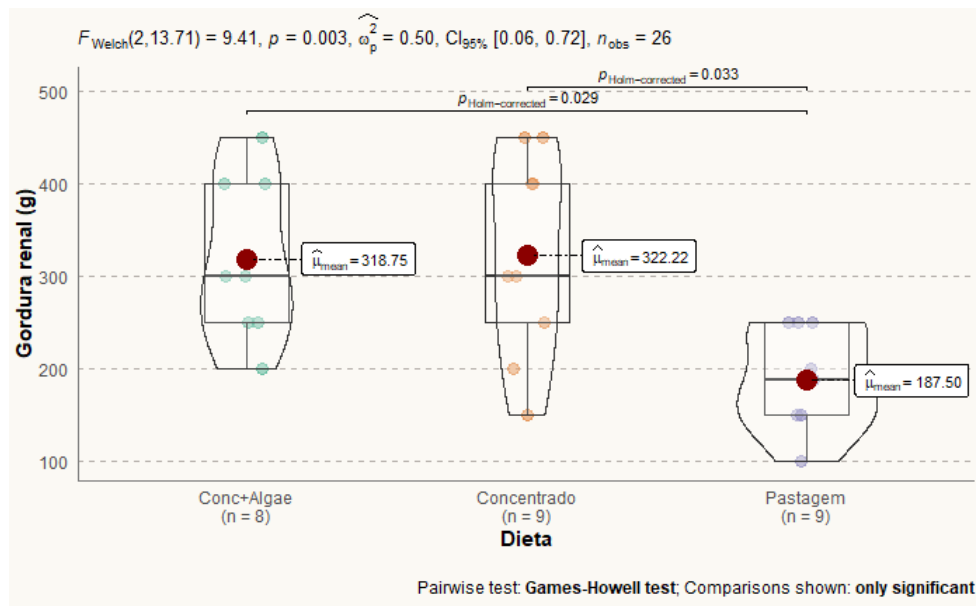


Figura 4.17: Gordura pélvica e renal de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. Comparação entre pares de médias é ilustrada pela linha horizontal por cima das observações, apenas onde há diferença significativa a 5% pelo teste *Games-Howell*.

ao longo do ensaio de cordeiros (Figura 3.13), mas em termos de energia pode ter sido deficitária por ser um alimento volumoso (McDonald et al., 2010 e Goes et al., 2013), por esta razão, os animais alimentados à base de pastagem apresentaram menos gordura. Esta ideia foi igualmente reforçada pelos trabalhos recentes de Burnett et al. (2016), Venturini et al. (2020) e Stenberg et al. (2020).

Os resultados apontados no presente trabalho, relativamente à gordura subcutânea entre as carcaças dos lotes de cordeiros alimentados à base de concentrados (com e sem algas), estão em alinhamento com os obtidos anteriormente por Fuente-vázquez et al. (2014) e Burnett et al. (2016), que também não registaram quaisquer diferenças entre os animais alimentados por concentrado com e sem adição de algas.

Vale elucidar que entre as diferentes formas de deposição da gordura na carcaça, é de suma importância a gordura intramuscular, por supostamente estar associada a tenrura e ao *flavour* (Sañudo et al., 2000) e a subcutânea por proteger as carcaças do fenómeno de encurtamento pelo frio (C. Guedes et al., 2007). A gordura pélvica e renal não é desejável, pois atualmente não tem sido aproveitada, sendo assim um desperdício.

4.4.2 Efeito da dieta nos atributos físico-químicos da carne

A Tabela 4.4 mostra o resumo das estatísticas descritivas das variáveis analisadas como resposta das diferentes dietas nos atributos da qualidade da carne de cordeiros.

Tabela 4.4: Estatísticas descritivas dos atributos da qualidade de carne de cordeiros, submetidos a três dietas diferentes.

Variável	Dietas						Valor- <i>p</i>
	CA		CO		PA		
	n	μ ± SE	n	μ ± SE	n	μ ± SE	
pH24	10	5,522 ± 0,019	10	5,559 ± 0,016	8	5,560 ± 0,015	0.264
Cor-L*	10	43,26 ± 0,687	10	43,24 ± 0,528	8	42,90 ± 0,429	0.85
Cor-a*	10	20,98 ± 0,225	10	21,00 ± 0,350	9	21,046 ± 0,266	0.98
Cor-b*	10	8,22 ± 0,985	10	8,37 ± 0,808	9	7,98 ± 0,902	0.77
Força	106	32,91 ± 0,673	102	33,44 ± 0,582	100	31,90 ± 0,520	0.133
Área	106	166,02 ± 3,789	102	167,18 ± 4,898	100	162,07 ± 4,582	0.713
Gradiente	106	3,42 ± 0,079	102	3,50 ± 0,067	100	3,25 ± 0,076	0.054
PC	10	29,32 ± 1,615	10	28,74 ± 1,385	9	27,53 ± 1,717	0.755
PE	10	3,75 ± 0,171	10	3,72 ± 0,350	9	3,60 ± 0,368	0.936

Linhas sem o sinal (*) na coluna do valor-*p*, referem-se a variáveis onde não foram observados efeitos da dieta a 5% de significância. n-número de observações; μ -média; SE-erro padrão. CA-concentrado com adição de 5% de algas; CO-concentrado sem algas; PA-pastagem. pH após 24 horas (pH_{24})-pH final após 24 horas; Cor-L*-luminosidade; Cor-a*-índice de amarelo; Cor-b*-índice de vermelho; Força (N/cm²), Área (N.s) e Gradiente (N/s) são variáveis que indicam a tenrura da carne; PC-perdas por cocção (%) e PE-perdas por exsudação (%) são medidas da CRA.

Tal como se pode observar nesta Tabela 4.4, em diferentes variáveis (atributos da qualidade de carne) analisadas como possíveis respostas das dietas na carne, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$), mostrando assim, que as dietas testadas no ensaio, não tiveram efeito nos atributos da qualidade da carne de cordeiros.

pH final

Em relação ao pH_{24} , é possível notar na Figura 4.18, que tanto em carcaças de cordeiros alimentados por dietas concentradas, como em cordeiros alimentados por dieta à base de pastagem, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$).

O pH final é um indicador do teor de glicogénio da carne no momento de abate (C. Guedes et al., 2007), é o parâmetro que melhor expressa as condições de manejo a que os animais foram submetidos, como o jejum e o stress pré-abate (Ijaz et al., 2020; Gonzalez-Rivas et al., 2020), sendo muito decisivo no comportamento de outros parâmetros de qua-

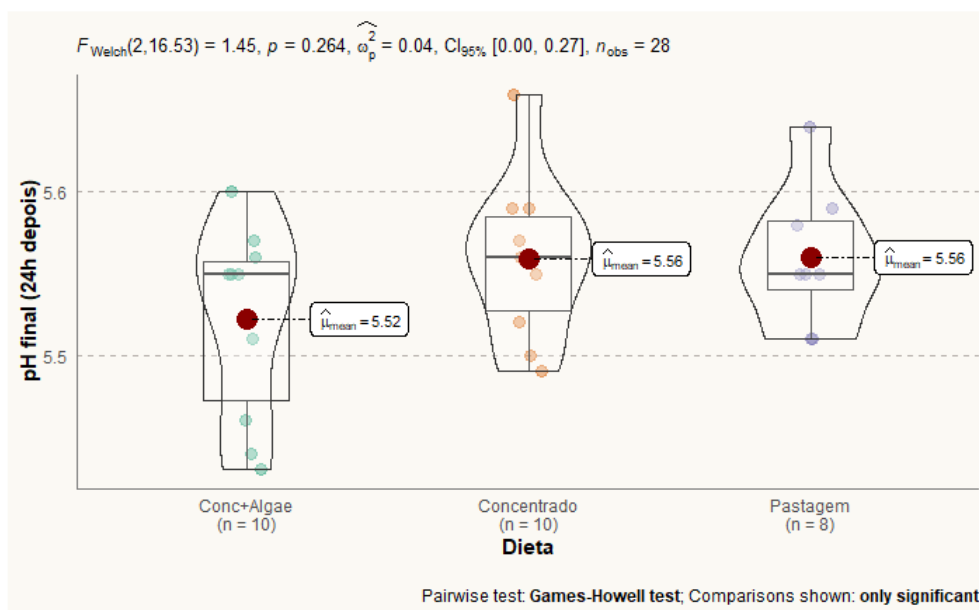


Figura 4.18: pH final (24h após o abate) da carcaça de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste de *Games-Howell*.

lidade como CRA, cor e tenrura (Núñez-Sánchez et al., 2021). Ora, os animais foram previamente submetidos a um jejum de cerca de 12 horas e não sofreram stress pré-abate, pois, a distância da quinta ao matadouro é curta, e os animais foram transportados alguns minutos antes do abate, tendo de imediato sido seguidas todas as boas práticas de manuseamento pré-abate dos animais. Este pode ter sido o fator crucial na origem de valores de pH homogêneos e dentro dos limites considerados normais entre 5,5 e 5,8 (Gallo et al., 2019; Stenberg et al., 2020; Gonzales-Barron et al., 2021; Núñez-Sánchez et al., 2021), entre as carcaças de diferentes lotes de cordeiros.

Apesar de Geay et al. (2001) referirem que dietas à base de pastagens tendem a promover um pH da carne mais elevado do que dietas à base de concentrado, devido ao seu menor potencial glicolítico e uma maior taxa de redução de glicogénio muscular na hora do abate, alguns autores como C. Guedes et al. (2007) afirmam que a dieta tem um efeito reduzido e muitas vezes insignificante no pH da carne, assim como apontam igualmente os resultados do presente estudo em relação a esta variável.

Cor

A Figura 4.19, mostra que a dieta não teve efeito ($p > 0,05$) nos três parâmetros da cor da carne de cordeiros. A cor é um parâmetro fortemente influenciado pelo pH (Stenberg et al., 2020; Núñez-Sánchez et al., 2021), esta pode ser a razão pela qual não foi possível observar diferenças significativas entre os diferentes parâmetros CIELAB da cor, pois os valores de pH foram homogêneos entre os lotes de cordeiros submetidos a diferentes dietas.

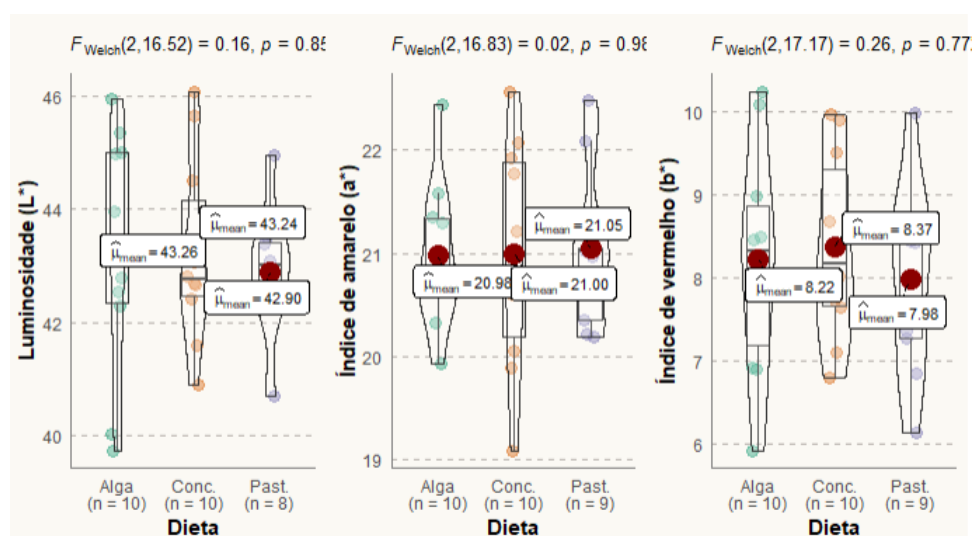


Figura 4.19: Cor CIELAB da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste de *Games-Howell*.

Coulon e Priolo (2002) defendem que a carne de animais criados à base de pastagem é em geral mais escura do que a de animais criados à base de concentrado, devido a menor quantidade de gordura depositada. Entretanto, resultados do presente estudo não estão de acordo com este postulado, o que é igualmente reforçado por C. Guedes et al. (2007), onde após efetuarem uma consulta de diversos trabalhos sobre o assunto, constataram que os resultados de diversos estudos, sugeriam que a natureza da dieta não tinha grande influência nas características cromáticas da carne.

Tenrura

As Figuras 4.20, 4.21 e 4.22 mostram não ter havido efeito ($p > 0,05$) da dieta na tenrura⁴ da carne de cordeiros em todos os parâmetros avaliados (força, área e gradiente).

⁴avaliada pela dureza instrumental pelo método *Warner-Bratzler Shear Force*

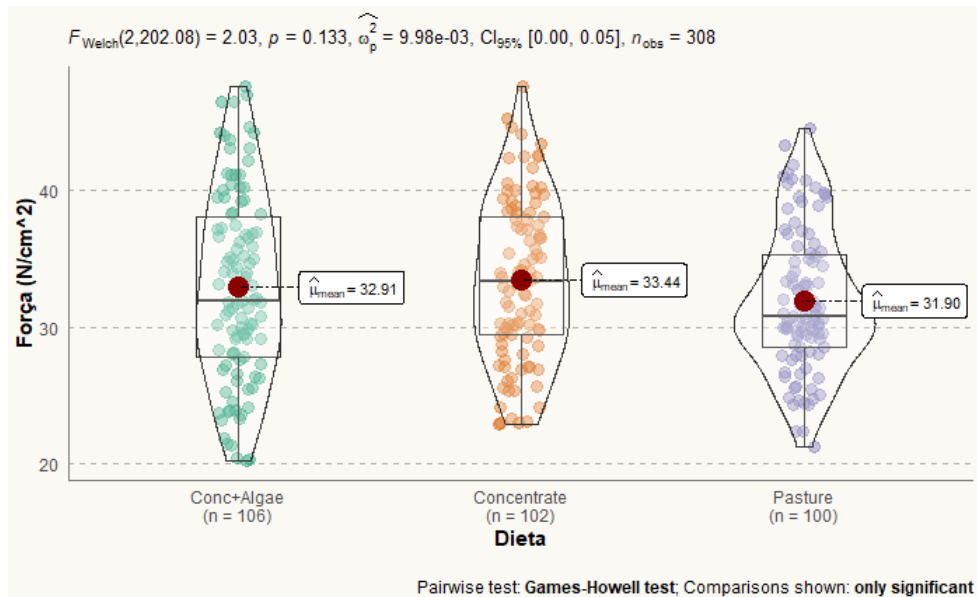


Figura 4.20: Força de cisalhamento da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste de *Games-Howell*.

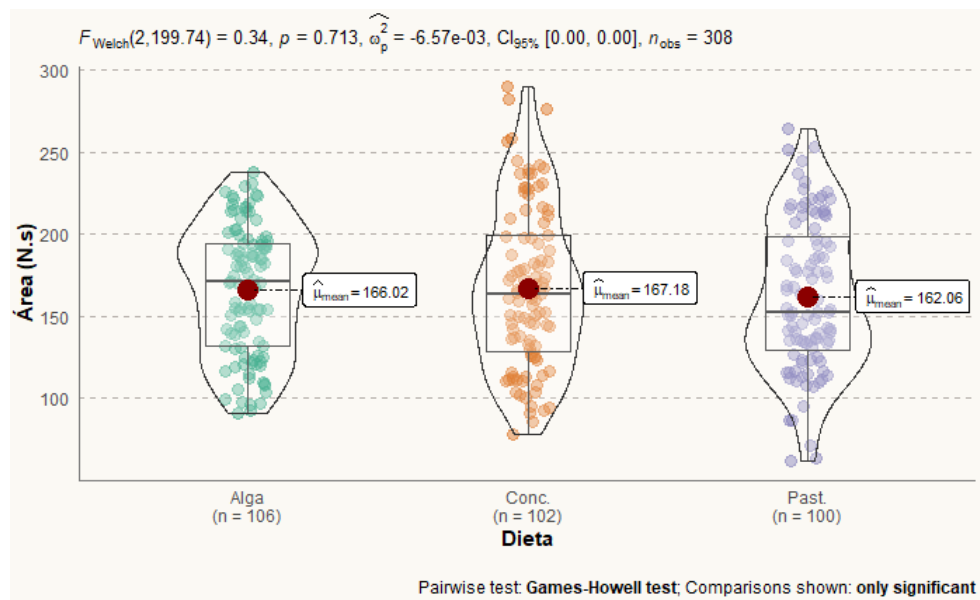


Figura 4.21: Área de trabalho de corte da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes

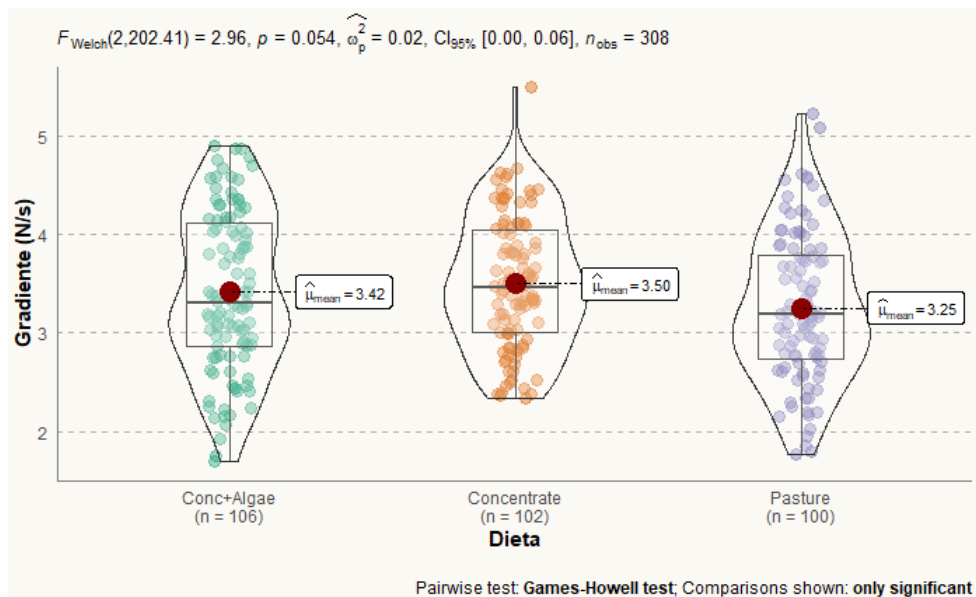


Figura 4.22: Trabalho de corte da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes

Apesar de autores como Sañudo et al. (2000) terem mostrado a existência de uma relação inversa entre a dureza instrumental (resistência ao corte) e a quantidade da gordura da carne, o que significaria um aumento da tenrura em carne de animais alimentados com dietas mais energéticas, por proporcionarem maior deposição da gordura na carne como referem C. Guedes et al. (2007), não há até à data presente, coerência nos resultados e por isso, faltam evidências suficientes para sustentar tal proposição, como pode ser visto com detalhes em C. Guedes et al. (2007).

Dada a não existência de unanimidade nos resultados entre estudos similares havidos no passado, o presente trabalho não encontra bases para afirmar categoricamente que a natureza da dieta não gera efeito significativo na tenrura da carne, apesar dos resultados aqui obtidos apontarem para isso. A característica que mais tem sido associada à tenrura, bem como outros parâmetros de qualidade da carne (cor e capacidade de retenção da água) é o pH (Stenberg et al., 2020; Núñez-Sánchez et al., 2021), logo, a ausência da diferença na tenrura da carne entre os diferentes lotes de cordeiros observada no presente estudo, pode ser considerada como consequência da não variação considerável no pH entre os lotes, como mostra Figura 4.18.

Capacidade de retenção da água

A dieta não teve efeito ($p>0,05$) na CRA. De acordo com a Figura 4.23 é possível observar a inexistência de diferenças ($p>0,05$) entre a carne de cordeiros alimentados por dietas à base de concentrados (com e sem algas) e dieta à base de pastagem, tanto nas perdas por exsudação, quanto nas perdas por cocção.

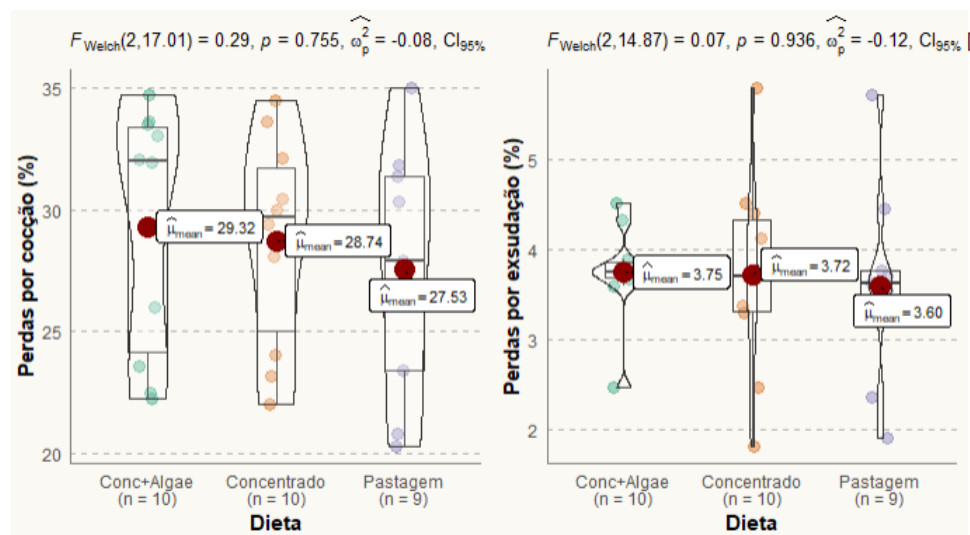


Figura 4.23: Perdas por cocção e exsudação da carne de cordeiros alimentados por três dietas diferentes. A ausência da linha horizontal de comparação entre pares de médias por cima das observações, mostra que não se observaram diferenças a 5% de significância pelo teste de *Games-Howell*.

Os resultados obtidos no presente estudo em relação a CRA, evidenciam mais ainda a ideia da tamanha influência que as condições *pré-mortem* exercem na cinética de descida e no valor final do pH, e consequentemente no comportamento de diversos parâmetros de qualidade da carne (Gonzalez-Rivas et al., 2020; Ijaz et al., 2020) como a CRA (Núñez-Sánchez et al., 2021), e não o tipo de dieta sobre a CRA da carne em cordeiros. Assim sendo, os resultados aqui obtidos, encontram como maior base de sustentação as boas condições *pré-mortem* a que os animais foram submetidos, que resultaram em valores de pH homogêneos entre os lotes, que por sua vez condicionaram valores de perdas por exsudação e cocção não diferentes ($p>0,05$) entre os três lotes de cordeiros submetidos às dietas diferenciadas. Em reforço aos resultados do presente estudo, está a constatação de C. Guedes et al. (2007), onde os autores afirmam ser muito reduzido o efeito da dieta na CRA da carne de ovinos.

4.4.3 Mapa da associação entre a dieta e as características de crescimento, carcaça e atributos de qualidade da carne

Pela análise das Figuras 4.24 e 4.25, percebe-se o efeito da natureza da dieta nas diferentes características avaliadas. Em relação a Figura 4.24, percebe-se pela PCA que o mapa bidimensional explica uma variância cumulativa de cerca de 77,9%, sendo 60,4% concentrados na primeira componente⁵. Pode-se igualmente perceber que todas variáveis estão correlacionadas entre si e todas possuem uma correlação forte e positiva com a primeira dimensão, sugerindo que todas as características aqui avaliadas favorecem o sentido dos cordeiros alimentados à base de dietas concentradas (com e sem adição de algas), e o oposto em relação aos cordeiros alimentados à base de volumosos (pasto), e por isso, há uma separação nítida das elipses a 95% de significância.

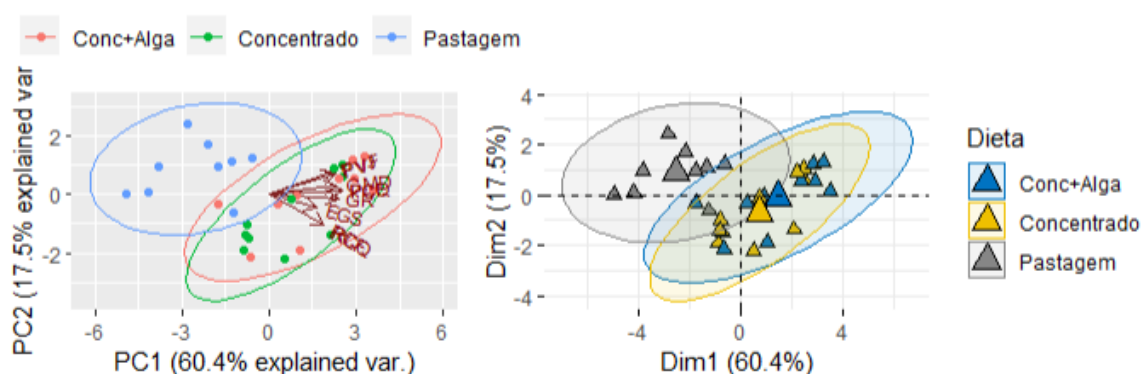


Figura 4.24: Mapa bidimensional das características de crescimento e da carcaça de cordeiros em função das dietas. À esquerda contendo variáveis originais; À direita sem as variáveis originais. GMD:ganho médio diário de peso, PVF:peso vivo final, PCQ:peso de carcaça quente, PCF:peso de carcaça fria, RCQ:rendimento de carcaça em quente, RCF:rendimento de carcaça em frio, EGS:espessura da gordura subcutânea, GR:gordura pélvica e renal

Por outro lado, em relação a Figura 4.25 que mostra a distribuição no plano bidimensional das amostras em função das dietas, através dos atributos de qualidade da carne, é explicada uma percentagem cumulativa da variância de cerca de 54,8%. Neste mapa, diferentemente da Figura 4.24, não há uma separação nítida das amostras em função das

⁵esta componente sugere uma forte relação com a composição do alimento

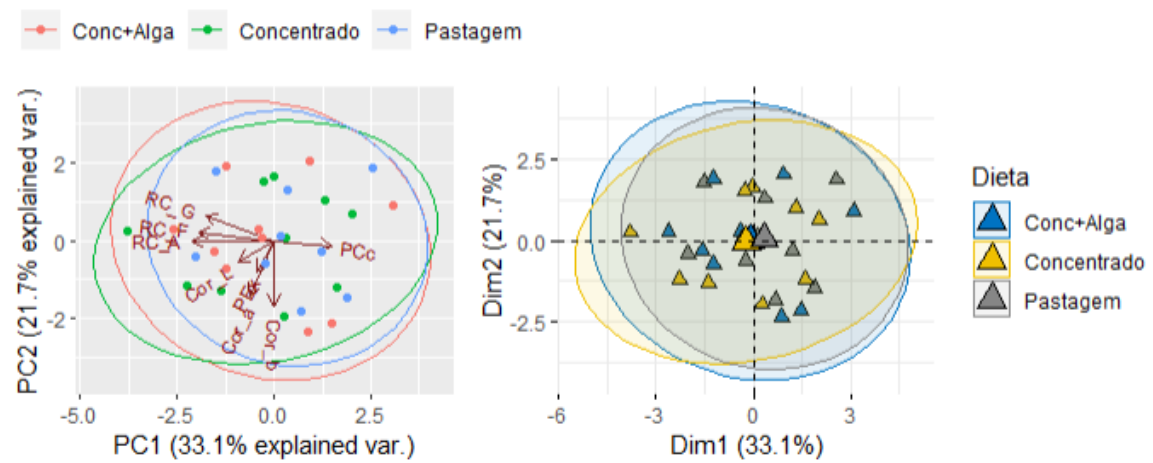


Figura 4.25: Mapa bidimensional dos atributos da carne de cordeiros em função das dietas. À esquerda contendo variáveis originais; À direita sem as variáveis originais. pH24:pH final, CorL:luminosidade, Cora:índice de amarelo; Corb:índice de vermelho; PEx:perdas por exsudação, PCc:perdas por cocção, RCF:força de corte, RCA:área de trabalho durante o corte, RCG:gradiente

elipses que representam as dietas, sugerindo por isso, não existência de efeito a 95% de significância, da natureza da dieta nos atributos da qualidade da carne.

Capítulo 5

Conclusões e recomendações

5.1 Estudo do Capítulo 3

Em termos da dinâmica da composição florística da pastagem de sequeiro Mediterrânico da Quinta do Pinheiro Manso, houve variação na estrutura observada na Estação de crescimento Primavera em comparação com a Estação do Outono e do Inverno. A percentagem de cobertura da área por leguminosas aumentou do Outono à Primavera, a fração das gramíneas não variou ao longo das três Estações, a proporção do grupo de outras espécies diminuiu e as manchas de solo nu quase desapareceram do Outono à Primavera. Isto deveu-se à combinação de fatores como elevação da temperatura conjugada à precipitação ao longo da Primavera, o que favoreceu o crescimento da vegetação herbácea vegetal, em particular as leguminosas pratenses nesta Estação e melhorando a cobertura vegetal do solo. Importa salientar que em termos de maior cobertura da área de pastagem, as gramíneas foram dominantes em todas as Estações.

A pastagem de sequeiro da Quinta do Pinheiro Manso da ESA - IPB, acumulou em resultado de cortes feitos quinzenalmente, cerca de 6,2 t/ha durante o crescimento da Primavera de 2021. Ao longo deste período, a produtividade média foi de cerca de 1,04 t/ha de MS, com o pico máximo de produtividade a observar-se entre a última semana de Abril e primeira semana de Maio. Sendo uma pastagem permanente, os valores obtidos neste estudo mostram que as condições edafo-climáticas e as práticas de manejo aplicadas têm sido favoráveis a manutenção e garantia de uma longa duração com capacidade de suportar o pastoreio.

Em termos de qualidade, houve uma tendência de redução da PB e aumento da fibra

(NDF), com a evolução do tempo, devido ao processo fisiológico natural de crescimento das plantas, que gera aumento da percentagem do conteúdo de paredes celulares em detrimento dos conteúdos celulares, e consequentemente maior fração de baixa digestibilidade na MS, reduzindo assim a qualidade da pastagem a medida que esta cresce.

Para descrever a curva de crescimento ou acumulação da MS da pastagem de sequeiro Mediterrânico da Quinta do Pinheiro Manso, pode-se recorrer a qualquer um dos seguintes modelos não lineares: Weibull, Logístico, Ratkowsky e Gompertz, pois todos ajustaram a curva de dados observados. Contudo, o modelo de Weibull foi o que dentre os outros testados, mostrou melhor qualidade de ajuste. Com o obtido neste estudo, recomenda-se mais estudos do género para gerar uma série mais longa de dados, e consequentemente mais consistente, que possibilite a validação destes modelos, e abrir espaço para futuramente utilizá-los em trabalhos de pesquisa ou mesmo na gestão deste tipo de pastagens em condições similares.

5.2 Estudo do Capítulo 4

Relativamente ao crescimento, ambas dietas concentradas (com e sem algas) proporcionaram um crescimento de cordeiros superior que a dieta a base de pastagem. A introdução da dieta contendo algas melhorou o ganho médio diário de peso em cordeiros, o concentrado sem adição algas manteve e a pastagem piorou o ganho médio diário de peso. Os resultados sugerem que há um efeito diferenciado das dietas no ganho médio diário de massa em cordeiros.

O peso vivo final não foi diferente nas três dietas, valendo aqui ressaltar que o melhor desempenho no crescimento (ganho médio diário de peso) observado nas dietas concentradas, podia ter se traduzido em peso vivo final superior que a dieta a base de pastagem. Isto sugere que o tempo de exposição dos cordeiros às dietas diferenciadas, pode ter sido curto, daí que, a introdução das dietas em idade mais precoce podia ter proporcionado resultados diferentes dos que foram obtidos no presente estudo.

O peso da carcaça assim como o rendimento em quente e em frio, a gordura subcutânea e pélvica e renal foram superiores em cordeiros alimentados a base de concentrados em relação aos pastoreados, não sendo todavia, diferente entre o concentrado contendo as algas e o concentrado sem algas. Isto leva a crer que a natureza da dieta tem efeito nas

caraterísticas da carcaça.

Em relação aos atributos da carne como o pH, a cor, a tenrura e a capacidade de retenção da água, não foram observadas diferenças entre os três lotes de cordeiros, desde os alimentados a base de concentrados (com e sem algas) até aos alimentados com base em pastagens. O que leva a concluir-se que a natureza da dieta não teve quaisquer efeito sobre estes atributos da qualidade da carne de cordeiros.

De forma geral, a alimentação com dietas enriquecidas mostrou ter um efeito positivo no desempenho de cordeiros e nas caraterísticas da carcaça, porém, não foi observado o seu efeito nos atributos da qualidade da carne de cordeiros, avaliados neste estudo.

A formulação de alimento concentrado com adição de 5% da mistura de micro e macroalgas mostrou um potencial para melhorar a taxa de crescimento de cordeiros. E por isso, recomenda-se a replicação deste estudo, preferencialmente com a introdução destas dietas na idade mais precoce de cordeiros, de modo a gerar evidências científicas para confrontar os resultados obtidos no presente estudo.

Bibliografia

- Abdelnour, S., Abd El-Hack, M., Arif, M., Khafaga, A. & Taha, A. (2019). The application of the microalgae *Chlorella spp.* as a supplement in broiler feed. *World's Poultry Science Journal*, 75(2), 305–318.
- Abdulatife, M. & Ebro, A. (2015). Floristic Composition, Biomass Production and Chemical Composition of Major Herbaceous Species in Chifra District of Afar Regional State, Ethiopia. *Forest Research*.
- Abudabos, A. M., Okab, A. B., Aljumaah, R. S., Samara, E. M., Abdoun, K. A. & Al-Haidary, A. A. (2013). Nutritional Value of Green Seaweed (*Ulva lactuca*) for Broiler Chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 12(2), 28.
- Adesogan, A. T., Givens, D. & Owen, E. (2000). Measuring Chemical Composition and Nutritive Value in Forages (L. Mannetje & R. M. Jones, Eds.). Em L. Mannetje & R. M. Jones (Eds.), *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. CABI Publishing.
- AEMET & IM. (2011). *Atlas Climático Ibérico - Iberian Climate Atlas*. Madrid, AEMET.
- Afonso, N. & Arrobas, M. (2009). Contribuição para a Elaboração da Carta de Solos da Cidade de Bragança (M. Feliciano, A. Gonçalves, A. Ribeiro & F. Maia, Eds.). Em M. Feliciano, A. Gonçalves, A. Ribeiro & F. Maia (Eds.), *Qualidade do Ambiente Urbano: Novos Desafios*, Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.
- Aggrey, S. (2002). Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poultry Science*, 81(12), 1782–1788.
- Aguiar, C. & Vila-Viçosa, C. (2016). A flora e a vegetação das montanhas de Portugal continental (J. Azevedo, V. Cadavez, M. Arrobas & J. Pires, Eds.). Em J. Azevedo, V. Cadavez, M. Arrobas & J. Pires (Eds.), *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: realidades e desafios*. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.

- Alfaia, C., Pestana, J., Rodrigues, M., Coelho, D., Aires, M., Ribeiro, D., Major, V., Martins, C., Santos, H., Lopes, P., Lemos, J., Fontes, C., Lordelo, M. & Prates, J. (2021). Influence of dietary *Chlorella vulgaris* and carbohydrate-active enzymes on growth performance, meat quality and lipid composition of broiler chickens. *Poultry Science*, 100(2), 926–937.
- Alpendre, P., Gonçalves, A. C., Ferreira, A. G. & Dias, S. S. (2008). Avaliação do Potencial de Actividades em Sistemas de Uso Múltiplo : Aptidão Forrageira. *Silva Lusitana*, 37–54.
- Alvarenga, T. I., Palendeng, M., Thennadil, S., McGilchrist, P., Cafe, L. M., Almeida, A. K. & Hopkins, D. L. (2021). Is meat from cull cows tougher? *Meat Science*, 177, 108498.
- Alves, A., Pascoal, L., Cambuí, G., Trajano, J., Silva, C. & Gois, G. (2016). Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. *Pubvet*, 10(7), 568–579.
- Andueza, D., Rodrigues, A. M., Picard, F., Rossignol, N., Baumont, R., Cecato, U. & Furruggia, A. (2016). Relationships between botanical composition, yield and forage quality of permanent grasslands over the first growth cycle. *Grass and Forage Science*, 71(3), 366–378.
- Andueza, D., Picard, F., Pradel, P. & Theodoridou, K. (2019). Feed value of barn-dried hays from permanent grassland: A comparison with fresh forage. *Agronomy*, 9(6).
- AOAC 973.18. (2010). *Fiber (acid detergent) and lignin (H2SO4) in animal feed*. Maryland. USA, Gaithersburg.
- AOAC 984.13. (1995). *Official Method 984.13 Protein (Crude) in Animal Feed and Pet Food*. Maryland. USA, Gaithersburg.
- Apple, J. K. & Yancey, J. W. (2013). Water-Holding Capacity of Meat. Em *The Science of Meat Quality* (pp. 119–145). John Wiley; Sons, Ltd.
- Ara, I., Harrison, M. T., Whitehead, J., Waldner, F., Bridle, K., Gilfedder, L., Marques da Silva, J., Marques, F. & Rawnsley, R. (2020). Modelling seasonal pasture growth and botanical composition at the paddock scale with satellite imagery. *in silico Plants*, 3(1), 1–15.
- Archontoulis, S. V. & Miguez, F. E. (2015). Nonlinear Regression Models and Applications in Agricultural Research. *Agronomy Journal*, 107(2), 786–798.

- Atlihan, R., Kasap, İ., Özgökçe, M. S., Polat-Akköprü, E. & Chi, H. (2017). Population Growth of *Dysaphis pyri* (Hemiptera: Aphididae) on Different Pear Cultivars With Discussion on Curve Fitting in Life Table Studies. *Journal of Economic Entomology*, 110(4), 1890–1898.
- Avdiu, B., Aliu, S., Fetahu, D. & Rusinovic, I. (2018). The floristic composition of the natural pastures in massive of Novobërda. *Agriculture & Forestry*, 64(4), 235–241.
- Azevedo, J. & Teixeira, A. (1988). Comportamiento productivo de ovinos en una pradera de secano en el Nordeste Trasmontano de Portugal.
- Bacaër, N. (2011). *A short history of mathematical population dynamics*. London, Springer Science; Business Media.
- Baldassini, W., Machado Neto, O., Fernandes, T., de Paula Ament, H., Luz, M., Santiago, B., Curi, R. & Chardulo, L. (2021). Testing different devices to assess the meat tenderness: preliminary results. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2441–2446.
- Barbero, L. M., Prado, T. F., Basso, K. C., Lima, L. A., Motta, K. M., Krüger, B. C., Neto, L. R. M. & da Silva, G. A. S. (2013). Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. *Veterinária Notícias*, 19(2).
- Barkia, I., Saari, N. & Manning, S. (2019). Microalgae for high-value products towards human health and nutrition. *Marine Drugs*, 17(5).
- Barón, C., dos Santos-Donado, P., Ramos, P., Donado-Pestana, C., Delgado, E. & Contreras-Castillo, C. (2021). Influence of ultimate pH on biochemistry and quality of Longissimus lumborum steaks from Nellore bulls during ageing. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Barrocas, G., Tanure, J. & Gomes, R. (2017). Análises bromatológicas para determinação da qualidade nutricional de forrageiras – Compêndio de POPs. *Embrapa*.
- Bates, D. & Watts, D. (2007). *Nonlinear regression analysis and its applications*. New York, Wiley Ser. Probab. Stat. John Wiley; Sons.
- Bates, D. (2016). *NISTnls: Nonlinear least squares examples from NIST* [R package version 0.9-13]. R package version 0.9-13. Gaithersburg, Maryland.
- Belitz, H.-D., Grosch, W. & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4th revise). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Belo, C. C. (2019). Pastagens e Pastoreio – Valor Nutritivo e Alimentar. *AGROTEC - Prados, Pastagens e Forragens*, 27–29.
- Belo, C. C., Ribeiro, J., Marques, M., Moreira, O., Fernandes, M., Castelo Branco, M. & Belo, A. (2018). Parâmetros de pastoreio e indicadores metabólicos de ovelhas em pastagens de sequeiro no alentejo. I - produtividade, valor nutritivo e carga animal de pastagem natural e semeada. *Pastagens e Forragens*, 35/38, 22–43.
- Bem, C. M. d., Filho, A. C., Carini, F. & Pezzini, R. V. (2020). Univariate and multivariate nonlinear models in productive traits of the sunn hemp. *Revista Ciência Agronômica*, 51(1), 1–10.
- Benzekry, S., Lamont, C., Beheshti, A., Tracz, A., Ebos, J., Hlatky, L. & Hahnfeldt, P. (2014). Classical Mathematical Models for Description and Prediction of Experimental Tumor Growth. *PLoS Comput Biol*, 10(8), 1–19.
- Braden, K. W., Blanton, J., J. R., Montgomery, J. L., van Santen, E., Allen, V. G. & Miller, M. F. (2007). Tasco supplementation: Effects on carcass characteristics, sensory attributes, and retail display shelf-life¹. *Journal of Animal Science*, 85(3), 754–768.
- Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1979). A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. *Econometrica*, 47(5), 1287–1294.
- Brody, S. (1945). *Bioenergetics and Growth*. New York, Reinhold Publications.
- Burnett, V. F., Jacobs, J. L., Norng, S. & Ponnampalam, E. N. (2016). Feed intake, liveweight gain and carcass traits of lambs offered pelleted annual pasture hay supplemented with flaxseed (*Linum usitatissimum*) flakes or algae (*Schizochytrium* sp.) *Animal Production Science*, 57(5), 877–883.
- Burnham, K. & Anderson, D. R. (2003). Model selection and multimodel inference : a practical information-theoretic approach. *Journal of Wildlife Management*, 67, 655.
- Cadavez, V., Popova, T., Bermúdez, R., Osoro, K., Purriños, L., Bodas, R., Lorenzo, J. M. & Gonzales-Barron, U. (2020). Compositional attributes and fatty acid profile of lamb meat from Iberian local breeds. *Small Ruminant Research*, 193, 106244.
- Cadavez, V., Santos, V. & Silva, s. (2007). Avaliação sensorial da carne de borrego. Em S. Silva, V. Cadavez & J. Azevedo (Eds.), *CARCAÇA E CARNE DE BORREGO E CABRITO: Avaliação da qualidade e da composição* (pp. 27–44). Vila-Real, Serviços Gráficos - UTAD.

- Cadavez, V. & Silva, S. (2007). Classificação de carcaças de ovinos. Em S. Silva, V. Cadavez & J. Azevedo (Eds.), *CARCAÇA E CARNE DE BORREGO E CABRITO: Avaliação da qualidade e da composição* (pp. 45–59). Vila-Real, Serviços Gráficos - UTAD.
- Caldeira, D., Amorim, I., Costa, M. & Aguiar, O. (2011). Estudo da composição florística de espécies arbóreas para recomposição de matas ripárias, Em *II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Londrina-PR, Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais.
- Camacho, F., Macedo, A. & Malcata, F. (2019). Potential Industrial Applications and Commercialization of Microalgae in the Functional Food and Feed Industries: A Short Review. *Marine Drugs*, 17(6).
- Carlier, L., Rotar, I., Vlahova, M. & Vidican, R. (2009). Importance and functions of grasslands. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(1), 25–30.
- Carlos, J., Teresa, M., Osório, M. & Sañudo, C. (2009). Características sensoriais da carne ovina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(9), 292–300.
- Carvalho, S., Vergueiro, A., Kieling, R., Teixeira, R. C., Pivato, J., Viero, R. & Cruz, A. N. d. (2005). Avaliação da suplementação concentrada em pastagem de Tifton-85 sobre os componentes não carcaça de cordeiros. *Ciência rural*, 35, 435–439.
- Cassar-Malek, I. & Picard, B. (2016). Expression Marker-Based Strategy to Improve Beef Quality. *Scientific World Journal*, 2016.
- Castro, M. (2009). Silvopastoral Systems in Portugal: Current Status and Future Prospects. Em A. Rigueiro-Rodríguez, J. McAdam & M. R. Mosquera-Losada (Eds.), *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects* (pp. 111–126). Dordrecht, Springer Netherlands.
- Castro, M. (2016). Sistemas de produção animal em regiões de montanha em Portugal (J. Azevedo, V. Cadavez, M. Arrobas & J. Pires, Eds.). Em J. Azevedo, V. Cadavez, M. Arrobas & J. Pires (Eds.), *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: realidades e desafios*. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.
- Castro, M., Teixeira, A. & Fernández-Núñez, E. (2021). The nutritive value of different Mediterranean browse species used as animal feeds under oak silvopastoral systems in Northern Portugal, 95(2), 269–278.

- Chatterjee, T., Chatterjee, B. K., Majumdar, D. & Chakrabarti, P. (2015). Antibacterial effect of silver nanoparticles and the modeling of bacterial growth kinetics using a modified Gompertz model. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1850(2), 299–306.
- Chu, W.-L. (2012). Review Article: Biotechnological applications of microalgae. *International e-Journal of Science*, 6(1), 24–37.
- CIE. (1978). International commission on illumination, recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. *Paris (France)*, Supplement No. 15 to CIE publication No. 15 (E-1.3.1) 1971/(TO-1.3). Bureau Central de la CIE.
- Clipes, R. C., Silva, J. F., Detmann, E. & Vásquez, H. M. (2006). Composição químico-bromatológica da forragem durante o período de ocupação em pastagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) e capim-mombaça (*Panicum maximum*, Jacq) sob manejo rotacionado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58(5), 868–876.
- Colbert, J., Schuckers, M., Fekedulegn, D., Rentch, J., MacSiúrtáin, M. & Gottschalk, K. (2004). Individual tree basal-area growth parameter estimates for four models. *Ecological Modelling*, 174(1), 115–126.
- Correia, C. F. S. (2018). *Produção Extensiva de Animais: uma ferramenta de gestão do território*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto.
- Cortés, R. (2020). Manejo óptimo del pastoreo en el trópico bajo, punto de partida para mejorar la rentabilidad de la explotación. *Saenzfety*.
- Costa, N., Magalhães, J., Townsend, C. & Paulino, V. (2004). *Fisiologia e manejo de plantas forrageiras*. Embrapa. Porto Velho.
- Coulon, J. B. & Priolo, A. (2002). La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. *Productions animales*, 15(5), 333–342.
- Crespo, D. G. (2011). Em tempos de crise qual o papel das pastagens e forragens no desenvolvimento da agricultura? *AGROTEC*.
- Cruz, B., Cerqueira, J., Araújo, J., Gonzales-Barron, U. & Cadavez, V. (2019). Study of Growth Performance of Churra-galega-Bragança and Bordaleira-de-Entre-

- Douro-e-Minho Lamb Breeds. XVIII Jornadas Sobre Producción Animal, Zaragoza, España, 7 Y 8 De Mayo De 2019, 66–68.
- Cunha, M. d. G. G., Carvalho, F. F. R. d., Gonzaga Neto, S. & Cezar, M. F. (2008). Características quantitativas de carcaça de ovinos Santa Inês confinados alimentados com rações contendo diferentes níveis de caroço de algodão integral. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(6), 1112–1120.
- De Jesus Raposo, M. F., De Moraes, R. M. S. C. & De Moraes, A. M. M. B. (2013). Bioactivity and applications of sulphated polysaccharides from marine microalgae. *Marine Drugs*, 11(1), 233–252.
- De la Fuente, J., Sánchez, M., Pérez, C., Lauzurica, S., Vieira, C., González de Chávarri, E. & Díaz, M. (2010). Physiological response and carcass and meat quality of suckling lambs in relation to transport time and stocking density during transport by road. *Animal*, 4(2), 250–258.
- Dentino, M. & Ribeiro, J. (1992). The nutritive value of three consecutive cuts of non irrigated lucerne (*medicago sativa*, l.), Em *Livestock in the Mediterranean cereal production systems: Proceedings of the joint ANPA - EAAP - ICAMAS Symposium*, Wageningen, Pudoc Scientific Publishers.
- DGAV. (2019). Bordaleira de Entre Douro e Minho: Raça autóctone. *Lisboa*.
- Díaz, M., Pérez, C., Sánchez, C., Lauzurica, S., Cañeque, V., González, C. & De La Fuente, J. (2017). Feeding microalgae increases omega 3 fatty acids of fat deposits and muscles in light lambs. *Journal of Food Composition and Analysis*, 56, 115–123.
- Díaz-Ambrona, C., Valderrama, J. & Sogo, Y. (2011). Modelos para la simulación dinámica del crecimiento y desarrollo de pastos. *Pastos*, 2(42), 127–162.
- Diel, M. I., Lúcio, A. D., Sari, B. G., Olivoto, T., Pinheiro, M. V. M., Krysczum, D. K., Melo, P. J. d. & Schmidt, D. (2021). Behavior of strawberry production with growth models: a multivariate approach. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43(2), 1–11.
- Duble, R. L., Lancaster, J. A. & Holt, E. C. (1971). Forage Characteristics Limiting Animal Performance on Warm-season Perennial Grasses¹. *Agronomy Journal*, 63(5), 795–798.
- Durbin, J. & Watson, G. (1950). Testing for serial correlation in least squares regression. *Biometrika*, 37(3-4), 409–428.

- Echegaray, N., Domínguez, R., Cadavez, V. A., Bermúdez, R., Pateiro, M., Gonzales-Barron, U. & Lorenzo, J. M. (2021). Influence of feeding system on Longissimus thoracis et lumborum volatile compounds of an Iberian local lamb breed. *Small Ruminant Research*, 201, 106417.
- Elzhov, T. V., Mullen, K. M., Spiess, A.-N. & Bolker, B. (2016). *minpack.lm: R Interface to the Levenberg-Marquardt Nonlinear Least-Squares Algorithm Found in MINPACK, Plus Support for Bounds* [R package version 1.2-1]. R package version 1.2-1.
- Elzhov, T. V., Mullen, K. M., Spiess, A.-N., Bolker, B., Mullen, M. K. M. & Suggests, M. (2016). Package ‘minpack.lm’. *Title R Interface Levenberg-Marquardt Nonlinear Least-Sq. Algorithm Found MINPACK Plus Support Bounds*.
- Espigares, T. & Peco, B. (1995). Mediterranean Annual Pasture Dynamics: Impact of Autumn Drought. *Journal of Ecology*, 83(1), 135–142.
- EU. (2010). Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010, on the protection of animals used for scientific purposes. *Official J Eur Commun* 2010, 276, 33–79.
- FAO. (2005). *Grasslands of the World*. Rome.
- FAO. (2014). *FAO STATISTICAL YEARBOOK 2014. Europe and Central Asia Food and Agriculture* (Vol. 5). Budapest, Food; Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Europe; Central Asia.
- Favarin, J., Neto, D., Garcia, A., Nova, N. & Favarin, M. (2002). Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(6), 769–773.
- Fekedulegn, D., Mac Siurtain, M. P. & Colbert, J. J. (1999). Parameter Estimation of Nonlinear Models in Forestry. *Silva Fennica*, 33(4), 327–336.
- Fernández Nuñez, E., Rodrigues, M. A., Arrobas, M., Aguiar, C. F., Cuiña-Cotarelo, R., Mosquera-Losada, M. R., Rigueiro-Rodríguez, A., Moreira, N. & Pires, J. M. (2012). Fertilização de pastagens de sequeiro em modo de produção biológico (Centro de Investigação de Montanha, Ed.). Em Centro de Investigação de Montanha (Ed.), *Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012*. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.

- Fischer, K. (2007). Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 124(s1), 12–18.
- France, J. & Thornley, J. (1984). *Mathematical Models in Agriculture*. London, Butterworth; CO Ltd.
- Francisco, A. E., Janíček, M., Dentinho, T., Portugal, A. P., Almeida, J. M., Alves, S. P., Fialho, L., Jerónimo, E., Bessa, R. J. & Santos-Silva, J. (2020). Effects of alfalfa particle size and starch content in diets on feeding behaviour, intake, rumen parameters, animal performance and meat quality of growing lambs. *Meat Science*, 161, 107964.
- Fraser, M., Speijers, M., Theobald, V., Fychan, R. & Jones, R. (2004). Production performance and meat quality of grazing lambs finished on red clover, lucerne or perennial ryegrass swards. *Grass and Forage Science*, 59(4), 345–356.
- Freixial, R. & Barros, J. (2012). Pastagens. *Texto de apoio para as Unidades Curriculares de Sistemas e Tecnologias Agropecuários, Noções Básicas de Agricultura e Tecnologia do Solo e das Culturas*, Universidade de Évora.
- Friddle, M. (2018). Plant guide for subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) USDA-Natural Resources Conservation Service, Corvallis Plant Materials Center, Corvallis, OR.
- Fuente-vázquez, J. D., Díaz-díaz-chirón, M. T., Pérez-marcos, C., Cañeque-martínez, V., Sánchez-gonzález, C. I., Álvarez-acero, I., Fernández-bermejo, C., Rivas-cañedo, A. & Lauzurica-gómez, S. (2014). Linseed , microalgae or fish oil dietary supplementation affects performance and quality characteristics of light lambs, 12(2), 436–447.
- Gallo, S. B., Arrigoni, M. d. B., Lemos, A. L. d. S. C., Haguiwara, M. M. H. & Bezerra, H. V. A. (2019). Influence of lamb finishing system on animal performance and meat quality. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 41(1), 1–8.
- Gaona, C., Estéves, V., Rodríguez, M., Luque, J., Castillo, C. & Moreno, C. (2013). Estudio de los pastos en Andalucía y Castilla-La Mancha y su aprovechamiento racional con ganado ecológico. *Pastorea - Desarrollo de cadenas de valor en la granadería ecológica*.

- Gardenghi, J. & Santos, S. (2013). Métodos de regiões de confiança para resolução do problema de quadrados mínimos: implementação e testes numéricos. *Tend. Mat. Apl. Comput.*, 14(01), 69–80.
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.-F. & Culioli, J. (2001). Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction Nutrition Development*, 41(1), 1–26.
- Goes, R., Silva, L. & Souza, K. (2013). *Alimentos e Alimentação Animal* (Editora UFGD, Ed.).
- Gompertz, B. (1825). XXIV. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. In a letter to Francis Baily, Esq.F.R.S.&c. *Phil. Trans. Royal Society*, 115, 513–583.
- Gonçalves, D. A., Figueiredo, T. d., Ribeiro, A. C. & Leite, S. M. (2016). A geografia e o clima das montanhas ibéricas (J. Azevedo, V. Cadavez, M. Arrobas & J. Pires, Eds.). Em J. Azevedo, V. Cadavez, M. Arrobas & J. Pires (Eds.), *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: realidades e desafios*. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.
- Gonçalves, F. M. d. V. (2015). *Estudo comparativo de leguminosas pratenses anuais*. Dissertação de Mestrado. ISA-Universidade de Lisboa.
- Gonzales-Barron, U. & Cadavez, V. (2019). *Handbook of Predictive Microbiology Growth Models Using R*. Bragança, Centro de Investigação de Montanha - Instituto Politécnico de Bragança.
- Gonzales-Barron, U., Santos-Rodrigues, G., Piedra, R. B., Coelho-Fernandes, S., Osoro, K., Celaya, R., Maurício, R. S., Pires, J., Tolsdorf, A., Geß, A., Chiesa, F., Patteiro, M., Brugiapaglia, A., Bodas, R., Baratta, M., Lorenzo, J. M. & Cadavez, V. (2021). Quality attributes of lamb meat from European breeds: Effects of intrinsic properties and storage. *Small Ruminant Research*, 198, 106354.
- Gonzalez-Rivas, P. A., Chauhan, S. S., Ha, M., Fegan, N., Dunshea, F. R. & Warner, R. D. (2020). Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. *Meat Science*, 162, 108025.
- Guedes, C., Rodrigues, M. & Santos, V. (2007). O efeito da alimentação na composição e na qualidade da carcaça e da carne de borregos e cabritos. Em S. Silva, V. Ca-

- davez & J. Azevedo (Eds.), *CARCAÇA E CARNE DE BORREGO E CABRITO: Avaliação da qualidade e da composição* (pp. 63–98). Vila-Real, Serviços Gráficos - UTAD.
- Guedes, M., Muniz, J., Perez, J., Silva, F., Aquino, L. H. d. & Santos, C. L. d. (2004). Estudo das curvas de crescimento de cordeiros das raças santa inês e bergamácia considerando heterogeneidade de variâncias. *Ciência e Agrotecnologia*, 28, 381–388.
- Guerrero, A., Campo, M., Olleta, J. L., Resconi, V. C., Muela, E. & Sañudo, C. (2015). Estudio comparativo de la calidad de la canal y la carne de lechales de raza Churra Tensina y dos tipos ovinos comerciales amparados bajo marcas de calidad. *Archivos de Zootecnia*, 64(247), 211–220.
- Guerrero, A., Velandia Valero, M., Campo, M. M. & Sañudo, C. (2013). Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. Review. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 35, 335–347.
- Haddad, S. (2005). Effect of dietary forage:concentrate ratio on growth performance and carcass characteristics of growing Baladi kids. *Small Ruminant Research*, 57(1), 43–49.
- Halle, I., Janczyk, P., Freyer, G. & Souffrant, W. (2009). Effect of microalgae *Chlorella vulgaris* on laying hen performance. *Archiva Zootechnica*, 12, 5–13.
- Hashem, A., Shaker, Y., Abdel-Fattah, M., Amer, H. & Ellamei, A. (2013). Effect of weaning age on growth performance and carcass traits of barki lambs in Siwa Oasis, Egypt. *World Applied Sciences Journal*, 21(7), 975–982.
- Herath, H., Pain, S., Kenyon, P., Blair, H. & Morel, P. (2021). Effect of dietary protein to energy ratio on growth performance of pre-and post-weaned lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 272, 114787.
- Hocquette, J., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C. & Pethick, D. (2010). Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4(2), 303–319.
- Holman, B., Alvarenga, T., van de Ven, R. & Hopkins, D. (2015). A comparison of technical replicate (cuts) effect on lamb Warner–Bratzler shear force measurement precision. *Meat Science*, 105, 93–95.

- Honikel, K. & Hamm, R. (1994). Measurement of water-holding capacity and juiciness, Em *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. Springer.
- Hopkins, D., Clayton, E., Lamb, T., Van de Ven, R., Refshauge, G., Kerr, M., Bailes, K., Lewandowski, P. & Ponnampalam, E. (2014). The impact of supplementing lambs with algae on growth, meat traits and oxidative status. *Meat Science*, 98(2), 135–141.
- Horwitz, W. Et al. (2010). *Official methods of analysis of AOAC International. Volume I, agricultural chemicals, contaminants, drugs/edited by William Horwitz*. Gaithersburg (Maryland): AOAC International, 1997.
- Huet, S., Bouvier, A., Gruet, M. A. & Jolivet, E. (2004). *Statistical Tools for Nonlinear Regression - A Practical Guide With S-PLUS and R Examples* (Second). New York, Springer-Verlag.
- Huff-Lonergan, E., Zhang, W. & Lonergan, S. (2010). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat science*, 86, 184–95.
- Hurtado-Uria, C., Hennessy, D., Shalloo, L., Schulte, R. P. O., Delaby, L. & O’connor, D. (2013). Evaluation of three grass growth models to predict grass growth in Ireland. *The Journal of Agricultural Science*, 151(1), 91–104.
- Ijaz, M., Li, X., Zhang, D., Hussain, Z., Ren, C., Bai, Y. & Zheng, X. (2020). Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. *Meat Science*, 161, 107954.
- INE. (2016). Instituto Nacional de Estatística, I. P. Lisboa.
- IPMA. (2021). *Ficha Climatológica 1971-2000*. Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Bragança.
- Ivanovic, S., Nesic, K., Pisinov, B. & Pavlovic, I. (2016). The impact of diet on the quality of fresh meat and smoked ham in goat. *Small Ruminant Research*, 138, 53–59.
- Jane, S. A., Fernandes, F. A., Silva, E. M., Muniz, J. A. & Fernandes, T. J. (2019). Comparison of polynomial and nonlinear models on description of pepper growth. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(4), 1–7.
- Jane, S. A., Fernandes, F. A., Silva, E. M., Muniz, J. A., Fernandes, T. J. & Pimentel, G. V. (2020). Adjusting the growth curve of sugarcane varieties using nonlinear models. *Cienc. Rural*, 50(3), 1–10.

- Jensen, A., Khan, M., Knol, F., Peterson, S., Morel, P., McKenzie, C., Stevens, D. & McCoard, S. (2017). How does feeding meal affect growth of artificially reared East Friesian-cross dairy lambs. *New Zealand Soc. Animal Product.*, 13–17.
- Jongen, M., Hellmann, C. & Unger, S. (2015). Species-specific adaptations explain resilience of herbaceous understorey to increased precipitation variability in a Mediterranean oak woodland. *Ecology and Evolution*, 5(19), 4246–4262.
- Kang, H., Salim, H., Akter, N., Kim, D., Kim, J., Bang, H., Kim, M., Na, J., Hwangbo, J., Choi, H. & Suh, O. (2013). Effect of various forms of dietary *Chlorella* supplementation on growth performance, immune characteristics, and intestinal microflora population of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(1), 100–108.
- Karadavut, U., Kökten, K. & Kavurmacı, Z. (2010). Comparison of relative growth rates in silage corn cultivars. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5(3), 223–228.
- Katayama, M., Fukuda, T., Okamura, T., Suzuki, E., Tamura, K., Shimizu, Y., Suda, Y. & Suzuki, K. (2011). Effect of dietary addition of seaweed and licorice on the immune performance of pigs. *Animal science journal = Nihon chikusan Gakkaiho*, 82(2), 274–281.
- Khamis, A., Ismail, Z., Khalid Haron & Mohammed, A. T. (2005). Nonlinear Growth Models for Modeling Oil Palm Yield Growth. *Journal of Mathematics and Statistics*, 1(3), 225–233.
- Khatun, N. (2021). Applications of Normality Test in Statistical Analysis. *Open Journal of Statistics*, 11(01), 113–122.
- Kirkwood, T. B. L. (2015). Deciphering death: a commentary on Gompertz (1825) ‘On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies’. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1666), 20140379.
- Kleinpaul, J. A., Filho, A. C., Silveira, D. L., Neu, I. M. M., Bandeira, C. T. & Provedi, A. (2018). Nonlinear Models for Plant Height of Rye Cultivars at Sowing Times. *Journal of Agricultural Science*, 10(12), 157–170.
- Kovač, D., Simeunović, J., Babić, O., Mišan, A. Č. & Milovanović, I. L. (2013). Algae in food and feed. *Food and Feed Research*, 40(1), 21–31.

- Lopes, V., Nogueira, A. & Fernandes, A. (2006). Cultura de azevém anual. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Lorenzo, J. M. (2020). Grand Challenges in Product Quality. *Frontiers in Animal Science*, 1, 1.
- Luo, L., Guo, D., Zhou, G. & Chen, K. (2018). An investigation on the relationship among marbling features, physiological age and Warner–Bratzler Shear force of steer longissimus dorsi muscle. *Journal of Food Science and Technology*, 55(4), 1569–1574.
- Macedo Júnior, G., Zanine, A., Borges, I. & Pérez, J. (2007). Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. *Ciência Animal*, 17(1), 7–17.
- Madeira, M., Cardoso, C., Lopes, P., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N. & Prates, J. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. *Livestock Science*, 205, 111–121.
- Madeira, M. & Monteiro, F. (2004). A Base de Referência para os Solos do Mundo e a Classificação dos Solos de Portugal. *Revista de Ciencias Agrarias*, 27, 13–23.
- Mahanta, D. J. & Borah, M. (2016). Parameter Estimation of Weibull Growth Models in Forestry. *International Journal of Mathematics Trends and Technology*, 8(3), 157–163.
- Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F. & Ankers, P. (2015). Seaweeds for livestock diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 212, 1–17.
- Maltin, C., Balcerzak, D., Tilley, R. & Delday, M. (2003). Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 337–347.
- Mancini, R. & Hunt, M. (2005). Current research in meat color [51st International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST)]. *Meat Science*, 71(1), 100–121.
- Martins, A. (2015). *Avaliação quantitativa e qualitativa da variabilidade espacial de uma pastagem melhorada de sequeiro no Alentejo*. Dissertação de Mestrado. ISA-Universidade de Lisboa.
- Martins, C. A. (2017). *Efeito do pH final sobre a qualidade da carne de bovinos da raça Nelore* (tese de doutoramento). Dissertação de Mestrado. ISA. Universidade de Lisboa.

- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L. & Wilkinson, R. (2010). *Animal nutrition* (7th). Pearson.
- McGeehin, B., Sheridan, J. & Butler, F. (2001). Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. *Meat Science*, 58(1), 79–84.
- Moller, J. (2008). Animal feeding stuff : Global Standard for the Determination of Acid Detergent Fibre (ADF) and Lignin. *Foss*, (5), 7–9.
- Monção, F. P., Rigueira, J. P. S., de Sales, E. C. J., Leal, D. B., Chamone, J. M. d. A., Silva, J. T. & Leite, G. D. O. (2019). Utilização De Fungos Em Forrageiras E Na Alimentação De Ruminantes. *Science And Animal Health*, 6(2), 173.
- Monteiro, A., Ribeiro, S., Vasconcelos, T., Costa, J. C., Simões, M. F., Simões, F. F., Falcão, L., Martins, C. & Freire, J. B. (2014). *Plantas Forrageiras de Pastagens de Altitude* (Série Didá, Vol. 4). Lisboa, ISAPress.
- Monteiro, M. & Figueiredo, T. (2009). Geografia: Terra sulcada de rios e inundada de Cores (A. Fernades & R. Miranda, Eds.). Em A. Fernades & R. Miranda (Eds.), *Bragança Marca a História, a História Marca Bragança*. Bragança, Arte e Edições, Lda.
- Morais, E. O. d., Ribeiro, K. d. L., Veloso, R. B. & Veloso, M. d. D. M. (2020). Application of linear and nonlinear regression models for biomass and carbon stock volume estimates. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 45621–45632.
- Mordenti, A., Sardi, L., Bonaldo, A., Pizzamiglio, V., Brogna, N., Cipollini, I., Tassinari, M. & Zaghini, G. (2010). Influence of marine algae (*Schizochytrium spp.*) dietary supplementation on doe performance and progeny meat quality. *Livestock Science*, 128(1), 179–184.
- Moreira, N. (2002). *Agronomia das Pastagens e Forragens* (UTAD, Ed.). Vila Real, UTAD.
- Mota, C. (2020). *One food : A holistic approach to algae as feed to different animal models*. PhD Thesis. University of Porto.
- Nahashon, S., Aggrey, S., Adefope, N., Amenyenu, A. & Wright, D. (2006). Growth Characteristics of Pearl Gray Guinea Fowl as Predicted by the Richards, Gompertz, and Logistic Models. *Poultry Science*, 85(2), 359–363.
- Naqvi, Z., Thomson, P., Ha, M., Campbell, M., McGill, D., Friend, M. & Warner, R. (2021). Effect of sous vide cooking and ageing on tenderness and water-holding capacity of low-value beef muscles from young and older animals. *Meat Science*, 175.

- Nascimento, M. d. S. (2014). *Modelos Não Lineares Na Descrição Do Crescimento de Frutos de Cacaueiros*. São Paulo.
- Nichols, P. G. H. (2004). *Evolution in sown mixtures of subterranean clover (Trifolium subterraneum L.)* (tese de doutoramento). PhD Thesis. University of Western Australia.
- Núñez-Sánchez, N., Avilés Ramírez, C., Peña Blanco, F., Gómez-Cortés, P., de la Fuente, M., Vioque Amor, M., Horcada Ibáñez, A. & Martínez Marín, A. (2021). Effects of algae meal supplementation in feedlot lambs with competent reticular groove reflex on growth performance, carcass traits and meat characteristics. *Foods*, 10(4).
- Okab, A. B., Samara, E. M., Abdoun, K. A., Rafay, J., Ondruska, L., Parkanyi, V., Pivko, J., Ayoub, M. A., Al-Haidary, A. A., Aljumaah, R. S., Peter, M. & Lukac, N. (2013). Effects of dietary seaweed (*Ulva lactuca*) supplementation on the reproductive performance of buck and doe rabbits. *Journal of Applied Animal Research*, 41(3), 347–355.
- Oliveira, C., Pedrosa, S., Barbosa, E., Dantas, R., Leite, J. V., Brito, N. V., Arranz, J. J. & Bayón, Y. (2005). Caracterização genética das raças ovinas Bordaleira de Entre Douro e Minho e Serra da Estrela: DNA nuclear e mitocondrial. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 100, 175–180.
- Oliveira, F., Moreno, G., López, L. & Cunha, M. (2007). Origem, Distribuição e Funções dos Sistemas Agro-florestais. *Pastagens e Forragens*, 28, 93–115.
- O’Sullivan, L., Murphy, B., McLoughlin, P., Duggan, P., Lawlor, P. G., Hughes, H. & Gardiner, G. E. (2010). Prebiotics from Marine Macroalgae for Human and Animal Health Applications. *Marine Drugs*, 8(7), 2038–2064.
- Paine, C. E. T., Marthews, T. R., Vogt, D. R., Purves, D., Rees, M., Hector, A. & Turnbull, L. A. (2012). How to fit nonlinear plant growth models and calculate growth rates: an update for ecologists. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2), 245–256.
- Pardo, E. & García, C. R. (1991). *Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento*. Madrid, Mundi-Prensa.
- Parrini, S., Sirtori, F., Acciaioli, A., Becciolini, V., Croveti, A., Bonelli, A., Franci, O. & Bozzi, R. (2021). Effect of farming system on meat traits of native Massese suckling lamb. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 71–83.

- Patil, I. (2021a). statsExpressions: R Package for Tidy Dataframes and Expressions with Statistical Details. *Journal of Open Source Software*, 6(61), 3236.
- Patil, I. (2021b). Visualizations with statistical details: The 'ggstatsplot' approach. *Journal of Open Source Software*, 6(61), 3167.
- Peco, B. & Espigares, T. (1994). Floristic fluctuations in annual pastures : the role of competition at the regeneration stage. *Journal of Vegetation Science*, 5, 457–462.
- Peratoner, G. & Pötsch, E. M. (2019). Methods to describe the botanical composition of vegetation in grassland research. *Journal of Land Management, Food and Environment*, 70(1), 1–18.
- Pires, J. M., Fernandes, A., Pires, J. & Moreira, N. (2004). Pasture improvement in the Mediterranean mountains of Northeastern Portugal: Yield and botanical composition. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62, 457–461.
- Pires, J. M., Fernández Nuñez, E., Fernandes, A., Pires, J., Bernardo, A., Aguiar, C. F., Galvão, L. & Moreira, N. (2012). Produção e valor nutritivo de pastagens de Montanha (Centro de Investigação de Montanha, Ed.). Em Centro de Investigação de Montanha (Ed.), *Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012*. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.
- Plaza, M., Cifuentes, A. & Ibáñez, E. (2008). In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science and Technology*, 19(1), 31–39.
- Pornaro, C., Basso, E. & Macolino, S. (2019). Pasture botanical composition and forage quality at farm scale: A case study. *Italian Journal of Agronomy*, 14(4), 214–221.
- Pornaro, C., Schneider, M. K., Leinauer, B. & Macolino, S. (2017). Above- and below-ground patterns in a subalpine grassland-shrub mosaic. *Plant Biosystems*, 151(3), 493–503.
- R Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Ramos, E. M. & Gomide, L. A. M. (2007). *Avaliação da qualidade de carnes, fundamentos e metodologias* (1ª ed.). Viçosa, UFV.
- Raposo, M. F. d. J., De Moraes, A. M. M. B. & De Moraes, R. M. S. C. (2016). Emergent Sources of Prebiotics: Seaweeds and Microalgae. *Marine Drugs*, 14(2).
- Ratkowsky, D. A. (1983). *Nonlinear Regression Modeling*. New York, Marcel Dekker.

- Ratkowsky, D. A., Olley, J., McMeekin, T. A. & Ball, A. (1982). Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures. *Journal of Bacteriology*, 149(1), 1–5.
- Rayburn, E. B. & Griggs, T. C. (2020). Light Interception and the Growth of Pastures under Ideal and Stressful Growing Conditions on the Allegheny Plateau. *Plants*, 9(6), 1–19.
- Reiné, R., Ascaso, J. & Barrantes, O. (2020). Nutritional quality of plant species in pyrenean hay meadows of high diversity. *Agronomy*, 10(6), 1–23.
- Revilla, I., Vivar-Quintana, A., Palacios, C., Martínez-Martín, I. & Hernández-Jiménez, M. (2021). Effects of rearing system (organic and conventional) and breed (Churra and Castellana) on fatty acid composition and sensory characteristics of suckling lamb meat produced in north-west Spain. *Biological Agriculture & Horticulture*, 37(1), 25–39.
- Ribeiro, F. A., Lau, S. K., Furbeck, R. A., Herrera, N. J., Henriott, M. L., Bland, N. A., Fernando, S. C., Subbiah, J., Sullivan, G. A. & Calkins, C. R. (2021). Ultimate pH effects on dry-aged beef quality. *Meat Science*, 172, 108365.
- Ribeiro, T., Lordelo, M., Costa, P., Alves, S., Benevides, W., Bessa, R., Cardoso Lemos, J. P., Pinto, R., Ferreira, L., Fontes, C. & Prates, J. (2014). Effect of reduced dietary protein and supplementation with a docosahexaenoic acid product on broiler performance and meat quality. *British poultry science*, 55, 752–765.
- Ribeiro, T., Mattos, R., Morais, A. & Augusto, M. (2018). Description of the growth of pequi fruits by nonlinear models. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40, 1–11.
- Ricklefs, R. E. (1967). A Graphical Method of Fitting Equations to Growth Curves. *Ecological Society of America*, 48(6), 978–983.
- Ritz, C. & Streibig, J. C. (2005). Bioassay Analysis Using R. *Journal of Statistical Software*, 12(5), 1–22.
- Rivas-Martínez, S. (1983). Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa*, 5, 33–33.
- Rodrigues, M. Â., Ferreira, I. Q., Afonso, S., Röndahl, E., Pires, J. & Arrobas, M. (2016). Adubação com azoto, fósforo, potássio e boro numa pastagem natural (lameiro) em trás-os-montes: produção e composição elementar da matéria seca., Em XXX-VII Reunião de Primavera da SPPF - Pastagens, Forragens e Raças Autóctones;

- Estratégias de Valorização Económica na Margem Esquerda do Guadiana*, Serpa, Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens.
- Rodrigues, R. (2019). *Estudo de indicadores de qualidade da carne e do presunto do porco bísaro*. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico de Viana do Castelo.
- Román-Román, P., Román-Román, S., Serrano-Pérez, J. J. & Torres-Ruiz, F. (2016). Modeling tumor growth in the presence of a therapy with an effect on rate growth and variability by means of a modified Gompertz diffusion process. *Journal of Theoretical Biology*, 407, 1–17.
- Roque, T. (1992). *Proposta de Planeamento da Quinta do Pinheiro Manso da ESA para Exploração Pecuária de Ovinos*. ESA. Instituto Politécnico de Bragança.
- Rossignol, N., Andueza, D., Carrère, P., Cruz, P., Duru, M., Fiorelli, J.-L., Michaud, A., Plantureux, S., Pottier, E. & Baumont, R. (2014). Assessing population maturity of three perennial grass species: Influence of phenology and tiller demography along latitudinal and altitudinal gradients. *Grass and Forage Science*, 69(3), 534–548.
- Roukos, C. Et al. (2016). Seasonal and altitudinal variations in nutritional quality of kermes oak (*Quercus coccifera* L.) in northwest Greece and extensive goat farming. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(5), 804–814.
- Ruggieri, A. (2004). *Crescimento e Desenvolvimento de Plantas Forrageiras*. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo.
- Salgueiro, T. (2008). As Pastagens: Passado, Presente e Futuro. *Revista de Ciências Agrárias*, 31(1), 271–282.
- Salman, A., Ferreira, Â., Soares, J. & Souza, J. (2010). Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. *Documentos 136*. Embrapa.
- Santos, E. D. G., Paulino, M. F., Queiroz, D. S., Valadares Filho, S. d. C., da Fonseca, D. M. & Lana, R. d. P. (2004). Avaliação de pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 1. Características químico-bromatológicas da forragem durante a seca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(1), 203–213.
- Santos, T. (2018). *Avaliação quantitativa e qualitativa de pastagens e forragens numa exploração agropecuária em modo biológico na região da Flandres, Bélgica*. Dissertação de Mestrado. ISA-Universidade de Lisboa.
- Santos, V., Cadavez, V. & Silva, S. (2007). Qualidade da carne de ovinos e caprinos - Indicadores físico-químicos. Em S. Silva, V. Cadavez & J. Azevedo (Eds.), *CARCAÇA*

E CARNE DE BORREGO E CABRITO: Avaliação da qualidade e da composição (pp. 3–26). Vila-Real, Serviços Gráficos - UTAD.

- Santos-Rodrigues, G., Lorenzo, J., Gonzales-Barron, U. & Cadavez, V. (2019). Características Físico-químicas y terniza de la carne de cordero de dos razas autóctonas portuguesas, Em *XVIII Jornadas sobre Producción Animal*, Zaragoza, Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.
- Santos-Rodrigues, G. (2019). *Atributos de qualidade da carne de cordeiro de duas raças autóctones : efeitos das propriedades intrínsecas e da maturação*. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico de Bragança.
- Santos-Silva, J., Francisco, A., Alves, S. P., Portugal, P., Dentinho, T., Almeida, J., Soldado, D., Jerónimo, E. & Bessa, R. J. (2019). Effect of dietary neutral detergent fibre source on lambs growth, meat quality and biohydrogenation intermediates. *Meat Science*, 147, 28–36.
- Sañudo, C., Alfonso, M., Sánchez, A., Delfa, R. & Teixeira, A. (2000). Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. *Meat Science*, 56(1), 89–94.
- Sardi, L., Martelli, G., Lambertini, L., Parisini, P. & Mordenti, A. (2006). Effects of a dietary supplement of DHA-rich marine algae on Italian heavy pig production parameters. *Livestock Science*, 103(1), 95–103.
- Sartori, E. D., Canozzi, M. E. A., Zago, D., Prates, Ê. R., Velho, J. P., Barcellos, J. O. J. Et al. (2017). The effect of live yeast supplementation on beef cattle performance: a systematic review and meta-analysis. *J. Agric. Sci*, 9(4), 21–37.
- Schlegel, P., Wyss, U., Arrigo, Y. & Hess, H. (2016). Mineral concentrations of fresh herbage from mixed grassland as influenced by botanical composition, harvest time and growth stage. *Animal Feed Science and Technology*, 219, 226–233.
- Schlei, K. P., Reiter, M. G. R., Bertoli, S. L., Licodiedoff, S., Carvalho, L. F. d. & Souza, C. K. d. (2018). The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family. *Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, 10, 52–68.
- Shahidi, F. & Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9, 345–381.

- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591–611.
- Sieklicki, M. D. F., Pedrosa, V. B., Rocha, C. G., Moreira, R. P., Falcão, P. R., dos Santos, I. C., Ferreira, E. M. & Martins, A. D. S. (2018). Growth Curves of Texel Male Lambs. *Acta Scientiae Veterinariae*, 44(1), 6.
- Simioni, T. A., Gomes, F. J., Teixeira, U. H. G., Fernandes, G. A., Botini, L. A., Mousquer, C. J., de Castro, W. J. R. & Hoffmann, A. (2014). Potencialidade da consorciação de gramíneas e leguminosas forrageiras em pastagens tropicais. *PUBVET*, 8, 1551–1697.
- Simões, N., Carneiro, J. P. & Carita, T. (2016). Vantagem da melhoria das pastagens para a intensificação da produção pecuária de ruminantes. *Vida Rural*, 32–34.
- Simopoulos, A. (2004). Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio and Chronic Diseases. *Food Reviews International*, 20(1), 77–90.
- Singh, P., Kesharwani, R. K. & Keservani, R. K. (2017). Protein, Carbohydrates, and Fats: Energy Metabolism (D. Bagchi, Ed.). Em D. Bagchi (Ed.), *Sustained Energy for Enhanced Human Functions and Activity*. Elsevier.
- Stenberg, E., Karlsson, A., Öghren, C. & Segerkvist, K. A. (2020). Carcass characteristics and meat quality attributes in lambs reared indoors, on cultivated pasture, or on semi-natural pasture. *Agricultural and Food Science*, 29(5), 432–441.
- Szmańko, T., Lesiów, T. & Górecka, J. (2021). The water-holding capacity of meat: A reference analytical method. *Food Chemistry*, 357.
- Teixeira, A. (2016). Quality labels of sheep and goats meat. A fact or a fiction? [Marcas de calidad de carne de ovino y caprino ¿Un hecho o una ficción?] *Archivos de Zootecnia*, 65(251), 303–308.
- Teixeira, A., Batista, S., Delfa, R. & Cadavez, V. (2005). Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Science*, 71(3), 530–536.
- Teixeira, A., Silva, S., Guedes, C. & Rodrigues, S. (2020). Sheep and Goat Meat Processed Products Quality: A Review. *Foods*, 9(7).
- Teixeira, A., Silva, S. & Rodrigues, S. (2019). Advances in Sheep and Goat Meat Products Research. *Advances in Food and Nutrition Research*, 87, 305–370.

- Teixeira, A. & Rodrigues, S. (2019). Meat Quality, Brands and Consumer Trends. Em J. Lorenzo, P. Munekata, F. Barba & T. F (Eds.), *More than Beef, Pork and Chicken – The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet* (pp. 21–29). Springer, Cham.
- Thavasi Alagan, V., Vatsala, R. N., Sagadevan, I., Subbiah, V. & Ragothaman, V. (2020). Effect of dietary supplementation of seaweed (*Ulva lactuca*) and *Azolla* on growth performance, haematological and serum biochemical parameters of Aseel chicken. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(58), 1–9.
- Therkildsen, M., Greenwood, P., Starkey, C., McPhee, M., Walmsley, B., Siddell, J. & Gesink, G. (2021). Collagen, intramuscular fat and proteolysis affect warner-bratzler shear-force of muscles from bos taurus breed types differently at weaning, after backgrounding on pasture, and after feedlotting. *Animal Production Science*, 61(4), 432–443.
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2853–2867.
- Tjørve, E. & Tjørve, K. M. (2010). A unified approach to the Richards-model family for use in growth analyses: Why we need only two model forms. *Journal of Theoretical Biology*, 267(3), 417–425.
- Tjørve, K. M. C. & Tjørve, E. (2017). The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family. *PLOS ONE*, 12(6), 1–17.
- Tonato, F., Barioni, L. G., Pedreira, C. G. S., Dantas, O. D. & Malaquias, J. V. (2010). Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(5), 522–529.
- UN. (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables.*, Department of Economic e Social Affairs, Population Division. Working Paper Number ESA/P/WP/248.
- Urrutia, O., Mendizabal, J., Insausti, K., Soret, B., Purroy, A. & Arana, A. (2016). Effects of Addition of Linseed and Marine Algae to the Diet on Adipose Tissue Development, Fatty Acid Profile, Lipogenic Gene Expression, and Meat Quality in Lambs. *PloS one*, 11, e0156765.

- Valença, R. d. L., Silva Sobrinho, A. G., Borghi, T. H., Meza, D. A. R., de Andrade, N., Silva, L. G. & Bezerra, L. R. (2021). Performance, carcass traits, physicochemical properties and fatty acids composition of lamb's meat fed diets with marine microalgae meal (*Schizochytrium* sp.) *Livestock Science*, 243, 104387.
- Valente, L. M. P., Rema, P., Ferraro, V., Pintado, M., Sousa-Pinto, I., Cunha, L. M., Oliveira, M. B. & Araújo, M. (2015). Iodine enrichment of rainbow trout flesh by dietary supplementation with the red seaweed. *Aquaculture*, 446, 132–139.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd). New York, Cornell University Press.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. & Lewis, B. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597.
- Vaz, C. M. S. L. (2007). Ovinos: O produtor pergunta, a Embrapa responde. *Coleção 500, Perguntas 500 Respostas*, 158.
- Velthof, G. L., Lesschen, J. P., Schils, R. L. M., Smit, A., Elbersen, B. S., Hazeu, G. W., Mucher, C. A. & Oenema, O. (2014). *Grassland areas, production and use*. Wageningen, Gelderland, Alterra Wageningen UR.
- Venturini, R. S., Carvalho, S., Nalério, E. S., Giongo, C., Argenta, F. M., De Pellegrin, A. C. R. S., Moro, A. B., Martins, A. A., Simões, R. R. & Lopes, J. F. (2020). Instrumental and sensory evaluation of meat from lambs and hoggets fed high-concentrate maize or sorghum diets. *Embrapa Pecuária Sul-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Virto, R., Sanz, D., Álvarez, I., Condón, S. & Raso, J. (2006). Application of the Weibull model to describe inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* by citric and lactic acid at different temperatures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(6), 865–870.
- Wachendorf, M., Fricke, T. & Möckel, T. (2018). Remote sensing as a tool to assess botanical composition, structure, quantity and quality of temperate grasslands. *Grass and Forage Science*, 73(1), 1–14.
- Wang, J., Yang, B., Zhang, S., Amar, A., Chaudhry, A., Cheng, L., Abbasi, I., Al-Mamun, M., Guo, X. & Shan, A. (2021). Using mixed silages of sweet sorghum and al-

- falfa in total mixed rations to improve growth performance, nutrient digestibility, carcass traits and meat quality of sheep. *Animal*, 15(7).
- Warner, R. (2014). MEASUREMENT OF MEAT QUALITY | Measurements of Water-holding Capacity and Color: Objective and Subjective (M. Dikeman & C. Devine, Eds.; Second Edition). Em M. Dikeman & C. Devine (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences (Second Edition)* (Second Edition). Oxford, Academic Press.
- Warner, R. (2017). Chapter 14 - The Eating Quality of Meat—IV Water-Holding Capacity and Juiciness (F. Toldra', Ed.; Eighth Edition). Em F. Toldra' (Ed.), *Lawrie's Meat Science (Eighth Edition)* (Eighth Edition). Woodhead Publishing.
- Webb, E., Casey, N. & Simela, L. (2005). Goat meat quality [Special Issue: Plenary papers of the 8th International Conference on Goats]. *Small Ruminant Research*, 60(1), 153–166.
- Weibull, W. (1951). A Statistical Distribution Function of Wide Applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18, 293–297.
- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E., Smith, A. G., Camire, M. E. & Brawley, S. H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding, 29(2), 949–982.
- Wilson, D. L. (1994). The analysis of survival (mortality) data: Fitting Gompertz, Weibull, and logistic functions. *Mechanisms of Ageing and Development*, 74(1), 15–33.
- Wunsch, C. (2004). *Levantamento do perfil mineral das pastagens nativas de Cambará do sul - RS (Região dos Campos de Cima da Serra)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Xu, W., Gao, Z., Qi, Z., Qiu, M., Peng, J. Q. & Shao, R. (2014). Effect of dietary *Chlorella* on the growth performance and physiological parameters of gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14(1), 53–57.
- Yin, X., Goudriaan, J., Lantinga, E. A., Vos, J. & Spiertz, H. J. (2003). A Flexible Sigmoid Function of Determinate Growth. *Annals of Botany*, 91(3), 361–371.
- Zhao, G., Qin, K., Li, J., Zhu, C., Nai, B. & Liu, J. (2021). Differences in meat quality among different carcass parts of Xinjiang brown cattle. *Meat Research/Roulei Yan-jiu*, 35(1), 1–6.

Apêndice A

Outputs do trabalho

Os resultados do segundo estudo foram parcialmente apresentados pelo autor no 3º Seminário Internacional de Investigação Científica, co-organizado pelo Fundo Nacional de Investigação de Moçambique e Embaixada da Suécia em Moçambique (Faz prova disto o certificado em Apêndice B).

Neste momento, está em fase final a organização de dois artigos para publicação em revistas internacionais com revisão de pares, como frutos diretos desta dissertação.

Uma nota que vale a pena frisar, é que as restrições impostas pela pandemia da Covid-19, tornaram as condições de trabalho menos favoráveis durante a prossecução das atividades desta dissertação, mas ainda assim, foi possível alcançar todos objetivos propostos, sendo por isso motivo de muita satisfação por parte da equipa que esteve envolvida nesta jornada.

Apêndice B

Participação no 3º Seminário

Internacional de Investigação Científica



III Seminário Internacional de Investigação Científica

“Conhecimento Científico e Inovação na Era Digital: Impulsionando o Bem-Estar das Comunidades”

CERTIFICADO

Certifica-se que o(a) *Ângelo Saimone José*, participou no III Seminário Internacional de Investigação Científica, realizado nos dias 21, 22 E 23 de Outubro de 2021, em Chidenguele-Província de Gaza, como ORADOR COM O TEMA: EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CORDEIROS COM ALGAS MARINHAS NO DESEMPENHO E NOS ATRIBUTOS DA QUALIDADE DA CARNE.

O Presidente da Comissão Científica

José P. Castiano
Professor Doutor José Castiano

A Directora do FNI

V. Langa
Profª Doutora Vitoria Langa de Jesus



Suécia
Sverige