



PRODUÇÃO DE BIOMASSA E EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM PASTAGENS UTILIZADAS POR BOVINOS DE CARNE

Dissertação

Curso de Mestrado em Agricultura Sustentável

MATHEUS DONADIA

Orientadores:

Noémia do Céu Machado Farinha

Evandro Chaves de Oliveira

Nuno Miguel Lopes da Silva Santos Simões

Elvas, 2025

MATHEUS DONADIA

PRODUÇÃO DE BIOMASSA E EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM
PASTAGENS UTILIZADAS POR BOVINOS DE CARNE

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em
AGRICULTURA SUSTENTÁVEL conferido pelo Instituto Politécnico de
Portalegre.

Orientadores: Prof. Doutor Evandro Chaves de Oliveira (Inst. Fed. Espírito
Santo - Brasil) ,Prof^ª. Doutora Noémia do Céu Machado Farinha (ESBE), Doutor Nuno
Miguel Lopes da Silva Santos Simões (INIAV - Polo de Elvas).

Arguente principal: Doutora Teresa Carita (INIAV - Polo de Elvas);

Arguente: Prof. Doutor Robson Ferreira de Almeida (Inst. Fed. Espírito
Santo - Brasil);

Arguente: Prof^ª. Doutora Orlanda Póvoa (ESBE);

Presidente do Júri: Prof^ª. Doutora Carolina Balão da Silva (por delegação
de competências do Presidente do Conselho Técnico Científico da
ESBE)

Classificação: 14 valores

Escola Superior de Biociências de Elvas

2025

Agradecimentos

Esta tese foi realizada no âmbito do projeto GEEBovMit – Mitigação das emissões de GEE na produção de bovinos de carne – pastagens, forragens e aditivos naturais (PRR-C05-i03-I-000027-LA3.4), programa financiador: PRR - Plano de Recuperação e Resiliência, cuja colaboração e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Expresso a minha sincera gratidão a todos os que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a sua concretização.

Agradeço, em primeiro lugar, à minha orientadora Noémia do Céu Machado Farinha, a Nuno Miguel Lopes da Silva Santos Simões e a Evandro Chaves de Oliveira pela orientação dedicada, pela partilha de conhecimentos e pela disponibilidade constante ao longo de todo o processo. O seu acompanhamento foi essencial para a construção deste relatório.

À instituição de acolhimento e a todos os seus profissionais, deixo o meu agradecimento pela recepção calorosa, pelo ambiente de trabalho favorável e pelas aprendizagens proporcionadas durante o estágio. Agradeço também aos docentes do curso, que contribuíram para a minha formação com ensinamentos valiosos, e aos colegas que partilharam comigo desafios e conquistas.

Expresso meu especial agradecimento ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, pela formação sólida, pelo apoio institucional e pelas oportunidades de crescimento académico e profissional oferecidas. Da mesma forma, agradeço à Escola Superior de Biociências de Elvas, em Portugal, pelo acolhimento durante a mobilidade internacional, pelo ambiente de troca de saberes e pela enriquecedora experiência vivenciada.

Por fim, agradeço à minha família e aos meus amigos pelo apoio incondicional, incentivo constante e compreensão ao longo desta jornada. Sem vocês, este caminho teria sido mais difícil.

A todos, o meu muito obrigado.

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a produção de biomassa, composição botânica e qualidade, bem como a emissão de gases de efeito estufa (GEE) em 3 tipos de pastagem, utilizadas por bovinos da raça Mertolenga. O estudo decorreu em 2024/25 em Portugal, no Pólo de Elvas do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, em 3 pastagens com cerca de 3 ha cada, implantadas em 2023/24: pastagem semeada rica em gramíneas (GRA_75), pastagem semeada rica em leguminosas (LEG_75) e pastagem natural (NAT) utilizada como referência. Foram colhidas amostras de solo para análise dos teores de matéria orgânica e nutrientes. Entre 20/02/2025 e 18/7/2025, a produção de biomassa foi monitorada semanalmente com o *Rising Plate Meter* (RPM). Em 28/04/2025 foram colhidas 4 amostras de 0,25 m² por tratamento para avaliação da composição botânica. As emissões entéricas de GEE foram estimadas com equipamento *GreenFeed*[®]. Os resultados mostraram que o solo sob pastagem natural apresentou maior teor de matéria orgânica e de micronutrientes como Fe, Mn, Cu e Zn, enquanto as pastagens cultivadas apresentaram maior teor de P e Mg. O LEG_75, destacou-se maiores valores de PB (9,2%), menor teor de fibras e maior digestibilidade (50,9%). Não se verificaram diferenças significativas na composição botânica, sendo esta dominada por gramíneas em todos os tratamentos. O trevo subterrâneo foi a espécie semeada com maior representatividade. A avaliação das emissões entéricas foi limitada pela baixa adesão dos animais ao *GreenFeed*[®], provavelmente devido ao seu “temperamento nervoso”, mas também ao curto período experimental e à temperatura ambiente muito elevada. Concluiu-se que a pastagem natural contribuiu para a acumulação fertilidade do solo, enquanto a pastagens cultivadas sobretudo as ricas em leguminosas, elevaram a qualidade nutricional da forragem. Sugere-se que estudos futuros utilizem animais mais dóceis e em maior número, num período do ano com temperaturas mais amenas.

Palavras-chave: emissão de gases; pastagens; qualidade nutricional; raça Mertolenga; sustentabilidade ambiental.

Abstract

This research aimed to evaluate biomass production, botanical composition and quality, as well as greenhouse gas (GHG) emissions in three types of pasture used by Mertolenga cattle. The study took place in 2024/25 in Portugal, at the INIAV Elvas, in three pastures of approximately 3 ha each, established in 2023/24: a sown pasture rich in grasses (GRA_75), a sown pasture rich in legumes (LEG_75), and a natural pasture (NAT) used as a reference. Soil samples were collected for analysis of organic matter and nutrient contents. Between February 20, 2025, and July 18, 2025, biomass production was monitored weekly with a Rising Plate Meter (RPM). On April 28, 2025, four 0.25 m² samples were collected per treatment to evaluate botanical composition. Enteric GHG emissions were estimated with GreenFeed® equipment. The results showed that the soil under natural pasture had higher organic matter and micronutrient contents such as Fe, Mn, Cu, and Zn, while cultivated pasture had higher P and Mg contents. LEG_75 had higher CP values (9.2%), lower fiber content, and higher digestibility (50.9%). No significant differences were observed in botanical composition, which was dominated by grasses in all treatments. Subterranean clover was the most widely sown species. The evaluation of enteric emissions was limited by the animals' low adherence to GreenFeed®, likely due to their "nervous temperament," but also due to the short experimental period and the very high ambient temperature. It was concluded that natural pasture contributed to the accumulation of soil fertility, while cultivated pastures, especially those rich in legumes, improved the nutritional quality of the forage. It is suggested that future studies use more docile animals and in greater numbers during a period of the year with milder temperatures.

Keywords: environmental sustainability; gas emissions; Mertolenga breed; nutritional quality; pastures.

Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

ACBM - Associação de Criadores de Bovinos Mertolengos

CH₄ - Gás metano

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

CO₂ - Dióxido de Carbono

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - Agência das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

C/m² - Gramas de Carbono por metro quadrado

GEE - Gases com Efeito de Estufa

GPS - Sistema de Posicionamento Global

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ILP - Integração Lavoura-Pecuária

IMAFLORA - Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola

INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

INE - Instituto Nacional de estatística de Portugal

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

Kg ha⁻¹ - Quilogramas por hectare

MtCO₂e -Megatoneladas de dióxido de carbono equivalente

N - Nitrogênio

N₂O - Óxido nitroso

NH₃ - Amônia

NO₃ - Nitrato

NO_x - Óxidos de nitrogênio

pH - Potencial hidrogeniônico

PIB - Produto Interno Bruto

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

UHT - Ultra High Temperature

USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

WWF - Fundo Mundial para a Natureza

Índice Geral

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	iv
Índice Geral.....	vi
Índice de Quadros.....	viii
Índice de Figuras.....	ix
1. Introdução e Objetivos.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo Geral.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. Importância econômica da Bovinocultura.....	4
2.1.1. Bovinocultura de corte.....	5
2.1.2. Características da raça Mertolenga.....	8
2.2. Ecossistemas de Pastagens na Região Mediterrânica.....	9
2.2.1. Importância das pastagens.....	10
2.2.2. Conceito e Classificação de Pastagens e de forragens.....	12
2.2.3. As pastagens na produção pecuária em Portugal.....	15
2.2.4. Produção de Biomassa: Fatores Abióticos e Bióticos.....	18
2.3. Emissões de Gases com Efeito Estufa na Pecuária.....	20
2.3.1. Fontes e Impactos.....	20
2.3.2. Práticas de manejo sustentável em pastagens e estratégias de mitigação das emissões de gases na pecuária.....	25
3. Materiais e Métodos.....	31
3.1. Caracterização do local de estudo.....	31
3.1.1. Localização do estudo.....	31
3.1.2. Caracterização edafoclimática.....	32

3.2.	Materiais	34
3.3.	Métodos	35
3.3.1.	Delineamento Experimental	35
3.3.2.	Análises de solo	36
3.3.3.	Implantação da Pastagem	37
3.3.4.	Avaliação da Produção de Matéria Seca	37
3.3.5.	Análise da Composição Botânica	38
3.3.6.	Introdução dos Animais e Uso do <i>GreenFeed®</i>	40
3.3.7.	Monitoramento dos Gases de Efeito Estufa no Solo	42
4.	Resultados e Discussão	44
4.1.	Produção de biomassa	44
4.2.	Composição botânica da pastagem 1 ano após a sementeira	49
4.2.1.	Composição bromatológica da biomassa das pastagens em estudo	55
4.3	Análise química do solo	57
4.4	Caracterização da emissão de GEE no <i>GreenFeed®</i>	62
4.4.1	Caracterização dos GEE na câmara respiratória do solo	65
4.4.2	Temperatura do solo aquando das recolhas das amostras de gases nas câmaras instaladas no solo	66
4	Conclusões	68
6.	Bibliografia	70
	Anexos	100

Índice de Quadros

Quadro 1 - Ranking dos maiores produtores de bovinos do mundo de 2024.	5
Quadro 2 - Distribuição da Superfície Agrícola Utilizada (SAU) em Portugal em 2023 10	
Quadro 3 - Análise de variância (ANOVA) para a produção de matéria seca por hectare (kg.ms ha-1) aos 142 dias. SS = soma dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = estatística de teste F; p = valor.	48
Quadro 4 - Análise de variância (ANOVA) para a produção de matéria seca por hectare (kg.ms ha-1) aos 245 dias. SS = soma dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = estatística de teste F; p = valor.	48
Quadro 5 - Análise de variância (ANOVA) para a produção de matéria seca por hectare (kg.ms ha-1) aos 290 dias. SS = soma dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = estatística de teste F; p = valor.	49
Quadro 6 - Análise de variância (ANOVA) para a proporção de diferentes grupos de plantas no pasto: gramíneas, leguminosas e outras famílias. SS = soma dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = estatística de teste F; p = valor de significâ 54	54
Quadro 7 - Resultados da análise química dos solos nos três tratamentos (GRA, LEG e NAT).....	58
Quadro 8 - Resultados da análise para a emissão GEE no equipamento GreenFeed®	63
Quadro A1.1- Mistura LEG_75	100
Quadro A1.2- Mistura GRA_75.....	101
Quadro A2.1-Composição bromatológica dos tratamentos GRA_75, LEG_75 e NAT.	102

Índice de Figuras

Figura 1 - Evolução da produção de carnes em Portugal no período de 2019 a 2023, expressa em toneladas.....	7
Figura 2 - Grau de autoaprovisionamento da carne em Portugal em 2023.	7
Figura 3 - Padrão de pelagem da raça bovina Mertolenga. A figura da direita representa, na parte superior a pelagem malhadas, ao centro a vermelha e em baixo a rosilho	8
Figura 4 - Distribuição geográfica da raça bovina Mertolenga em Portugal.	9
Figura 5 - Emissões da agropecuária por subsetor no período de 1970 até 2023 no Brasil.	21
Figura 6 - Emissões de GEE (tCO ₂ e ha ⁻¹ de SAU) por atividade agrícola em Portugal, 2023/2024.....	22
Figura 7 - Emissões da agropecuária pelas principais fontes no período de 1970 até 2023 no Brasil.....	24
Figura 8 – Delimitação total das instalações do INIAV em Elvas (azul) e delimitação da parcela onde foi instalado o ensaio (amarelo).	38
Figura 9 – Temperatura média mensal e precipitação mensal total no ano do ensaio e na normal climatológica (1991-2000) para Elvas.....	33
Figura 10 - Demarcação e coleta de material vegetal para separação botânica.....	38
Figura 11 - Separação botânica.....	39
Figura 12 - Pesagem e identificação do material vegetal a ser estudado.....	39
Figura 13 - Secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada de ar.	40
Figura 14 - Local de ensaio, onde a área em amarelo é a parcela GRA_75, a encarnado LEG_75 e a azul NAT.....	41

Figura 15 - Pontos de cores correspondentes às câmaras de respiração e que também correspondem ao sítio onde fizemos o corte para a separação botânica e a preto o local onde estava o GreenFeed®.	41
Figura 16 - GreenFeed®, equipamento utilizado para medição individual das emissões entéricas de metano (CH ₄).	42
Figura 17 - Procedimento de instalação e coleta de gases do solo com tubos fixados ao nível do solo e medição da temperatura do solo.	43
Figura 18 - Evolução da produção (kg ms ha ⁻¹) por tratamento (GRA_75, LEG_75 e NAT) ao longo dos dias (142 dias, 245 dias e 290 dias).	44
Figura 19 - Produção média de matéria seca (kg ms ha ⁻¹) aos 142 dias (D142) em diferentes modalidades de pastagem (GRA_75, LEG_75 e Natural).	45
Figura 20 - Produção média de matéria seca (kg ms ha ⁻¹) aos 245 dias (D245) em diferentes modalidades de pastagem (GRA_75, LEG_75 e Natural).	46
Figura 21 - Produção média de matéria seca (kg ms ha ⁻¹) aos 290 dias (D290) em diferentes modalidades de pastagem (GRA_75, LEG_75 e Natural).	47
Figura 22 - Percentagem de gramíneas, leguminosas e outras famílias na média das 4 repetições de cada um dos 3 tipos de pastagem testados: pastagem rica em gramíneas (GRA_75) pastagem rica em leguminosas (LEG_75) e pastagem natural (NAT).	50
Figura 23 –Percentagem de gramíneas, leguminosas e outras famílias nos 3 tipos de pastagem no 1º ano do ensaio (2023/2024): pastagem rica em gramíneas (Gra) pastagem rica em leguminosas (Leg) e pastagem natural (Nat). A) media das 4 repetições; B- valores em cada.	52
Figura 24 – Espécies identificadas nas 3 parcelas de pastagem em estudo (% de cada espécie em relação à matéria seca total).	523
Figura 25 – Composição dos tratamentos GRA, LEG e NAT, com gráficos de Humidade (%), Cinza (%), Proteína (%), NDF (%), ADF (%), ADL (%) e Digestibilidade (%).	55

Figura 26 -. Comparação entre os tratamentos GRA_75, LEG_75 e NAT.....	61
Figura 27 -. Número de visitas realizada por cada um dos 20 animais ao <i>GreenFeed®</i>	612
Figura 28 - Distribuição das visitas ao Greenfeed® pelas 24 horas do dia	623
Figura 29 – Temperatura do solo nos tratamentos (GRA_75, LEG_75 e NAT) ao longo dos meses de abril a julho.....	66

I. Introdução e Objetivos

I.1. Introdução

Com o manejo cada vez mais aperfeiçoado dos ruminantes, tem-se aumentado a produção de carne e leite nos últimos anos (Noorae, Alimon, Ho, & Abdullah, 2010), sendo a bovinocultura responsável por boa parte do fornecimento de proteína animal no mundo (Abrão *et al.*, 2016). Em Portugal, a produção de bovinos para carne é um subsetor importante no cenário agroalimentar: a carne bovina é a terceira mais consumida, atingindo 21,7 kg habitante⁻¹ em 2023. Foi nesse ano a carne mais deficitária, cobrindo a produção nacional apenas 50,7% das necessidades do mercado no país (Instituto Nacional de Estatística [INE], 2024).

De acordo com Sousa (2024), as pastagens e as forragens constituem a base da alimentação dos ruminantes. As pastagens são ecossistemas, em constantes transformações, com grande biodiversidade (Rumpel *et al.* 2015), cujas plantas se destinam a consumo direto pelo animal, enquanto as forragens são culturas herbáceas, destinadas geralmente à alimentação animal após corte ou, pontualmente pastoreio direto ou misto (Moreira, 2002).

A geração de biomassa dessas plantas depende de fatores abióticos e bióticos, que atuam de forma integrada nos ecossistemas (Freita *et al.*, 2024). A precipitação e a temperatura são fatores determinantes da produtividade da biomassa (Nascimento Júnior & Adese, 2004; Sitoie & Mucuho, 2025), pelo que as mudanças climáticas são consideradas um dos principais problemas do século para a produção de alimento para os animais (Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola -IMAFLOA, 2015).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), o ramo da agropecuária é responsável por cerca de 10 a 12% das emissões globais, (Min *et al.*, 2022 IPCC, 2023). Dentro desse setor, a bovinocultura é uma atividade emissora que se destaca pela fermentação entéricas dos bovinos, e produzem maioritariamente

metano - CH₄ (Martins, 2023), contribuindo significativamente para o aquecimento global (Min *et al.*, 2022).

O manejo da pastagem de forma adequada, tem atualmente um papel de destaque na luta contra o aumento do efeito estufa, principalmente ao atuar em favor do sequestro de carbono (Paulino & Teixeira, 2015). Para a mitigação do efeito estufa, o manejo de uma pastagem busca: otimizar a produção prateense, o desempenho animal, a eficiência do uso da pastagem, a produção animal por área, a melhoria da distribuição estacional da erva e garantir a persistência da pastagem (Paulino & Teixeira, 2015). Essas ações de manejo da pastagem pressupõem um monitoramento dos animais e da vegetação (Vasques, 2014).

O uso de tecnologias digitais no campo, como o sistema *GreenFeed®* (C-Lock Inc.) é capaz de quantificar o dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄) entérico emitidos pelos bovinos, através da utilização voluntária de um equipamento automatizado com estímulos alimentares (McGinn *et al.*, 2021).

Este trabalho se justifica pela necessidade de avaliar os sistemas produtivos que aliem eficiência zootécnica e sustentabilidade ambiental. Visto que as pastagens ocupam uma expressiva parcela dos territórios do Brasil e Portugal, representam não apenas a base alimentar dos animais, mas também um importante componente dos ecossistemas terrestres. Dessa forma, a avaliação da produção de biomassa, a composição das espécies prateenses, o teor de matéria orgânica e as emissões dos GEE, tanto pelo solo quanto pelos ruminantes, é muito importante para entender o impacto dos diferentes sistemas de manejo e contribuir para reduzir o impacto ambiental da produção de bovinos de carne.

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo Geral

Avaliação da produção, composição e qualidade da erva e dos gases com efeito estufa em três diferentes pastagens utilizadas por bovinos da raça Mertolenga.

I.2.2. Objetivos específicos

Avaliação da produção de biomassa em pastagens com 3 diferentes composições: pastagem rica em leguminosas, pastagem rica em gramíneas e pastagem natural;

Avaliação da composição da pastagem quanto às principais famílias e espécies botânicas;

Avaliação dos gases emitidos pelo solo (CO_2 , N_2O e CH_4);

Avaliação dos gases emitidos pelo ruminante (Emissões de CO_2 e metano, quantificadas com o uso do *GreenFeed*)

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Importância econômica da Bovinocultura

Com o evidente aperfeiçoamento no manejo de ruminantes, é possível observar o aumento em seus índices de produção de leite e de carne, nas últimas três décadas (Noorae *et al.*, 2010). A bovinocultura é atualmente responsável pela maior parte do fornecimento de proteína animal do mundo (Abrão *et al.*, 2016). O leite e a carne de origem bovina são de grande relevância para a economia de Portugal, onde o rebanho possui aproximadamente 1,49 milhões cabeças em dezembro de 2024 (Trading Economics, 2025). Segundo Pereira *et al.* (2011) a pecuária pode ser considerada como umas das atividades agrícolas fundamentais do planeta Terra.

Com a internacionalização do comércio, países produtores de *commodities* obtiveram acesso a diferentes mercados consumidores ao redor do mundo e os consumidores, a cada dia que passa, se tornam mais exigentes, ao mesmo tempo que os mercados aumentam a disputa, na tentativa de atender a essas demandas, fazendo com que a competição passasse a ser conduzida por rígidos padrões (Malafaia *et al.*, 2021). Flores (2013), ressalta que a carne em específico, possui padrões comerciais básicos que precisam ser seguidos, sendo alguns deles:

Diferenças de consumo: podendo ser considerado como um bem de luxo, o grau de consumo de carne está ligado a renda em cada local, estando ligado também ao acesso a cortes com mais qualidade e métodos especializados de conservação do produto (Flores, 2013). No entanto, aspetos culturais (religião, gastronomia, tradições, etc.) levam os consumidores a ter preferências diferentes relacionadas com os tipos de carne (espécies e raças) (Malafaia *et al.*, 2021).

Política comercial: algumas barreiras comerciais como cotas, tarifas, subsídios, acordos de integração, entre outros, possuem muita importância para este setor, onde

o comércio potencial se depara com barreiras significativas, que criam uma grande diferença quando comparado com o comércio real (Flores, 2013).

Estrutura de mercado: as economias de escala ajudam a reduzir os custos médios na produção, o que tende à concentração de vendas e empresas (Flores, 2013).

Aspetos de saúde: algumas doenças animais comportam risco para a saúde humana e para produções domésticas, que podem levar ao fechamento de mercados externos para o país afetado, e até a disseminação de forma global de doenças, abalando assim a economia mundial (Flores, 2013).

2.1.1. Bovinocultura de corte

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2025), no ano de 2024 o planeta Terra produziu 285,21 milhões de cabeças de gado (bovinos). A Índia ocupa o primeiro lugar nesta produção, com 24,9% do valor global, em segundo lugar está a China com 18,2% e em terceiro lugar está o Brasil com 16,8%, seguido dos Estados Unidos com 11,5% e da União Europeia com 8,2% (Quadro 1).

Quadro 1 - Ranking dos maiores produtores de bovinos do mundo de 2024.

País	% do mundo
Índia	24,90%
China	18,23%
Brasil	16,76%
Estados Unidos	11,47%
União Europeia	8,17%
Global	285.215 (1000 CABEÇAS)

Fonte: USDA (2025)

Conforme os dados fornecidos pelo USDA (2025) correspondentes ao ano de 2024, liderando o ranking de importações globais de bovinos, estão os Estados Unidos com 2,05 milhões, o que representa 83,4% do total mundial. Em segundo lugar está o Canadá, com 250 mil cabeças (10,17% do total) e em terceiro lugar está a China, com

3,25% desta produção (80 mil). A União Europeia representa 0,2% do número de importações globais. Os dados acima revelam a dependência dos Estados Unidos com relação à importação de bovinos, principalmente quando comparado a outros países, o que corrobora para sua posição de destaque no mercado mundial.

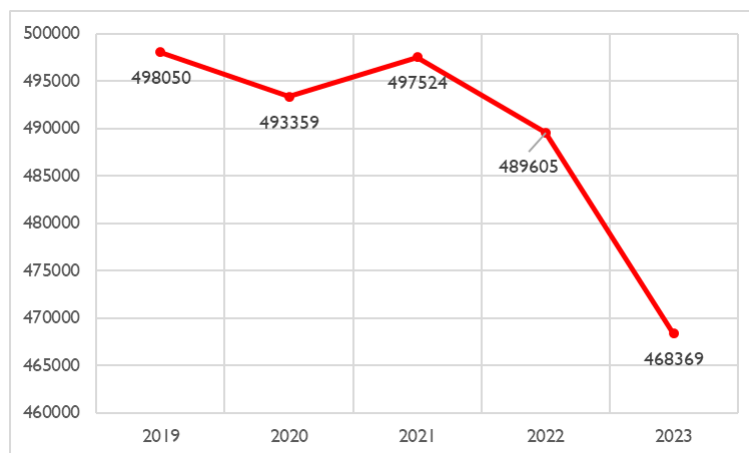
Ainda de acordo com os dados do USDA (2025) referentes ao ano de 2024, o país que mais se destacou na exportação mundial de bovinos foi o México com 28,44% (1,39 milhão), do total global de 4,887 milhões de cabeças. Seguido pela Austrália com 825 mil (16,88%), a União Europeia com 800 mil (16,37%), o Canadá com 685 mil (14,02%) e o Brasil que exporta 515 mil (10,54%) tornando-o um importante fornecedor mundial de bovinos.

Em Portugal a carne bovina está em terceiro lugar no consumo de carnes, totalizando em média 214.000 toneladas consumidas/por ano, estando atrás da carne suína e da carne de animais de capoeira (galinhas, perus, patos, gansos, entre outros) (Agrogarante, 2022). No ano de 2021 a carne bovina representou 11,3% (102.954 toneladas) do total de carnes (911.360 toneladas) produzidas neste país (Moreira & Ferrario, 2024). A balança comercial de carne de bovina portuguesa encontra-se em déficit, devido ao país estar longe da autossuficiência neste tipo de produção (Agrogarante, 2022).

Ainda segundo Agrogarante (2022) as explorações agrícolas nas quais os bovinos estão presentes, a partir de uma análise feita dos últimos 20 anos neste setor, ocorreu uma redução para um terço das explorações que existiam no início desse período, no entanto, as explorações atuais possuem dimensões maiores do que as que existiam há 20 anos, tanto em número do efetivo animal, quanto nas dimensões das superfícies agrícolas.

Ao longo do período de 2019 a 2023, a produção de carne no país variou levemente, passando de 902.793 toneladas em 2019 para 903.822 toneladas em 2023, o que indica uma estabilidade no setor. No mesmo período, no setor da carne bovina

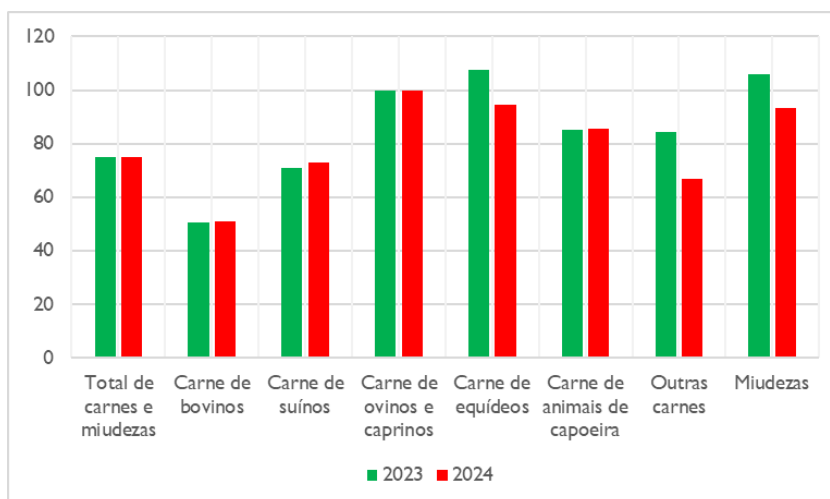
ocorreu uma queda, onde a produção de carne passou de 498.050 toneladas em 2019 para 468.369 toneladas em 2023, uma redução de cerca de 6% (Figura 1).



Fonte: INE (2024).

Figura 1 - Evolução da produção de carne bovina em Portugal no período de 2019 a 2023, expressa em toneladas.

O grau de autoaprovisionamento de carnes em Portugal, em 2023 (Figura 2) mostra que ocorreu um leve aumento do autoaprovisionamento no último ano em carne bovina de 50,7% para 50,9%, o que indica uma ligeira melhoria na capacidade de produção interna visando suprir o consumo nacional. Isto significa contudo que Portugal importa quase 50% da carne de bovino que consome.



Fonte: INE (2024).

Figura 2 - Grau de autoaprovisionamento de carnes em Portugal em 2023.

2.1.2. Características da raça Mertolenga

A raça bovina Mertolenga é uma raça autóctone portuguesa, proveniente de regiões com condições edafo-climáticas severas, onde o clima, relevo, solos e pastagens são árduas (Castro *et al.*, 2018).

Segundo a Associação de Criadores de Bovinos Mertolengos (ACBM), os bovinos mertolengos apresentam um porte mediano, são longilíneos ou mediolíneos, apresentam um dimorfismo sexual acentuado, com padrão racial específico da raça (vermelha, rosilho mil-flores, vermelha malhada) (Figura 3), apresenta ainda um temperamento nervoso, e uma conformação anatômica bem definida (ACBM, 2025).

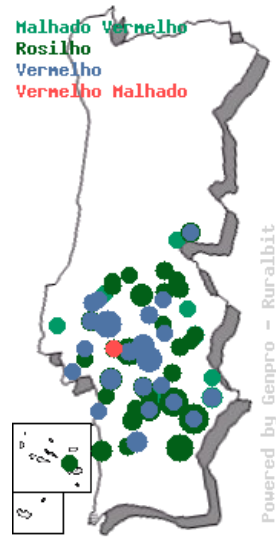


(Fonte: ACBM, 2025).

Figura 3 - Padrão de pelagem da raça bovina Mertolenga. A figura da direita representa, na parte superior a pelagem malhada, ao centro a vermelha e em baixo a rosilho

Para Carreira (2016), o Mertolengo é um animal pequeno, porém robusto, o que o torna ideal para trabalhos agrícolas. São animais rústicos, de temperamento nervoso. Apresentam membros finos, proporcionados, musculados, aprumados, com unhas rijas e sem malhas brancas junto às unhas.

De acordo com a ACBM (2025), o rebanho Mertolengo está localizado em diversos distritos de Portugal, destacando Évora, Beja, Santarém, além de núcleos em outras regiões como Açores e Viseu (Figura 4): Estão distribuídos de acordo com a cor da pelagem onde 47% do rebanho com pelagem rosilho, está nas regiões de Portalegre, Évora e Beja, enquanto a coloração vermelha apresenta 36% e a malhada 17%, onde esta se concentra na margem esquerda do Guadiana.



(Fonte: ACBM, 2025).

Figura 4 - Distribuição geográfica da raça bovina Mertolenga em Portugal.

O sistema de produção da raça é em regime extensivo variando de 5 a 600 vacas por criador, o que representa uma média de 70 a 80 vacas por criador (ACBM, 2025). Os partos não possuem uma época fixa, os nascimentos ocorrem em diferentes períodos do ano (variando conforme o clima, a região e as condições do solo) e os touros são introduzidos na vacada entre 2 a 3 meses após o início das parições. Os vitelos estão prontos para serem desmamados aos 6 a 8 meses (Castro, 2004).

Durante o período seco, a alimentação dos bovinos é fornecida de forma manual, baseada em alimentos fibrosos/volumosos (palha, feno, silagens e coprodutos), sendo atípica a utilização de concentrados (Dias, 2018).

2.2. Ecossistemas de Pastagens na Região Mediterrânica

De acordo com Sousa (2024), as pastagens e as forragens são responsáveis pelas bases alimentares dos ruminantes. Segundo os dados mais recentes do Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2023, a Superfície Agrícola Utilizada (SAU) em Portugal totalizou aproximadamente 3,86 milhões de hectares, onde 54,4% dessa área é ocupada por pastagens permanentes, representando um aumento em relação aos 51,7% observados em 2019 (INE, 2024). Além do mais, 22,0% da SAU corresponde a terras aráveis, esta

que pode incluir culturas forrageiras e temporárias, frequentemente associadas à alimentação animal (Quadro 2).

Quadro 2 - Distribuição da Superfície Agrícola Utilizada (SAU) em Portugal em 2023

Ano	2019	2023
Composição SAU	Área (ha) em %	Área (ha) em %
Terras aráveis	26,2	22,0
Horta familiar	0,4	0,4
Culturas permanentes	21,7	23,3
Pastagens permanentes	51,7	54,4
Total	100	100

(Fonte: INE, 2024).

2.2.1. Importância das pastagens

As pastagens ocupam pouco mais de um quarto da área terrestre do planeta e são uma parte fundamental dos ecossistemas globais (Churkova & Churkova, 2024). Sendo de suma importância a diversidade de espécies de pastagens, pois estas ajudam na produtividade e na preservação dos ecossistemas (Moraes, 2008; Mogle & Mane, 2010). Alguns dos fatores que influenciam de forma positiva a diversidade de pastagens são: a variação espacial de condições ambientais (Nardi *et al.*, 2002; 2007) e a dispersão de sementes (Churkova & Churkova, 2024).

O pastoreio excessivo diminui a diversidade de espécies, mas a adoção de um pastoreio leve ou a ampliação dos períodos de descanso entre ciclos de pastejo podem favorecer a diversidade de espécies em algumas pastagens, demonstrando que o pastoreio moderado contribui para a biodiversidade, enquanto o pastoreio intenso gera, de um modo geral, impactos negativos diretos e indiretos no ecossistema (Churkova & Churkova, 2024). Em algumas situações, o pastoreio intenso e momentâneo pode ser usado como estratégia de manejo, em especial para controlar plantas invasoras que podem ser consumidas pelos animais em fases iniciais de desenvolvimento (EMBRAPA, 1999)

A melhoria no uso das pastagens está diretamente ligada a sistemas e atividades voltados para a agricultura sustentável, à recuperação de espécies selvagens e seus habitats, e ao cultivo de plantas, por meio de programas educacionais e fomento à economia (Balbino *et al.*, 2012).

De acordo com Bourscheidt *et al.* (2023), a alimentação dos ruminantes deve ter como base as pastagens, uma vez que são a maneira mais econômica e simples de os alimentar. Smart (2010) afirma que sob condições mediterrânicas, a pecuária sustentável terá sua base nas pastagens permanentes de sequeiro.

Dias-Filho (2015), vê as pastagens como um modo de tornar rentável áreas marginais, de acesso limitado e de baixa capacidade produtiva agrícola, gastando pouco com preparo do solo, mão de obra, tecnologias e consumíveis. Contudo estas tendem a apresentar baixa eficiência produtiva e são normalmente conduzidas de forma extensiva, aproveitando-se da capacidade de adaptação dos ruminantes às condições geográficas e edafoclimáticas dessas regiões.

Freixial e Barros (2012a) complementam referindo que as pastagens, quando introduzidas em sistemas que usam o solo de forma sustentável, são de extrema importância para o planejamento e organização do território, valorizando áreas sem aptidões agrícolas que de outro modo estariam abandonadas.

As pastagens proporcionam benefícios ao solo, como a proteção contra a erosão através da cobertura vegetal constante, e quando usadas para o pastoreio de ruminantes, permitem o sequestro de carbono e a reciclagem de nutrientes no solo, ajudando na diminuição de gases com efeito de estufa e melhorando a qualidade do ar. Cuidar bem das pastagens ajuda a manter a paisagem mais bonita e harmoniosa, além de serem essenciais para a produção de alimentos, permitindo o desenvolvimento de atividades que ajudam as pessoas a continuarem vivendo e trabalhando no campo (Sousa, 2024).

Carvalho (2014) descreve que os solos agrícolas de Portugal, em geral, possuem baixa fertilidade, acidez elevada, baixa capacidade de troca catiónica, baixa saturação de bases e um baixo teor de matéria orgânica, principalmente em áreas de montado. Sendo

indicado a instalação de pastagens a fim de recuperar a produtividade dos solos, melhorando sua estrutura, protegendo-o contra a erosão e aumentando o seu teor de matéria orgânica (Esteves, 2013). Apesar deste ser um processo demorado, ocorre de forma contínua, através da incorporação de restos vegetais e excrementos animais. Esse processo pode ser acelerado por meio do aumento da produtividade das pastagens, contudo, se houver mobilização do solo, os avanços conquistados podem ser perdidos (Esteves, 2013).

2.2.2. Conceito e Classificação de Pastagens e de forragens

As pastagens são ecossistemas que estão em constantes transformações com grande biodiversidade e ciclos biogeoquímicos complexos (Rumpel *et al.* 2015). Em consequência da interferência humana, mudanças na natureza acontecem com maior frequência, diminuindo a estabilidade dos ecossistemas e da biodiversidade (Naeem *et al.* 2012; Vogel *et al.* 2012; Aubree *et al.* 2020).

Visto que, uma parte significativa da Superfície Agrícola Utilizada (SAU) é destinada à produção de ruminantes, tendo como base alimentar pastagens e forragens, torna-se pertinente abordar e discutir os desafios relacionados à produção desses recursos, bem como sua relevância para os sistemas de produção animal em regiões de clima mediterrânico (Sousa, 2024).

Moreira (2002) afirma que pastagens são: prados, ou culturas pratenses, ou mesmo comunidades vegetais normalmente herbáceas, que, de modo geral, são consumidas pelos animais no próprio lugar onde crescem, o que gera uma relação dinâmica entre o solo, as plantas e os animais. Neste sentido, entende-se que as pastagens estão sujeitas a ações como: desfolha, pisoteio e evacuação dos animais enquanto estes pastoreiam ou descansam, podendo ocasionalmente serem suplementados (Sousa, 2024).

De acordo com Moreira (2002) e Freixial e Barros (2012a), as plantas que demonstram maior adaptabilidade ao pastoreio são as leguminosas, e as gramíneas de

porte semi-prostrado ou prostrado. Deste modo, o pastoreio, causa menos danos mecânicos e interferências com o crescimento e desenvolvimento das plantas (Sousa, 2024). Estas demonstram ainda densidade vegetal elevada (plantas por m²), estatura baixa e maior acumulação de biomassa perto da superfície do solo (Sousa, 2024).

Os autores Freixial e Barros (2012a), destacam que as pastagens de porte prostrado a sub-prostrado, possuem alta capacidade de suportar o “pastoreio e o pisoteio dos animais”. Estes, referem também, que vegetações arbustivas como os arbustos forrageiros podem ser usados em zonas mais problemáticas e com pouca disponibilidade de alimentos. É normal que este tipo de situação aconteça em algumas regiões semiáridas e áridas do Mediterrâneo (Sousa, 2024).

De acordo com Moreira (2002) e Freixial e Barros (2012a), as pastagens podem ser classificadas como permanentes quando permanecem no solo sem estarem em rotação com outras culturas, mantendo-se produtivas enquanto suas características qualitativas e quantitativas forem satisfatórias. Já as temporárias integram o sistema de rotação agrícola, com duração variável de acordo com os objetivos de manejo, sendo indicadas para solos com maior aptidão agrícola, ao contrário das permanentes que são adequadas em solos marginais.

Ainda de acordo com os mesmos autores as pastagens podem ser classificadas como naturais ou espontâneas, sendo compostas por espécies que se desenvolvem sem intervenção humana, que estão geralmente adaptadas às condições edafoclimáticas locais e com elevada persistência. Por outro lado, as melhoradas ou semeadas resultam da introdução deliberada de espécies selecionadas pelo homem.

Quanto ao regime hídrico, Freixial e Barros (2012a) diferenciam as pastagens de sequeiro que depende exclusivamente da chuva, tendo muitas limitações quanto à produtividade no clima Mediterrâneo, e as pastagens de regadio, que ao receberem irrigação permitem uma maior regularidade e volume de produção, sendo mais vantajosas para sistemas pecuários mais intensivos. Moreira (2002) destaca que essas

classificações não são rígidas, podendo haver uma continuidade e transição entre os diferentes tipos.

De acordo com o Instituto Nacional de Estatística de Portugal (INE, 2024) as pastagens permanentes são áreas ocupadas majoritariamente por plantas herbáceas, que podem ser espontâneas ou cultivadas, e seu principal objetivo, é o pastoreio direto de todos, estas não participam da rotação de culturas e permanecem no solo por mais de cinco anos. Ainda segundo este Instituto (2024) as pastagens permanentes podem ser classificadas como: terras limpas, que são áreas cobertas por ervas pratenses naturais ou semeadas, sem rotação e permanecerem por 5 anos ou mais, e que não são associadas a culturas permanentes como pomares, vinhas, olivas ou florestas. As pastagens permanentes espontâneas melhoradas e/ou semeadas, são pastagens naturais ou semeadas que foram melhoradas por meio de adubação, semeadura ou drenagem. Já as pastagens permanentes espontâneas pobres, são áreas espontâneas, geralmente localizadas em terrenos com um maior grau de declive, e não apresentam qualquer tipo de interferência agrônômica (INE, 2024). As pastagens permanentes regadas, são pastagens que são irrigadas ao menos uma vez ao ano, sejam elas situadas em terras limpas ou sob cobertura florestal, sejam espontâneas ou semeadas. Ainda segundo o INE (2024) as pastagens permanentes, de forma geral, englobam todas as áreas com vegetação herbácea permanente e são usadas em pastoreio, podendo ser cortadas em épocas específicas, mas sem integração dos sistemas de rotação de culturas.

Moreira (2002), define ainda que as forragens são culturas herbáceas, majoritariamente anuais, podendo algumas vezes serem bienais ou perenes, sendo destinadas à alimentação animal por meio do corte ou, pontualmente, em pastoreio direto. Moura-Zanine *et al.* (2006) e Freixial e Barros (2012b), reforçam ainda que essas culturas são colhidas antes da maturação para melhorar o aproveitamento nutricional podendo ser fornecidas em verde, em feno ou em silagem. Moreira (2002), também salienta o papel dos arbustos forrageiros em zonas áridas e destaca que em espécies com capacidade de recrescimento, o corte deve ser feito entre 5 a 10 cm do solo. No

contexto mediterrânico a irrigação é essencial para o sucesso de forrageiras, especialmente em plantas C4 como milho e sorgo que apresentam alta produtividade sob temperaturas elevadas, desde que exista disponibilidade elevada de água.

A utilização de plantas C4 em Portugal é limitada, pois elas são exigentes quando se fala em água e temperatura, em contrapartida, as espécies C3 têm se consolidado como a base dos sistemas de pastagens e forragens portuguesas, não apenas por causa da melhor adaptação ao clima, mas também pelo elevado valor nutricional, maior estabilidade de produção e menor exigência em termos de irrigação, como evidenciado por Aires *et al.* (2007).

2.2.3 As pastagens na produção pecuária em Portugal

Em Portugal, o sistema de produção de pastagens varia de acordo com a região, com as características do solo e clima e com os objetivos de produção (Freixial, 2018). As pastagens de sequeiro constituem um sistema de produção agrícola típico das regiões de clima Mediterrânico em Portugal, como Alentejo e Trás-os-Montes (Freixial, 2018). Essas pastagens, não regadas, são estabelecidas com espécies adaptadas ao ciclo climático da região (Freixial & Barros, 2012a). De acordo com os mesmos autores, “as pastagens de sequeiro são a base para a produção pecuária sustentável”, em especial em solos de baixa fertilidade que necessitam de correção de acidez e adubação racional o que constitui uma solução eficaz para ocupar e valorizar áreas de pouca aptidão agrícola.

Esses sistemas utilizam leguminosas anuais de ressementeira (como trevo subterrâneo) e gramíneas adaptadas ao clima seco, a solos ácidos e que mantêm a produtividade com baixos insumos externos (Freixial & Barros, 2012a). Esse sistema ocorre muitas vezes em áreas abandonadas, por causa do declínio da produção de cereais (Sousa, 2025).

Além da sua grande importância para a produção agrícola, essas pastagens apresentam funções e objetivos ambientais, como garantir uma boa cobertura do solo

protegendo-o da erosão e favorecendo a fixação de carbono, dinamizando economias rurais (Hanisch *et al.*, 2021).

As pastagens de sequeiro nos países de clima Mediterrânico, utilizam várias espécies e cultivares de leguminosas e gramíneas, principalmente as anuais, que completam o ciclo e formam semente antes do período de estiagem, garantindo assim sua sobrevivência (Freixial & Barros, 2012a). Algumas vezes utilizam-se ainda espécies perenes, desde que estas apresentem uma grande capacidade de resistência no período de estiagem ou seja apresentem uma dormência fisiológica ou raízes profundas para a captação de água do subsolo e apresentam ainda uma alta capacidade de se regenerar no período de outono/inverno, como seria *Dactylis glomerata* (panasco ou pé-de-galo) (Soares, 2024).

Como já citado, as espécies originárias da bacia mediterrânica desenvolveram mecanismo específico de adaptação, tais como produzir uma grande quantidade de semente e apresentar ainda uma capacidade de dispersão de sementes de forma natural como por exemplo o *Trifolium subterraneum* (trevo subterrâneo), que enterra as sementes no solo (Freixial & Barros, 2012a). Algumas espécies possuem a capacidade de produzirem sementes com um grau de dureza elevado, o que torna a semente temporariamente impermeável (Sousa, 2024). Isto permite a germinação dessas sementes de forma gradual e também formar um banco de sementes no solo, de modo a garantir a sua persistência ao longo dos anos.

Freixial e Barros (2012a) destacam que além do trevo subterrâneo outras leguminosas podem ser utilizadas nas condições de sequeiro como o *Trifolium hirtum* All. (trevo-rosa), o *Trifolium cherleri* L.(trevo-entaçado), o *Trifolium incarnatum* L. (trevo-encarnado), o *Trifolium michelianum* Savi (trevo-balansa), a *Ornithopus* spp. (serradelas) e *Astragalus pelecinus* (L.) Barneby (biserrula). Tais espécies, são originárias da bacia mediterrânica, onde apresentam boa adaptabilidade aos solos de baixa fertilidade e ao clima com baixa precipitação anual (350–900 mm).

Depois do trevo subterrâneo, as luzernas anuais (*Medicago* spp.), são as leguminosas mais utilizadas na instalação de pastagens em solos bem drenados, com pH levemente ácido a acentuadamente básico (Sousa, 2024). Quando se fala em gramíneas o *Lolium rigidum* Gaudin (azevém anual) destaca-se porque tem raízes profundas que possibilitam a obtenção de água das camadas mais profundas do solo, além de produzir uma boa quantidade de sementes (Serrano, 2011).

Segundo Sousa (2024) pode-se obter de 3 a 9 t de matéria seca ha⁻¹ano⁻¹ por meio de pastagens semeadas nas condições de sequeiro Mediterrânico. Quando se fala de forrageiras de sequeiro, no clima Mediterrâneo, Freixial e Barros (2012b), consideram que o azevém, especialmente a espécie *Lolium multiflorum* Lam. subespécie *westerwoldicum* é bastante utilizado devido ao seu crescimento exuberante após o corte, mantendo um período vegetativo prolongado, o que possibilita a utilização tanto para corte como para pastoreio. O seu desenvolvimento está dependente do início das chuvas, e quando elas são tardias podem retardar o crescimento, o que limita a oferta de alimento antes do inverno (Sousa, 2024).

Quando se mistura azevém com leguminosas anuais como o *Trifolium vesiculosum* Savi (trevo-vesiculososo) e o *Trifolium suaveolens* Willd. (trevo-da-pérsia-de-flores-grandes), garante-se um alimento rico em proteína e energia, com boa capacidade de regeneração vegetativa e alta digestibilidade, logo pode ser utilizada por corte para utilização em verde, silagem ou feno ou ainda por pastoreio (Sousa, 2024).

Freixial e Barros (2012b) relatam que misturas comerciais onde há a combinação de cereais, azevéns e leguminosas anuais buscando um crescimento acelerado no outono/inverno, viabilizam um pastoreio precoce e/ou corte, aumenta-se a produtividade e reduz-se a área necessária para produção forrageira.

Outro sistema de pastagens em Portugal, é o sistema de regadio, visando garantir disponibilidade de água às pastagens e uma produção de erva mais estável e intensiva ao longo do ano, independente das condições climáticas (Freixial e Barros, 2012a). Esse sistema é muito importante principalmente nas regiões com verões secos e sem

precipitação, o que é muito comum no clima mediterrânico. Aumenta-se assim a produtividade e a qualidade da forragem para alimentação animal (Duarte, 2023).

Em Portugal, as áreas de regadio, na maioria das vezes, são associadas a explorações agrícolas, mais tecnificadas, sendo as pastagens regadas associadas a uma pecuária mais intensiva (Marques & Carvalho, 2017).

As pastagens de regadio são geralmente constituídas por misturas de gramíneas e leguminosas perenes, que apresentam grande capacidade de produção de erva, com boa qualidade e persistência (Sousa, 2024). As leguminosas mais utilizadas nestas pastagens são: *Trifolium repens* L. (trevo-branco), *Trifolium fragiferum* L. (trevo-morango) e *Trifolium pratense* L. (trevo-violeta) (Sousa, 2024). Já as gramíneas mais utilizadas são o *Dactylis glomerata* L. (panasco ou pé-de-galo), o *Lolium perenne* L. (azevém-perene), a *Festuca arundinacea* Schreb (festuca-alta) e a *Phalaris aquatica* L. (rabo-de-zorra) (Freixial & Barros, 2012a).

As pastagens de regadio apresentam baixa produção no inverno devido às baixas temperaturas, limitando o crescimento e o desenvolvimento das espécies, em especial as leguminosas.

As misturas de espécies para regadio aproveitam a complementaridade entre as espécies utilizadas em busca da sustentabilidade da pastagem em termos de adaptação às condições do solo e clima, potencial produtivo, regularidade da produção ao longo do ano, forma de exploração e persistência (Sousa, 2024).

2.2.4 Produção de Biomassa: Fatores Abióticos e Bióticos

A produção de biomassa está ligada aos estímulos abióticos e bióticos, que operam de modo integrado nos ecossistemas (Freita *et al.*, 2024). Destacam-se nos fatores abióticos: a radiação solar, precipitação, propriedades físico-químicas do solo e temperatura (Sitoie & Mucuho, 2025). Esses estímulos influenciam de forma direta os processos fisiológicos das plantas, sendo eles: a fotossíntese, a absorção de nutrientes e a respiração (Nascimento Júnior & Adese, 2004).

Estudos realizados nos últimos anos apontam que a variação da precipitação e da temperatura são fatores determinantes da produtividade da biomassa, afetando a diversidade das plantas e o seu crescimento, onde as altas temperaturas aumentam as taxas de respiração, levando a redução da eficiência no acúmulo de biomassa e restringem a assimilação de CO₂ pelas plantas (Nascimento Júnior & Adese, 2004; Sitoie & Mucuho, 2025).

Outro fator muito importante é o processo de desenvolvimento das folhas, sendo este fundamental para o crescimento das plantas, e está subordinado a fatores abióticos como temperatura, nutrientes, água e luz (Lopes *et al.*, 2013). O nível de aparecimento de folhas é de suma importância no fluxo de biomassa, devido ao seu impacto direto nos componentes estruturais das pastagens (Ribeiro, 2018).

A qualidade do solo (estrutura, fertilidade, pH e matéria orgânica), também é um fator que afeta diretamente as plantas, principalmente a disponibilidade de nutrientes no solo. Por exemplo, a produção de biomassa na parte aérea e radicular das plantas pode ser comprometida, por ausência de nutrientes como fósforo e nitrogênio (Vieira & Mochel-Filho, 2009; Tomé, 2025).

O nitrogênio é um componente de proteínas e pigmentos (por exemplo clorofila), muito importante na nutrição das plantas, exercendo grande influência nos processos fisiológicos (Lopes *et al.*, 2013). Esse nutriente participa de inúmeros processos metabólicos e em diversas etapas da fotossíntese nas plantas (fixação do dióxido de carbono, captação de luz, entre outros.) (Cabrera-Bosquet *et al.*, 2009).

Além do nitrogênio, o fósforo é um nutriente essencial para a formação de estruturas energéticas como ATP e fosfolípidios que desempenham papel importante no crescimento radicular e na formação de perfilhos, e nas pastagens, a deficiência de fósforo pode limitar de modo significativo a produção de biomassa, pois diminui a capacidade das plantas de explorar camadas mais profundas do solo e de competir com outras espécies (Oliveira *et al.*, 2022). A adubação fosfatada, portanto, é uma prática

recomendada para aumentar a produtividade das pastagens e melhorar a eficiência de uso dos demais nutrientes (Seixas-Santos *et al.*, 2023).

Assim, melhorias podem ser alcançadas na produção de biomassa de uma pastagem através do uso de fertilizantes, que viabilizam um maior fluxo de biomassa (Alexandrino *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2009), sendo esta uma prática recomendada para ampliar a produção e melhorar o aproveitamento das pastagens (Andrade *et al.*, 2000). Para reduzir o uso de nitrogênio por ser caro e ambientalmente questionável por se perder por lixiviação, desnitrificação, volatilização ou erosão etc., a utilização de leguminosas na pastagem constitui uma via mais sustentável de aumentar a disponibilidade de azoto para as restantes plantas da pastagem (University of Florida [IFAS], 2021).

Sob a perspectiva biótica, alguns fatores também são decisivos para o desenvolvimento das plantas, sendo eles: diversidade de espécies, herbivoria, competição, pragas e doenças, entre outros, onde os ecossistemas de maior diversidade são mais propensos a apresentar maior eficiência e resiliência ao usar seus recursos, gerando maior acúmulo de biomassa (Marfà *et al.*, 2009; Rumpel *et al.*, 2015).

A ação antrópica, quando mal exercida ou em excesso, pode diminuir a diversidade vegetal, o equilíbrio dos ecossistemas e por consequência a produção de biomassa, seja através do uso das terras, pelas queimadas, pelo pastoreio desmedido sobre as pastagens ou pelo cultivo intensivo (Churkova & Churkova, 2024).

2.3. Emissões de Gases com Efeito Estufa na Pecuária

2.3.1. Fontes e Impactos

O IMAFLORA (2015) considera as mudanças climáticas um dos principais problemas do século. Tal problema, aumenta com a concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, esses gases têm origens naturais, mas são significativamente

ampliados pelas atividades humanas, especialmente nos setores da agropecuária, energia, tratamento de resíduos e uso da terra.

Os GEE são compostos que, quando apresentam grande concentração na atmosfera, provocam o aquecimento da terra, o que por consequência, provoca efeitos adverso no clima. Os principais GEE são: dióxido de carbono (CO₂), gás metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) e podem influenciar mudanças no clima global, pois interagem com a radiação solar em intensidades variadas (Arruda, 2024).

De acordo com a Agência das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), há um crescimento na demanda global de alimentos para as próximas décadas, o que leva o setor agropecuário a enfrentar desafios porque precisa produzir mais e emitir menos GEE (Gamarra-Rojas & Fabre, 2017).

A agropecuária é responsável por cerca de 10 a 12% das emissões globais, sendo os gases emitidos pelo setor originados, principalmente, da fermentação entérica animal, manejo de dejetos, cultivo de arroz, queima de resíduos agrícolas, entre outros (Min *et al.*, 2022; IPCC, 2023). Dentro desse setor, a bovinocultura é uma atividade emissora que se destaca pela fermentação entéricas dos bovinos, que produzem maioritariamente CH₄ (Martins, 2023).

Comparativamente com outras fontes emissoras de GEE do setor agropecuário (figura 5), onde se incluem o tratamento de dejetos animais, o cultivo de arroz, a queima dos resíduos agrícolas e o uso do solo, a fermentação entérica, e consequentemente a pecuária, tem dominado o valor das emissões (Min *et al.*, 2022; SEEG, 2023).

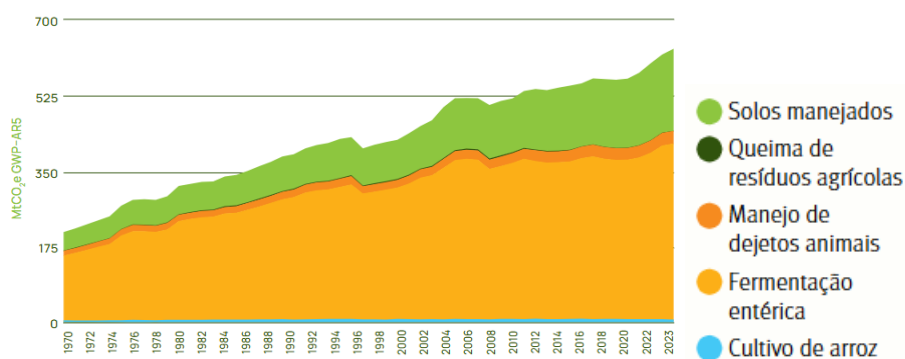


Figura 5 - Emissões da agropecuária por subsetor no período de 1970 até 2023 no Brasil (Fonte: SEEG, 2023).

Dos gases emitidos na agropecuária, em 2023, a agricultura correspondeu a 20% (127,6 MtCO₂e), enquanto a pecuária 80% (503,5 MtCO₂e), isso retrata um aumento de 5% e 1%, respetivamente, em relação ao ano de 2022, somente à fermentação entérica correspondeu a cerca de 64,2% do total (SEEG, 2024; Figueiredo *et al.*, 2023; Min *et al.*, 2022). Ainda segundo os mesmos autores, no Brasil os bovinos de corte apresentaram um total de 417,6 MtCO₂e contra 51,9 MtCO₂e da produção de leite, em 2023.

Em Portugal, a atividade agrícola foi a responsável pela emissão de 7,0 MtCO₂e em 2023 (INE, 2025), o que corresponde uma intensidade média de 1,7 tCO₂e ha⁻¹ de Superfície Agrícola Útil. O gráfico abaixo (Figura 6) apresentado, mostra a intensidade da emissão de GEE em tCO₂e ha⁻¹ de SAU associadas às atividades agrícolas em Portugal no ano agrícola de 2023/2024.

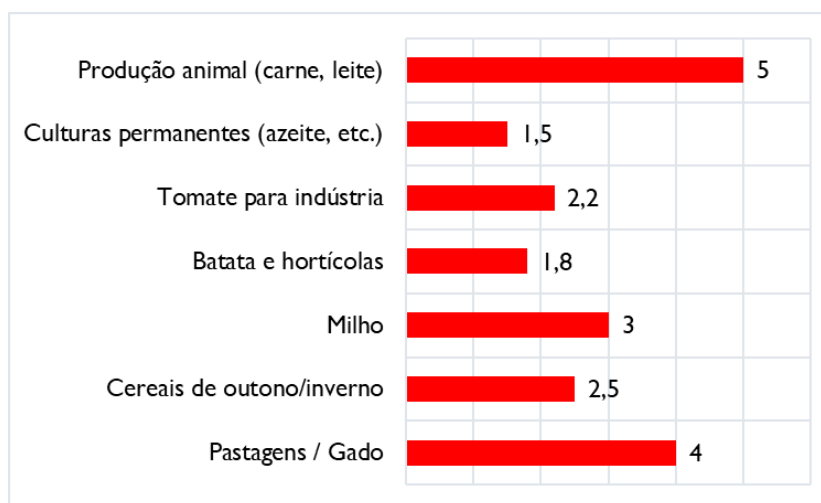


Figura 6 - Emissões de GEE (tCO₂e ha⁻¹ de SAU) por atividade agrícola em Portugal, 2023/2024.

(INE, 2025).

Na figura 6, acima, observa-se que a produção animal, incluindo produção animal de carne e leite, apresenta a maior intensidade de emissão, o que reflete o impacto do metano proveniente da fermentação entérica e do manejo de dejetos. As pastagens e forragens seguem em segundo lugar, também relacionada à pecuária, enquanto culturas

como milho e cereais de outono/inverno apresentam emissões moderadas, em função do uso de fertilizantes e práticas de cultivo. As atividades hortícolas, como batata, hortícolas e tomates para indústria, bem como culturas permanentes como azeite e amêndoas, registram menores emissões por hectare, indicando menor intensidade de GEE por área cultivada (INE, 2025)

O metano produzido na fermentação entérica, é produzido pelos microrganismos do rúmen, o primeiro compartimento do estômago dos ruminantes, ele é responsável pelas quebras das fibras ingeridas pelo animal durante o pastejo (Santos *et al.*, 2025). A emissão de CH₄ ocorre porque o gás não é totalmente metabolizado durante a digestão, logo, uma parte dele é eliminada para o ambiente no processo de eructação (arrotos) (Santos *et al.*, 2023).

Esse aumento de GEE foi causado pelo crescimento do rebanho de 2022 para 2023, (SEEG, 2024). Em 2023 o rebanho bovino foi de 238,6 milhões de cabeças, em comparação com 234,9 milhões em 2022, um aumento de 1,6% (IBGE, 2025).

Devido a esse aumento do rebanho, o manejo inadequado das pastagens e a superlotação dos rebanhos acarretam compactação do solo, perda de matéria orgânica e degradação da estrutura física do solo. Tais processos reduzem a capacidade de infiltração da água e por consequência aumenta o escoamento superficial, o que promove erosão e perda de nutrientes essenciais (Parente & Maia, 2015). Tanto o Brasil, quanto Portugal, apresenta cerca de 60% do território destinado a pastagem e boa parte deles apresentam estágios avançados de degradação, o que intensifica os impactos ambientais e compromete a produtividade do setor pecuário (Carita, 2021; MapBiomas, 2024).

Com o surgimento da Revolução Verde e o incremento na produção, a utilização de fertilizantes industriais para suprir as demandas nutricionais, passou a ser algo recorrente e por consequência houve um aumento na utilização do nitrogênio (Santos *et al.*, 2013). O nitrogênio é um dos principais nutrientes para promover um rápido crescimento nas plantas, aumentando o rendimento das culturas e consequentemente na emissão de GEE (Pes, 2009).

A utilização desse nutriente em fertilizantes, libera, de forma direta e indireta, N_2O , devido à liberação da amônia (NH_3), óxidos de nitrogênio (NO_x) e nitrato (NO_3), e posteriormente a transformação em N_2O , que ocorre pelo processo de nitrificação e desnitrificação (IPCC, 2023; Santos *et al.*, 2013).

De acordo com a SEEG (2024) a emissão de gases causadas pela utilização de fertilizantes sintéticos nitrogenados foi de 37,6 MtCO₂e, um aumento de 0,7% (Figura 7) em relação ao ano anterior (37,3 MtCO₂e em 2022). De acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (2024) esse aumento ocorreu devido a maior aplicação de insumos no campo, e pelo maior consumo de calcário agrícola que agora é a quarta maior fonte de emissão da agropecuária, enquanto a agricultura é a segunda.

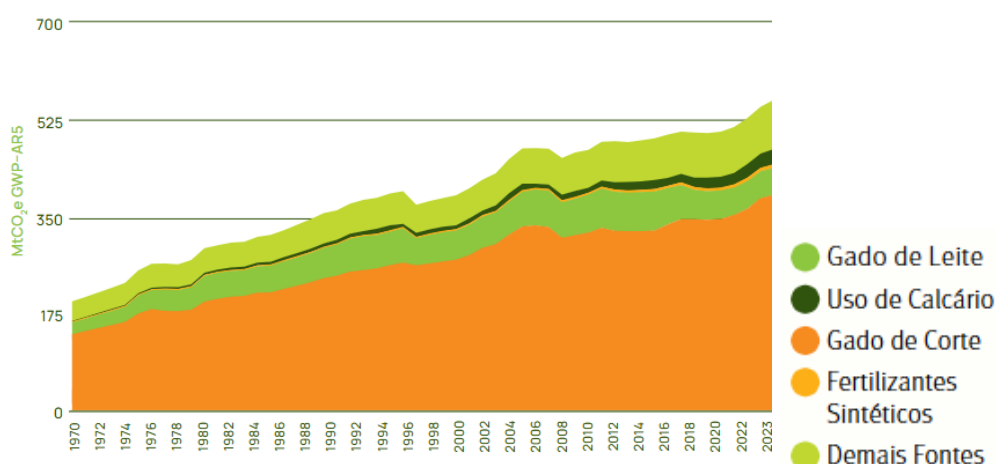


Figura 7 - Emissões da agropecuária pelas principais fontes no período de 1970 até 2023 no Brasil.

(Fonte: SEEG, 2023).

O manejo do solo, em Portugal, representa uma significativa parcela das emissões do setor agropecuário, segundo o Relatório Nacional de Inventário de 2024 da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2024), em 2022 o setor foi responsável por 6,9 MtCO₂e, o que corresponde aproximadamente 10% das emissões nacionais dos GEE. Ainda de acordo com a APA (2024) essas emissões são em sua maioria de N_2O , resultando da aplicação de fertilizantes sintéticos, da deposição de dejetos animais em pastagens e da decomposição de resíduos vegetais. Além do mais, o setor emite CO_2 devido a aplicação

de corretivos calcários e ureia, fontes que, embora represente uma fração menor do total, reforçam a relevância do manejo do solo no inventário nacional das emissões (APA, 2024).

De acordo com o Fundo Mundial para a Natureza (WWF, em inglês), a expansão pecuária está entre as principais causas de desmatamento, o que resulta na fragmentação de habitats e ameaça a fauna e flora nativas, além do mais, a degradação ambiental provocada por práticas inadequadas de manejo, afeta a resiliência dos ecossistemas (WWF, 2022).

Por fim, o manejo de dejetos, apresenta 28,8 MtCO₂e, o que corresponde a 4,6% do setor, o que foi uma redução de 0,6% em comparação com 2022, o que ocorreu devido a redução do plantel de suínos (SEEG, 2024).

O inadequado manejo dos dejetos de origem animal, leva à contaminação dos corpos de água (Lana, 2024). Segundo esta autora, os processos de lixiviação e escoamento superficial transportam o nitrogênio e o fósforo para rios e lagos, o que contribui para a eutrofização e perda da qualidade da água.

2.3.2. Práticas de manejo sustentável em pastagens e estratégias de mitigação das emissões de gases na pecuária

O manejo da pastagem de forma adequada, tem recebido destaque na luta contra o aumento do efeito estufa, principalmente ao atuar em favor do sequestro de carbono (Paulino & Teixeira, 2015).

A qualidade nutricional do solo afeta a produção de biomassa aérea e radicular, que por sua vez, afeta de forma direta a quantidade de resíduos depositados no solo e por consequência o sequestro de carbono (C) (Paulino *et al.*, 2012). Segundo pesquisas realizadas em diferentes partes do globo, estima-se que as práticas de manejo da fertilidade do solo em pastagens podem aumentar de 50 para 150 kg ha⁻¹ a quantidade de C sequestrada (Resende, 2015). Por outro lado, quando não há aplicação de

nitrogênio no solo e as pastagens são pouco utilizadas ou mal manejadas, ocorre uma liberação significativa de carbono para a atmosfera, aproximadamente 57 g C m⁻² por ano, devido à menor atividade fotossintética e à redução da capacidade das plantas em fixar carbono no solo (Guimarães *et al.*, 2015). Estes autores afirmam, ainda, que a conversão de terras aráveis em pastagens perenes apresenta efeito positivo sobre o balanço de C no sistema, apesar de o efeito ter sido mais claro nos três primeiros anos após a conversão.

A redução do uso de fertilizantes sintéticos, bem como a redução da concentração de animais, reduz as emissões de CH₄ e N₂O por unidade de área. Tal tipo de estratégia diminui o potencial de sequestro de C pelo solo (Sotta *et al.*, 2020). Isso ocorre porque a menor disponibilidade de nutrientes e a menor deposição de resíduos orgânicos no solo reduzem a atividade microbiana e o acúmulo de matéria orgânica estável, limitando o sequestro de carbono (Teixeira *et al.*, 2008). Em contrapartida, em sistemas com maior uso de fertilizantes (especialmente os de origem orgânica ou em doses equilibradas) há estímulo ao crescimento vegetal e à deposição de resíduos radiculares e foliares, o que pode aumentar o sequestro de carbono no solo, compensando parte das emissões adicionais de CH₄ e N₂O (Teixeira *et al.*, 2008).

Tais resultados fortalecem a hipótese de que o aumento das emissões de CH₄ e N₂O é compensado pelo sequestro de C pelo solo (Paulino & Teixeira, 2015), o aumento nas emissões está relacionado principalmente ao uso intenso de fertilizantes nitrogenados e ao aumento da lotação animal, que intensificam a produção de óxido nitroso pelo solo por meio da nitrificação e desnitrificação, e de metano pela fermentação entérica e manejo de dejetos (Teixeira *et al.*, 2008). Em sistemas com bom manejo, parte das emissões podem ser compensadas pelo maior acúmulo no solo de carbono orgânico, resultado do aumento da produtividade das plantas e da deposição de resíduos orgânicos (Almeida, 2018).

Para mitigar o efeito estufa, o manejo da pastagem busca otimizar a produção de biomassa, melhorar o desempenho animal, elevar a produção por área, garantir a

persistência da pastagem, entre outros (Valada *et al.*, 2012; Paulino & Teixeira, 2015). A combinação destas estratégias permite a elevação da produção pecuária por unidade de área, enquanto preserva a capacidade de suporte da pastagem e minimiza impactos ambientais, promovendo sistemas mais sustentáveis e resilientes (Paulino & Teixeira, 2015).

O manejo correto do pastejo deve incluir: a avaliação da altura da entrada na área de pastejo, o período de descanso, resíduos pós pastejo e o período de ocupação. Cada uma dessas etapas precisa ser recomendada de acordo com a espécie vegetal, solo, clima e o tipo de animal que estará naquele piquete (Guimarães, *et al.*, 2015).

Essas ações de manejo da pastagem permitem um monitoramento dos animais e da vegetação. Uma baixa taxa de lotação resulta no subpastejo, ou seja, uma sobra excessiva do pasto o que acarreta numa perda de qualidade e o baixo valor nutricional (Vasques, 2014) e numa maior seleção das plantas ingeridas pelos animais o que leva a que as plantas de menor qualidade aumentem nos anos seguintes. Em contrapartida, numa pastagem com alta taxa de lotação pode ocorrer superpastejo, que compromete a produção da pastagem e inviabiliza a produção animal além de acelerar a degradação do pasto (Paulino & Teixeira, 2015). É necessário conhecer a taxa de lotação ótima, que é variável de acordo com o tipo de pastagem e a produção animal (Paulino *et al.*, 2012).

A introdução de leguminosa nas pastagens também se tem mostrado uma prática eficaz para elevar a sustentabilidade em sistemas pecuários (Pedreira *et al.*, 2024). Tais plantas são capazes de fixar nitrogênio atmosférico e reduzir a necessidade de fertilizantes nitrogenados sintéticos, que são grandes emissores de GEE (Paulino *et al.*, 2008). Além do mais, as leguminosas aumentam o teor proteico da erva promovendo maior biodiversidade no sistema, aumentando o ganho tanto na produtividade animal quanto na redução de emissões totais por hectare (Figueiredo *et al.*, 2021).

Outra estratégia promissora é a integração Lavoura-Pecuária (ILP), porque promove o uso eficiente da Terra ao permitir uma alternância e consorciação entre culturas agrícolas e pastagens (Queirós, 2020). Tal sistema permite uma melhoria no

sequestro de carbono, diversifica a renda do produtor e ainda reduz a necessidade de abertura de novas áreas de vegetação nativa para posterior produção (Cordeiro *et al.*, 2017). Segundo Machado *et al.* (2011), a ILP permite o aumento da produtividade do solo e contribui para a mitigação das emissões por intensificar de forma sustentável sistemas agropecuários.

A sustentabilidade no manejo das pastagens também depende da conservação dos recursos hídricos e do solo (Jardim & Bursztyn, 2015). A utilização de uma boa cobertura vegetal, por meio de práticas de pastejo rotacionado e adubação equilibrada, permite uma ótima infiltração da água no solo reduzindo o escoamento superficial e evitando processos erosivos, além do mais ao minimizar a compactação do solo, o produtor garante maior atividade microbiana, o que é essencial no ciclo de nutrientes e no sequestro de carbono no solo (Oliveira *et al.*, 2020).

Outra estratégia mitigadora é a substituição parcial de fertilizantes sintéticos por bioinsumos e adubos orgânicos, como a compostagem de esterco (Souza, 2025). Essa prática permite uma melhoria na qualidade biológica do solo estimulando a atividade microbiana e por consequência estimula a redução da emissão dos gases associada ao uso de fertilizantes, além disso, os bioinsumos contribuem para a resiliência dos sistemas frente a estresses climáticos e sanitários, sendo compatíveis com os princípios agroecológicos (Rezende, 2023).

Mais uma estratégia mitigadora relevante para o contexto da pecuária sustentável, consiste em assegurar que a nutrição dos animais ocorrerá de modo adequado e que o manejo sanitário dos mesmos será rigoroso (Beauchemin *et al.*, 2008; Hristov *et al.*, 2013). A oferta ininterrupta e de forma balanceada de nutrientes, aliada a prevenção de doenças, protocolos de vacinação eficazes e controle de parasitas, ajudam a aumentar o ganho de peso diário dos animais e sua produtividade individual (Bessa *et al.*, 2015). Dessa forma essa abordagem intensifica a eficiência produtiva deste sistema, diminuindo as emissões de gases de efeito estufa por unidade de produto, corroborando para a sustentabilidade ambiental dos sistemas pecuários (Freixial & Carvalho, 2013).

No campo zootécnico, o melhoramento genético de animais apresenta uma grande contribuição para a redução de emissões por unidade de produto (Silva, 2023). Animais mais eficientes convertem alimento em carne ou leite com menos produção de metano entérico por quilo do produto, além disso, o uso de raças adaptadas às condições locais permite melhor aproveitamento da pastagem e menor dependência de insumos externos (Rosa *et al.*, 2013; Januário, 2020).

O uso de tecnologias digitais no campo, como a utilização de sensores para solo, GPS e drones, permite um monitoramento constante da produção de biomassa, além de permitir observar a saúde dos animais e a eficiência do uso da Terra (Vasconcelos, 2020). Segundo Massruhá *et al.* (2023) e a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA (2023), a pecuária 4.0 aumenta a precisão no manejo, permitindo decisões mais rápidas e eficazes, o que reduz desperdícios e emissões associadas. Os sistemas digitais também auxiliam no ajuste dinâmico da lotação animal, promovendo maior equilíbrio ecológico.

Outro recurso tecnológico é o sistema *GreenFeed®* (C-Lock Inc.). Esta é uma tecnologia de contato mínimo (não invasiva) capaz de quantificar CO₂ e CH₄ entérico emitidos pelos bovinos, através da utilização voluntária de um cocho automatizado com estímulos alimentares. Estudos realizados por Hammond *et al.* (2016) e McGinn *et al.* (2021), “demonstraram alta precisão, com acordo de ~1 % em CH₄ e ~2–3 % em CO₂ em comparação à câmara de respiração” (McGinn *et al.*, 2021).

Na Europa continental, na Universidade de Milão/Anavrin, foi realizado uma pesquisa mais longa com o *GreenFeed®*, onde bovinos de corte foram acompanhados por um período de 210 dias (o primeiro teste com duração tão longa em animais de corte), objetivando avaliar táticas alimentares que diminuíssem o metano no cenário de baixo carbono (VetosEurope, 2024).

Em Portugal, o *GreenFeed®* foi utilizado no projeto LegForBov (Santos-Silva *et al.*, 2023) a fim de comparar diferentes dietas em novilhos cruzados Limousine × Alentejana, uma dieta possuindo maior quantidade de forragem e outra com

concentrados. Neste projeto foi possível concluir que a dieta à base de forragens fez com que aumentasse em 75% a emissão de metano, mas não aumentou a emissão de carbono por quilo de peso ganho e diminuiu a necessidade por insumos externos, visto que a maior eficiência na conversão alimentar da dieta baseada em forragens possibilitou que os animais aproveitassem melhor os recursos disponíveis, diminuindo a dependência de suplementos industriais e os impactos ambientais associados à produção e ao transporte desses insumos (Santos-Silva *et al.*, 2023).

Pesquisas desenvolvidas pela Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2014–2015), foram as primeiras na América Latina, chegando a registrar até 10 visitas por dia a cada animal, aumentando assim o banco de dados para a verificação de dietas mitigadoras (EMBRAPA, 2015). Mombach *et al.* (2016), testaram no Brasil no sistema ILPF o suplemento proteico *versus* o feno pelotizado, e assim foi possível verificar que o feno ajudou a aumentar o tempo de permanência dos animais no cocho, melhorando a coleta dos dados. Por meio destes resultados o *GreenFeed®* foi mais uma vez comprovado como ferramenta de precisão da pecuária e mitigação de GEE (Mombach *et al.*, 2016).

Por fim, o sistema agrossilvipastoril, que integram árvore, pastagem e animais, também apresentam grande potencial de mitigação dos impactos ambientais, visto que as árvores capturam CO₂ da atmosfera, fornecem sombra e abrigo aos animais e podem ainda servir de fonte de alimento (Balbino *et al.*, 2012). O microclima mais ameno, também, proporciona bem-estar ao animal e por consequência maior produtividade, esse sistema promove um ciclo mais equilibrado de nutrientes, além de aumentar a biodiversidade (Wendling *et al.*, 2021).

3. Materiais e Métodos

3.1. Caracterização do local de estudo

3.1.1. Localização do estudo

O Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I. P. (INIAV), é um laboratório do estado português, que desenvolve atividades de investigação nas áreas agronômica e veterinária. Tem como principais atribuições: desenvolver as bases científicas e tecnológicas de apoio à definição de políticas públicas sectoriais; promover atividades de investigação, experimentação e demonstração; assegurar as funções de Laboratório Nacional de Referência; cooperar com instituições científicas e tecnológicas afins, nacionais ou estrangeiras; participar na elaboração dos planos oficiais de controlo nas áreas da saúde animal, da sanidade vegetal e da segurança alimentar.

A presente pesquisa foi desenvolvida numa parcela localizada no Polo de Elvas do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV, I.P.), em Portugal, Estrada de Gil Vaz, Apartado 6, 7351-901 Elvas (Figura 8). As coordenadas são 38°41'43.0"N 9°19'16.2"W.



Figura 8 – delimitação total das instalações do INIAV em Elvas (azul) e delimitação da parcela onde foi instalado o ensaio (amarelo).

FONTE: Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

3.1.2. Caracterização edafoclimática

O solo da parcela do INIAV-Elvas onde foi instalado o ensaio, pertence à família dos Solos Mediterrâneos Pardos de Quartzodioritos (Pmg), que segundo Cardoso (1965), tem textura franco-argilo-arenosa e valores médios de pH entre 5,5 e 7,5. Este solo corresponde a um Luvisolo segundo a Base de Referência para os Solos do Mundo (Bridges, 1998) World Reference Base for Soil Resouces (WRB).

Dado que Elvas se situa no Alentejo (sul de Portugal), está sob o efeito do clima mediterrânico. De acordo com a classificação de Köppen, corresponde-lhe o tipo climático Csa. Esta designação significa que o clima é temperado (C) com verões secos (s) e quentes (a). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a temperatura média do mês mais frio varia entre 0 e 18°C. Deste modo, a estação chuvosa ocorre maioritariamente no Inverno, quando as temperaturas são baixas, o que limita o crescimento das plantas, enquanto na Primavera-Verão quando as temperaturas são mais favoráveis ao crescimento das plantas, a falta de água limita ou impede esse crescimento.

A partir dos dados usados para a construção da figura 9, verificamos que a precipitação no ano agrícola em que o ensaio decorreu (2024/25), foi de 699,7mm, enquanto a normal climatológica (período 1991-2020) foi de 534,5 mm, ou seja, choveram mais 165,2 mm, portanto comparando com a média, o ano do ensaio foi mais húmido.

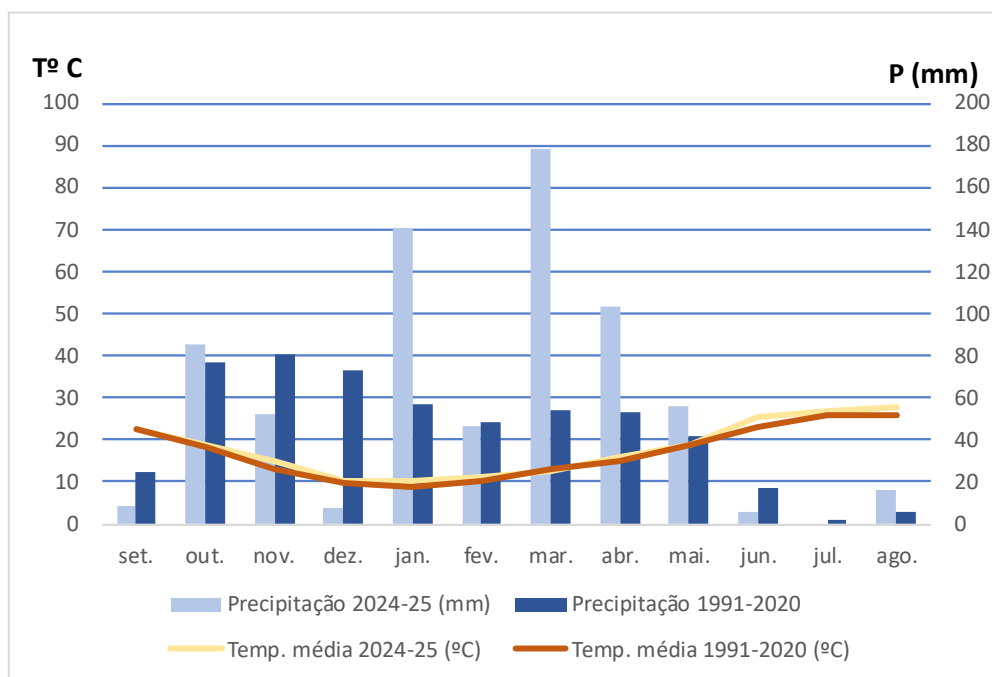


Figura 9 – Temperatura média mensal e precipitação mensal total no ano do ensaio e na normal climatológica (1991-2000) para Elvas.

Fonte: IPMA (2025); INIAV (2025)

A temperatura média no ano do ensaio foi de 17,9°C e a da Normal Climatológica foi 17.1°C, tendo assim existido 0,8°C acima da média anual.

Analisando de modo mais pormenorizado, no ano do ensaio o período mais chuvoso aconteceu entre janeiro e abril de 2025, tendo sido março o mês mais chuvoso (com 178 mm), enquanto junho e julho tiveram as precipitações mais baixas, com precipitação nula em julho.

De acordo com a normal climatológica, o período mais chuvoso ocorre nos meses de outubro, novembro (o mais chuvoso com 81 mm) e dezembro, com um total de 231 mm, ou seja 43% do total da precipitação média anual. No ano do ensaio, os três meses mais chuvosos foram janeiro, março e abril, com um total de 422m, ou seja 60% do total deste ano agrícola. Destes dados verificamos por um lado a irregularidade da distribuição da precipitação ao longo do ano no clima mediterrânico, por outro que o ano agrícola de 2024-25 teve uma primavera com mais precipitação do que a normal climatológica, o que terá sido favorável para o crescimento das plantas.

Quanto à temperatura, de acordo com a Normal Climatológica, os meses mais frios em Elvas são dezembro, janeiro e fevereiro, enquanto os meses mais quentes são julho e agosto. Qualitativamente esta relação manteve-se em 2024/25. Contudo, quantitativamente verificou-se uma tendência para o aumento de temperatura no ano do estudo. Assim, enquanto em 2024-25 as temperaturas mais baixas variaram entre 10,1 °C em janeiro e 11,1 °C em fevereiro, na Normal Climatológica variaram entre 9°C e 10,3°C nos mesmos meses. Já as temperaturas mais elevadas foram de 27°C em julho de 2025 e 27,8 em agosto de 2025 e na Normal Climatológica foram, respectivamente de 25,8 e 25,9. Estas temperaturas mais elevadas nos meses de verão no ano do ensaio, reforçam o estresse hídrico que as plantas sofrem durante os meses de verão.

Assim, é possível observar uma estacionalidade, variando entre um período chuvoso e frio (geralmente de outubro a março) e um período seco e quente (de maio a agosto). Esse padrão climático tem influência direta na produção de biomassa, no crescimento e persistência das pastagens e no processo de emissão de GEE no solo, dado que a disponibilidade hídrica e a temperatura são fatores cruciais nos processos biogeoquímicos.

3.2. Materiais

Para a execução das diferentes etapas do experimento foram utilizados materiais específicos e adequado às atividades de campo e laboratório.

A medição da produção de biomassa em cada data foi realizada utilizando um *Rising Plate Meter* (RPM).

Para a realização da separação botânica foram cortadas amostras da biomassa aérea (rente ao solo), recorrendo a tesouras elétricas, numa área de 0,25 m² delimitada por molduras retangulares de metal. O material coletado foi acondicionado em sacos, que foram identificados e transportados para o laboratório. Na fase laboratorial a

biomassa fresca, de cada amostra, foi pesada com auxílio de uma balança eletrônica de precisão, disposta sobre uma bancada estável. Cada amostra foi separada manualmente nas várias espécies que a constituíam. Posteriormente, os constituintes de cada espécie nas amostras foram dispostos em bandejas metálicas numeradas e inseridas na estufa de circulação forçada de ar, mantidas a uma temperatura constante de 65 °C até peso constante, após o que foram pesadas.

Para o monitoramento dos gases do efeito estufa foram instalados tubos de coleta confeccionados em PVC, fixados ao nível do solo. Utilizaram-se tampas vedantes, seringa e tubos em vidro vedados para a coleta dos gases.

A medição das emissões entéricas de metano foi conduzida com o uso do equipamento *GreenFeed*® que foi instalado nas parcelas experimentais. Sendo o *GreenFeed*® um equipamento portátil que permite que sejam medidas as emissões entéricas de metano em ruminantes (neste caso novilhas) de modo não invasivo, registrando o gás que é exalado pelos animais durante sua alimentação, permitindo que seja realizado um monitoramento preciso e contínuo das emissões de cada animal em condições reais de manejo.

Este sistema permitiu a quantificação individual dos gases emitidos pelos bovinos em cada parcela, foram utilizadas 20 novilhas, distribuídas de forma a garantir a maior homogeneidade possível entre as parcelas. Assim, a alocação dos animais foi realizada com base no número de visitas que cada novilha efetuou ao equipamento. Esta ação foi realizada com base numa colaboração já existente entre o INIAV e a Associação de Criadores de Bovinos Mertolengos - ACBM.

3.3.Métodos

3.3.1.Delineamento Experimental

O ensaio foi delineado para estudar 3 diferentes tipos de pastagem (3 tratamentos ou modalidades): (i) mistura semeada rica em leguminosas (LEG_75) com 75% de leguminosas e 25% de gramíneas; (ii) mistura semeada rica em gramíneas

(GRA_75) com 75% de gramíneas e 25% de leguminosas e (iii) pastagem natural (NAT). Cada tratamento constituía uma parcela de terreno com cerca de 3ha, procurando-se que as áreas fossem o mais homogêneas possível tendo em consideração que iria existir um equipamento de medição de gases (*GreenFeed*®), ao qual todos os animais teriam que ter acesso. No total, o ensaio ocupou 9 ha.

Em cada parcela consideraram-se 4 repetições para colheita de amostras de solo (cada uma composta por 5 subamostras), amostras de ar em câmaras respiratórias de solo e colheita de biomassa para análise da composição botânica. Foi planeado que cada parcela fosse utilizada por 7 animais, que se procurou fossem o mais homogêneos possível entre si e sujeitas a um período prévio de adaptação ao *GreenFeed*®. No início do ensaio um dos animais da parcela LEG_75 morreu pelo que o ensaio decorreu com 20 animais no total.

Para a colheita de dados com o RPM foram considerados 3 transeptos entre as 4 câmaras respiratórias de solo.

3.3.2. Análises de solo

No dia 07/01/2025 foi feita a análise de solo do local, onde cada amostra foi recolhida a 30 cm de profundidade, composta por 5 subamostras em cruz (uma subamostra central e 4 em cruz a 1 metro de distância). Sendo utilizado para a análise da matéria orgânica e do carbono orgânico, o método de Walkley & Black de acordo com o procedimento operacional GLOSOLAN-SOP-02, onde o carbono orgânico oxidável no solo é oxidado por uma solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,167 M em meio ácido e o teor de carbono orgânico é calculado com base na quantidade de íons de cromo (Cr^{3+}) formados, medindo a absorvância a 600 nm em um espectrofotômetro UV/Vis. O teor de matéria orgânica foi calculado multiplicando o teor de carbono orgânico por 1,724 (admitindo que o carbono compõe 58% da matéria orgânica). Os resultados foram expressos em % de terra seca ao ar.

3.3.3. Implantação da Pastagem

A semeadura, com um semeador de sementeira direta, foi realizada no dia 24 de outubro de 2023 com misturas de sementes de leguminosas e gramíneas, feitas especificamente para o local, com base em análises de solo e conhecimento das condições climáticas.

As misturas, utilizadas nas parcelas semeadas, eram constituídas pelas mesmas espécies e variedades, apenas a proporção era diferente. O objetivo era ter uma mistura rica em leguminosas (LEG_75) com 75% de leguminosas e 25% de gramíneas (tendo-se conseguido que tivesse 75,65% de leguminosas e 24,35% em gramíneas), cuja composição, em espécies e variedades, se encontra no Quadro A1.1 do Anexo I e a mistura rica em gramíneas (GRA_75) foi feita de modo a ter 75% de gramíneas e 25% de leguminosas (tendo-se conseguido 77,59% de gramíneas e 22,41% de leguminosas) - (Quadro A1.2 do Anexo I), isto em número de sementes. Estas duas parcelas semeadas foram também comparadas com uma terceira parcela que denominamos NAT (natural), constituída pelas espécies espontâneas.

3.3.4. Avaliação da Produção de Matéria Seca

A evolução da produção, a partir de 20/02/2025, foi registrada semanalmente com o uso do Rising Plate Meter (RPM) em três transeptos por tratamento, correspondendo ao percurso entre os pontos onde estavam instaladas as “câmaras de respiração do solo”.

A contagem do tempo para a produção de matéria seca foi efetuada considerando como dia 1, o dia 1 de Outubro de 2025. O início das observações, no dia 20/02/2025 corresponde ao dia 142 (D142), a biomassa medida a 3/6/2025, próximo da data da entrada dos animais na parcela, corresponde ao dia 245 (D245), o fim do ensaio em 18/07/2025 (para efeitos deste trabalho) corresponde ao dia 290 (D290).

O Medidor de Prato Ascendente ou Rising Plate Meter (RPM), é um equipamento usado para se fazer uma estimativa de forma indireta da biomassa disponível em pastagens, medindo a altura média do pasto através da resistência que a vegetação exerce sobre uma placa móvel e os valores são transformados em biomassa (kg de matéria seca ha⁻¹) com a ajuda de equações de calibração, ajustadas usando como base amostragens pesadas diretamente em campo. No presente trabalho, converteu-se a altura H fornecida pelo equipamento em kg de matéria seca ha⁻¹, multiplicando H por 106,18 (Simões *et al.*, 2024).

3.3.5. Análise da Composição Botânica

Durante o desenvolvimento da pastagem, no dia 28 de abril de 2025, foi realizada a recolha de uma amostra de 0,25 m² para avaliação da composição botânica, junto a cada área destinada à coleta de gases do solo em cada um dos quatro pontos de cada parcela. A coleta consistiu na demarcação de subáreas representativas, onde o material vegetal foi cortado ao nível do solo, acondicionado em sacos identificados (Figura 10).



Figura 10 - Demarcação e coleta de material vegetal para separação botânica.

O material coletado foi separado manualmente de acordo com as espécies presentes e, posteriormente, categorizado em três grupos funcionais: gramíneas, leguminosas e outras espécies (Figura 11). Esta análise permitiu avaliar a contribuição relativa de cada grupo vegetal para a composição da pastagem.



Figura 11 - Separação botânica.

A biomassa aérea coletada nas parcelas foi acondicionada em caixas identificadas, e em seguida pesada para determinação da massa fresca. A pesagem foi realizada utilizando uma balança eletrônica de precisão da marca Sartorius®, garantindo acurácia nos registros (Figura 12). Cada amostra foi identificada e registrada manualmente em fichas de campo para controle dos dados experimentais. O processo foi conduzido em bancadas apropriadas com uso de peneiras metálicas retangulares como suporte auxiliar na triagem e organização das amostras vegetais visando otimizar o manuseio e evitar perdas do material. Essa etapa foi essencial para quantificar a produção de pastagem in natura antes do processo de seca na estufa.

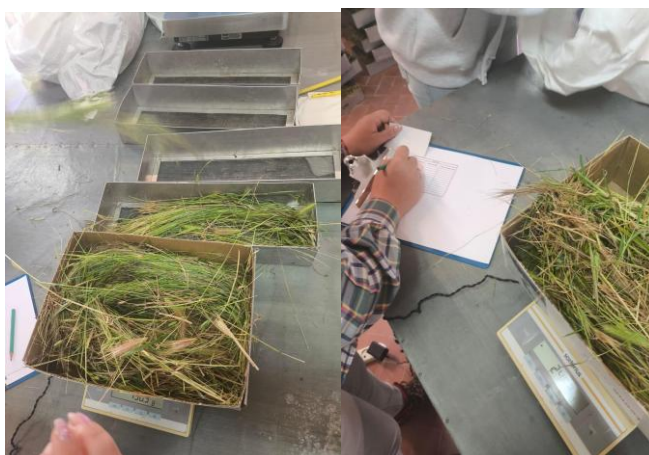


Figura 12 - Pesagem e identificação do material vegetal a ser estudado.

Após a pesagem da biomassa fresca as amostras foram acondicionadas em bandejas metálicas numeradas e em seguida levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar. As bandejas foram distribuídas uniformemente nas prateleiras internas das estufas, a uma temperatura constante em 65 °C, até atingirem peso constante (Figura

13), procedimento necessário para eliminar a umidade e estimar com precisão a matéria seca (MS).



Figura 13 - Secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada de ar.

3.3.6. Introdução dos Animais e Uso do *GreenFeed*®

As novilhas passaram inicialmente por um período de duas semanas de ambientação, de 26 de maio a 9 de junho, em uma área de 400 m², onde receberam feno como alimento e tiveram acesso ao equipamento *GreenFeed*®. O engodo utilizado para que as novilhas visitassem o equipamento foi um concentrado com 15,8% de proteína bruta, 6,2% de fibra bruta, 4,5% de gordura bruta.

Com base nesse teste inicial, foram selecionadas as vacas que apresentaram maior frequência de acesso ao equipamento e, a partir daí, divididas de forma homogênea em três grupos experimentais, correspondentes aos três tratamentos em estudo. Após a fase de ambientação, os animais permaneceram nas áreas experimentais compostas por gramíneas (GRA_75), leguminosas (LEG_75) e pastagem natural (NAT) (Figura 14). O *GreenFeed*® ficou posicionado de forma central, permitindo o acesso dos três grupos, sendo a rotação entre áreas controlada por cancelas (Figura 15).



Figura 14 - Local de ensaio, onde a área em amarelo é a parcela *GRA_75*, a encarnado *LEG_75* e a azul *NAT*.

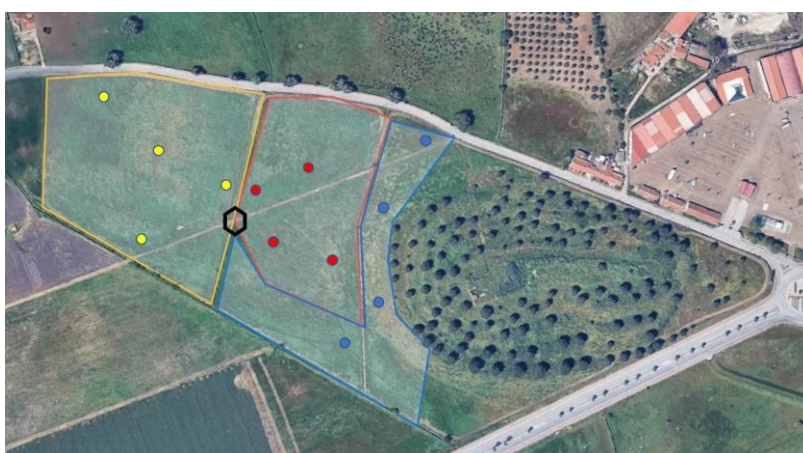


Figura 15 - Pontos de cores correspondentes às câmaras de respiração e que também correspondem ao sítio onde fizemos o corte para a separação botânica e a preto o local onde estava o *GreenFeed®*.

No dia 9 de junho de 2025 foram introduzidas 20 novilhas da raça Mertolenga, previamente habituadas a utilizarem o sistema *GreenFeed®* equipamento utilizado para medição individual das emissões entéricas de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (Figura 16). Foram separadas em três grupos e cada grupo ficou permanentemente num dos tratamentos. Na parcela rica em leguminosas ficou um grupo de 6 novilhas, e nas outras duas parcelas (parcela rica em gramíneas e parcela com pastagem natural) 7 novilhas em cada.



Figura 16 - GreenFeed®, equipamento utilizado para medição individual das emissões entéricas de metano (CH₄).

A cada quatro dias, era alterado o acesso de cada grupo ao sistema, permitindo que apenas um deles, durante esses dias, tivesse acesso ao *GreenFeed®*. Assim, durante o período de estudo, cada grupo acedeu durante 12 dias ao equipamento, de modo intermitente. Esta estratégia visava garantir a coleta equilibrada de dados referentes às emissões entéricas dos animais nas diferentes parcelas.

Além da identificação das novilhas, foi registrado o período exato em que cada grupo teve acesso ao *GreenFeed®*. Por exemplo, no dia 09/06 às 7h00, o grupo da parcela de leguminosas iniciou o acesso ao equipamento, que terminou no dia 12/06 às 7h00. Imediatamente após o grupo da parcela de gramíneas começou seu período de acesso, que se estendeu até o dia 16/06, e assim sucessivamente para os demais grupos. Dessa forma, cada grupo completou quatro períodos intermitentes de acesso ao *GreenFeed®*, sendo o último período encerrado em 21/07. Esse detalhamento permite acompanhar de forma precisa a distribuição temporal do uso do equipamento e garante a correta interpretação dos dados de emissões entéricas.

3.3.7. Monitoramento dos Gases de Efeito Estufa no Solo

A medição dos gases foi realizada por meio da instalação de câmaras de respiração do solo em doze pontos de amostragem distribuídos nas parcelas experimentais. Durante o período de estudo foram realizadas recolhas (Figura 17) em

oito datas (14 de março, 16 de abril, 12 de junho, 26 de junho, três de julho, 15 de julho, 18 de julho e 24 de julho), num total de 261 amostras. Em cada ponto foram realizadas três coletas, da atmosfera, sequenciais: a primeira com os tubos abertos (após o que eram imediatamente fechados), a segunda, com os tubos fechados, após 30 minutos, e a terceira 30 minutos após a segunda coleta. Este procedimento visou quantificar as emissões acumuladas de gases, como CO₂, CH₄ e N₂O, em diferentes estágios de confinamento dos fluxos gasosos no solo.

Antes da recolha da amostra de gases foi efetuada a medição da temperatura do solo utilizando o termômetro de solo que se encontra na figura 17.



Figura 17 - Procedimento de instalação e coleta de gases do solo com tubos fixados ao nível do solo e medição da temperatura do solo.

4. Resultados e Discussão

4.1. Produção de biomassa

Ao longo dos dias a evolução da produção de biomassa (kg ms ha^{-1}), demonstrou um comportamento inicial de crescimento, estabilização e posteriormente queda (Figura 18).

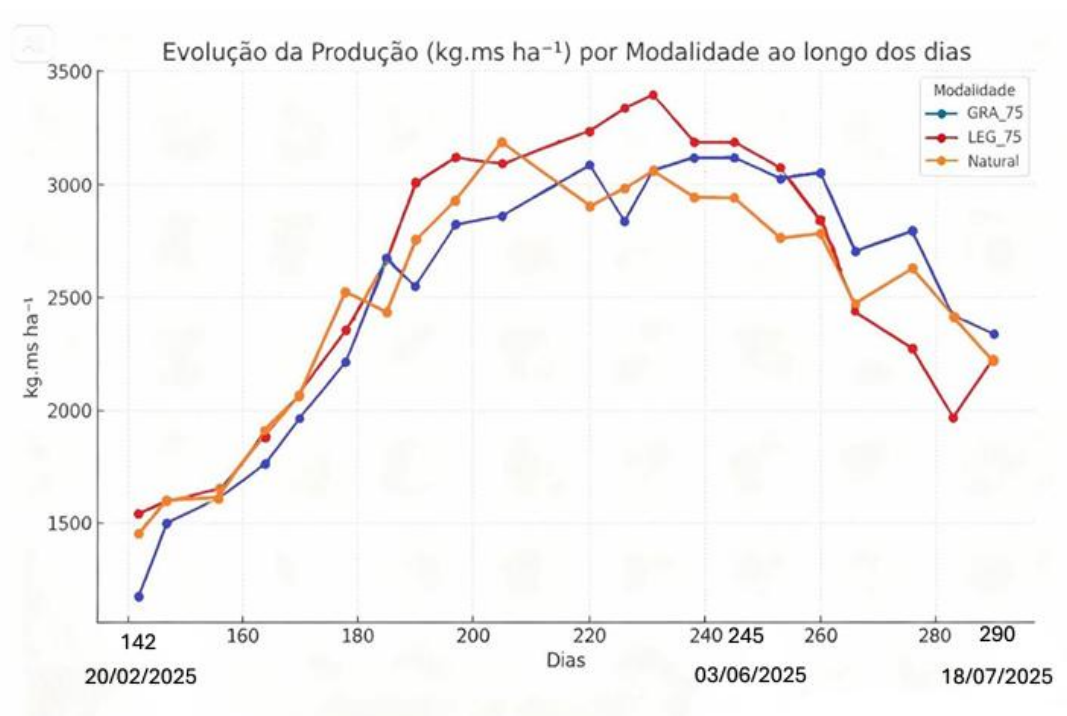


Figura 18 - Evolução da produção (kg ms ha^{-1}) por tratamento (GRA_75, LEG_75 e NAT) ao longo dos dias (142 dias, 245 dias e 290 dias).

Entre os dias 142 e 200 houve um crescimento mais acentuado, com valores próximos a $3.000 \text{ kg MS ha}^{-1}$ em todos os tratamentos. Seguido por um período de estabilidade que foi até aproximadamente o dia 240, devido em parte ao início da maturação das plantas, começando a partir desta data a ter uma queda na disponibilidade de massa seca. Esta redução da biomassa correspondeu à entrada das novilhas nas parcelas a partir do dia 9 de junho de 2025 e que corresponde ao dia 245.

O tratamento NAT exibiu o melhor desempenho inicial, no entanto, após o dia 250 LEG_75 sofreu uma queda considerável, enquanto GRA_75 apresentou maior estabilidade e se destacou na fase final do ciclo.

As medições foram feitas semanalmente com o RPM, permitindo entender melhor as variações observadas nos dias 142, 245 e 290.

Especificamente na produção de massa seca aos 142 dias (D142), ou seja 142 dias após o dia 1 de Outubro de 2024, que corresponde ao dia 20/02/2025, LEG_75 apresentou a maior produção média (1540 kg ms ha⁻¹), seguida de Natural (1450 kg ms ha⁻¹) e por fim a GRA_75, com valores em torno de 1175 kg ms ha⁻¹ (Figura 19), contudo as diferenças foram não significativas (quadro 3).

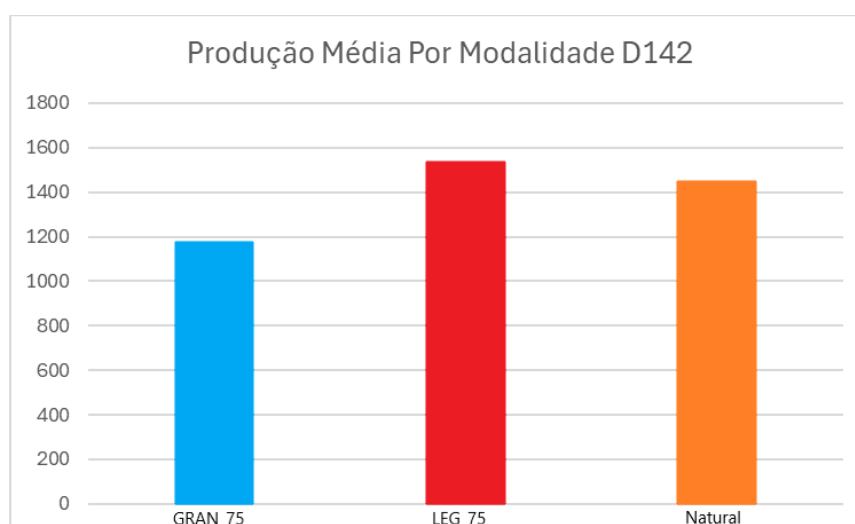


Figura 19 - Produção média de matéria seca (kg ms ha⁻¹) aos 142 dias (D142) em diferentes modalidades de pastagem (GRA_75, LEG_75 e Natural).

Estes resultados podem evidenciar alguma vantagem competitiva das leguminosas no final do inverno, altura em que o aumento da temperatura e da radiação solar favorece o seu desenvolvimento vegetativo, resultando no maior acúmulo de biomassa. Lopes (2012), em seus estudos com pastagens consorciadas nos Açores observou que houve maior produção de matéria seca em período de crescimento estendido na

primavera, destacando a contribuição das leguminosas para a qualidade e produtividade da forragem.

O desempenho limitado das gramíneas em D142, observado neste estudo, pode refletir que justamente o seu pico de crescimento já tinha ocorrido nos meses anteriores, apresentando um decréscimo relativo quando comparado as leguminosas. Esse padrão também foi descrito por Perdigão *et al.* (2021), onde este avaliou coberturas de inverno, nas quais as gramíneas se destacaram na fase inicial de crescimento, mas as leguminosas evidenciaram o maior potencial produtivo com o avanço da estação.

Os resultados obtidos aos 245 dias (D245), em 3/6/2025, em que as modalidades gramíneas (GRA_75) e leguminosas (LEG_75) apresentam produções médias de matérias secas semelhantes, em torno de 3100 a 3200 kg.ms ha⁻¹ (Figura 20), enquanto a vegetação natural apresentou valores ligeiramente inferiores kg.ms na ordem dos 2900 kg.ms ha⁻¹.

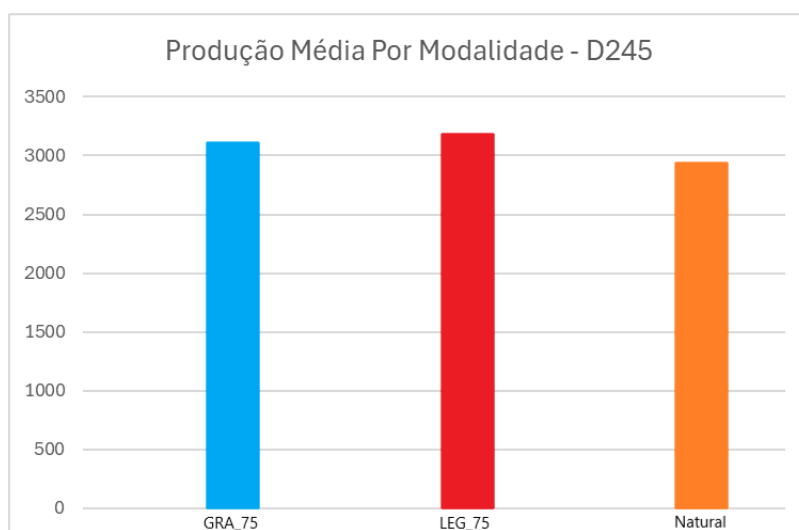


Figura 20 - Produção média de matéria seca (kg ms ha⁻¹) aos 245 dias (D245) em diferentes modalidades de pastagem (GRA_75, LEG_75 e Natural).

Embora as leguminosas tenham alcançado a maior produção dos blocos, também apresentaram maior variação indicando maior sensibilidade às condições ambientais. Já as gramíneas apesar de não atingirem picos tão elevados apresentaram estabilidade entre

os blocos, o que sugere maior resiliência às oscilações edafoclimáticas (Lorenzo, Braga & Torres, 2017).

Perdigão *et al.* (2021) destacam que as graminhas conseguem manter crescimento ativo mesmo sob baixas temperaturas típicas do inverno Mediterrâneo, o que explica a regularidade observada no tratamento GRA_75. Em contraste, as leguminosas reduzem significativamente o ritmo de crescimento nesse período, retomando maior vigor apenas na primavera o que justifica a maior variação produtiva observada nesse bloco de LEG_75. Por sua vez, Lopes (2012), evidencia que a inclusão de leguminosas pode elevar a qualidade da forragem sobretudo no teor proteico, mas sua resposta produtiva depende fortemente do manejo (Santos, 2018).

A análise da produção média de matéria seca aos 290 dias (D290), já no final do ensaio no mês de julho, revelou que a modalidade GRA_75 apresentou maior rendimento, com média de 2342,3 kg ms ha⁻¹, em comparação com as outras modalidades (Figura 21).

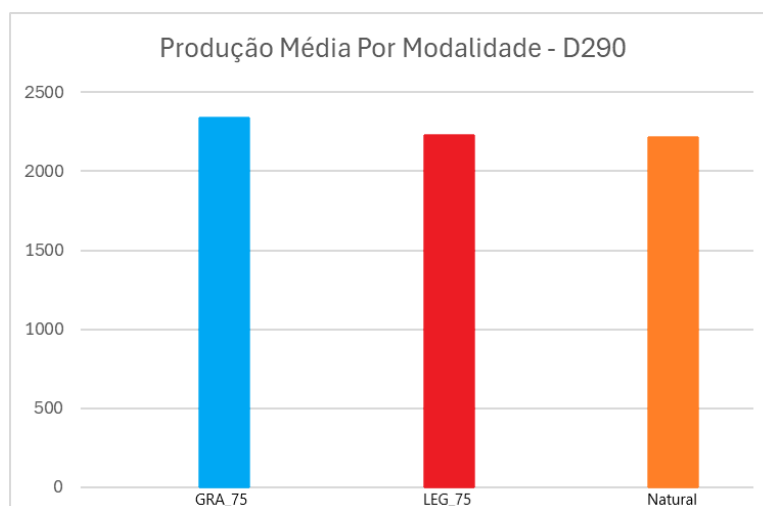


Figura 21 – Média da produção de matéria seca (kg ms ha⁻¹) aos 290 dias (D290) em diferentes modalidades de pastagem (GRA_75, LEG_75 e Natural).

A produção de biomassa aos 142 dias (Quadro 3) com $F = 4,505$ e $p = 0,064$, está próximo mas não atingiu significância estatística a nível de 5%.

Quadro 3 - Análise de variância (ANOVA) para a produção de matéria seca por hectare (kg.ms ha⁻¹) aos 142 dias. SS = soma dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = estatística de teste F; p = valor.

Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS error	F	p
kg.ms há-1_D142	216940,5	2	108470,3	144460	6	24076,66	4,505203	0,063867

Belo *et al.* (2019), analisaram pastagens de regadio, avaliando tanto a composição quanto o valor nutricional. Os autores destacaram que a presença de gramíneas e leguminosas influenciam diretamente a produtividade e a qualidade da forragem, mas que variações da proporção relativa das espécies podem ser moduladas por fatores como competição entre espécies e manejo da pastagem.

A medição realizada 245 dias após a o início do ciclo das pastagens não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos (Quadro 4) NAT, GRA_75 e LEG_75 (F = 0,505; p = 0,627). Esse resultado pode refletir a variabilidade natural das parcelas, o efeito das condições climáticas sobre o crescimento das espécies e a competição interespecífica que ocorrem nas pastagens mistas. A ausência da diferença estatística sugere que ao longo do ciclo o potencial produtivo dos três sistemas de pastagem tende a se aproximar, confirmando a resiliência na adaptação das espécies aos fatores mediterrânicos.

Quadro 4 - Análise de variância (ANOVA) para a produção de matéria seca por hectare (kg.ms ha⁻¹) aos 245 dias. SS = soma dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = estatística de teste F; p = valor.

Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
kg.ms ha ⁻¹ _D245	9733,2	2	48667	577701	6	96283,5	0,50546	0,6268

Santos (2018) relata que em pastagens com composições botânicas mistas, a resposta de aplicações de nutrientes pode variar indicando que a interação entre as espécies presentes pode influenciar de forma dinâmica as pastagens. Neste estudo não

se realizou adubação neste ano (ano seguinte à sementeira), mas a disponibilidade de nutrientes presentes no solo pode ter influenciado essa dinâmica.

A produção de biomassa ao final do ciclo (290 dias) não apresentou diferença estatística (Quadro 5) entre os tratamentos NAT, GRA_75 e LEG_75 ($F = 0,19$; $p = 0,830$).

Quadro 5 - Análise de variância (ANOVA) para a produção de matéria seca por hectare (kg.ms ha-1) aos 290 dias. SS = soma dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = estatística de teste F; p = valor

Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS error	F	p
kg.ms há-1_D290	28799,94	2	14399,97	450754,9	6	75125,81	0,191678	830437

Lorenzo, Braga & Torres (2017) investigaram a produção de biomassa seca e composição botânica das pastagens melhoradas de sequeiro, utilizando técnicas de agricultura de precisão. Os autores observaram que a produtividade das pastagens estava fortemente relacionada à presença equilibrada de gramíneas e leguminosas, mas que a composição botânica tende a se estabilizar ao longo do ciclo de crescimento, mesmo em sistemas melhorados.

4.2. Composição botânica da pastagem 1 ano após a sementeira

Na amostragem realizada no dia 28 de abril de 2025 (Figura 22), foi possível observar que, em média, nas três modalidades (GRA_75, LEG_75 e NAT), as gramíneas se mostraram em maior quantidade em todas as parcelas avaliadas. A mistura GRA_75 demonstra maior predominância quase que absoluta das gramíneas e nas parcelas da mistura LEG_75, ainda que a presença das leguminosas seja maior quando comparado aos outros tratamentos, o grupo das gramíneas continuou sendo dominante. Também em NAT (pastagem natural), foi possível observar novamente que as gramíneas se sobressaíram, com porcentagens próximas aos de GRA_75. Embora seja possível perceber a existência de variações na quantidade de leguminosas e de outras famílias nos

tratamentos, essas diferenças não são expressivas, permanecendo o domínio das gramíneas de modo geral nos tratamentos analisados.

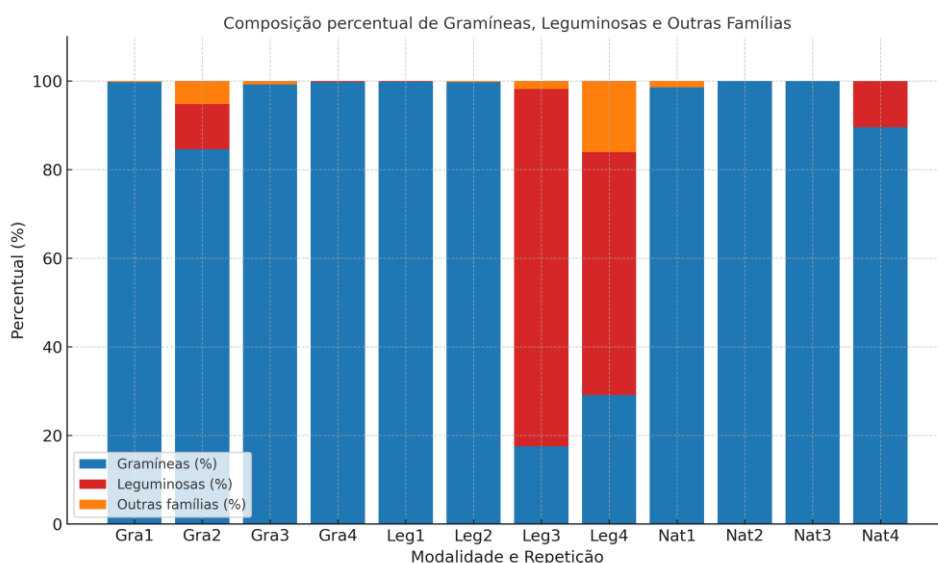


Figura 22 - Percentagem de gramíneas, leguminosas e outras famílias na média das 4 repetições de cada um dos 3 tipos de pastagem testados: pastagem rica em gramíneas (GRA_75) pastagem rica em leguminosas (LEG_75) e pastagem natural (NAT).

Quando analisamos as 4 repetições separadamente (Figura 23), verificamos que na pastagem rica em leguminosas, existe predomínio de espécies desta família nas repetições 3 e 4, enquanto nas repetições 1 e 2 existe reduzida quantidade de leguminosas, apesar de terem sido semeadas, o que indica elevada heterogeneidade da composição florística nas diferentes repetições dentro de cada tratamento. Esta heterogeneidade entre parcela pode ter contribuído para a não existência de diferenças significativas entre tratamentos para a biomassa produzida. Podem-se colocar várias hipóteses para a heterogeneidades da composição botânica das parcelas em geral e em particular, para a baixa percentagem de leguminosas nas repetições 1 e 2: (i) trata-se do segundo ano de ensaio (um ano após a sementeira) e o transporte de sementes no tudo digestivo dos animais (são consumidas num local e deixadas nas fezes em outro local) terá contribuído para esta heterogeneidade na distribuição de sementes nas parcelas do ensaio; (ii) adaptação das diferentes espécies a diferentes condições espaciais e de solo, podendo ser a heterogeneidade da condutividade elétrica aparente, que indica zonas

com maior acumulação de água, impermeabilização, concentração de sais, etc. (iii) elevada percentagem de sementes duras formadas no ano anterior, dado que foi um ano com elevada produção de semente (Simões, 2025, comunicação oral).

Para além da reduzida presença de leguminosas, existe reduzida presença das espécies semeadas, em geral. Como hipóteses para esta reduzida presença das espécies semeadas: i) visualmente encontramos espécies semeadas em vários pontos das parcelas, mas, como se referiu anteriormente, as parcelas estão muito heterogéneas, por se tratar do segundo ano após sementeira; (ii) o local de amostragem está associado às camaras de respiração do solo, para relacionar os gases emitidos com as espécies presentes nesse local, deste modo a amostragem da composição florística estava condicionada; (iii) a sementeira foi feita com recurso a sementeira direta, pelo que a flora espontânea não foi destruída pela mobilização prévia do solo. Em consequência seria espectável maior preponderância de espécies espontâneas, das quais grande parte eram gramíneas.

No ano da sementeira verificava-se já o predomínio das gramíneas, mas existia maior presença de leguminosas em todas as parcelas (figura 23A). Na repetição Leg2 (figura 23B) logo no primeiro ano da pastagem existiu reduzida presença de leguminosas. Isto pode dever-se a reduzida pressão de pastoreio sobretudo no inverno e início da primavera que conduz a que as gramíneas (mais favorecidas pelas temperaturas baixas do que as leguminosas) se desenvolvem mais, dominando as leguminosas. Estas produzem pouca semente e no ano seguinte poderão desaparecer, como se deduz pelos resultados das repetições Leg1 e Leg2 no ano do ensaio.

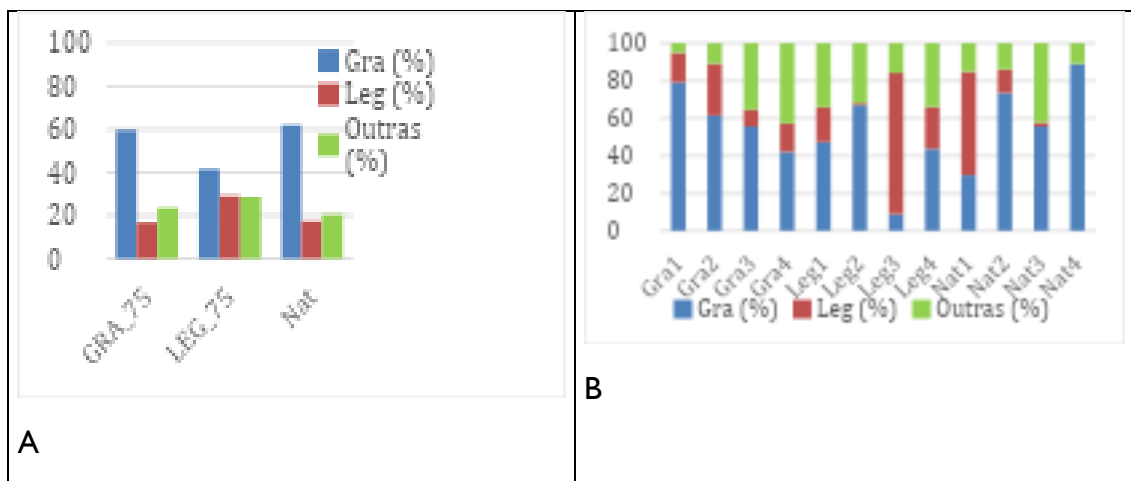


Figura 23 – Percentagem de gramíneas, leguminosas e outras famílias nos 3 tipos de pastagem no 1º ano do ensaio (2023/2024): pastagem rica em gramíneas (Gra) pastagem rica em leguminosas (Leg) e pastagem natural (Nat). A) media das 4 repetições; B- valores em cada

Na figura 24 verifica-se um predomínio de espécies não semeadas mesmo na parcela rica em gramíneas e na parcela rica em leguminosas. Isto poderá dever-se à já referida heterogeneidade das parcelas, por já estarmos no ano a seguir à sementeira, mas também ao fato de as pastagens terem sido instaladas por sementeira direta e sem qualquer aplicação de herbicidas, o que não destruiu as espécies espontâneas. Sugere-se, também, que em próximos trabalhos se faça um teste de germinação de semente, para verificar a percentagem de sementes duras.

As leguminosas semeadas apenas foram identificadas predominantemente na parcela LEG_75. Destas, a que mais se salienta é o *trifolium subterraneum*, seguida de *Trifolium incarnatum*, *Trifolium vesiculosum*, *Medicago polymorpha* e *Trifolium michelianum*.

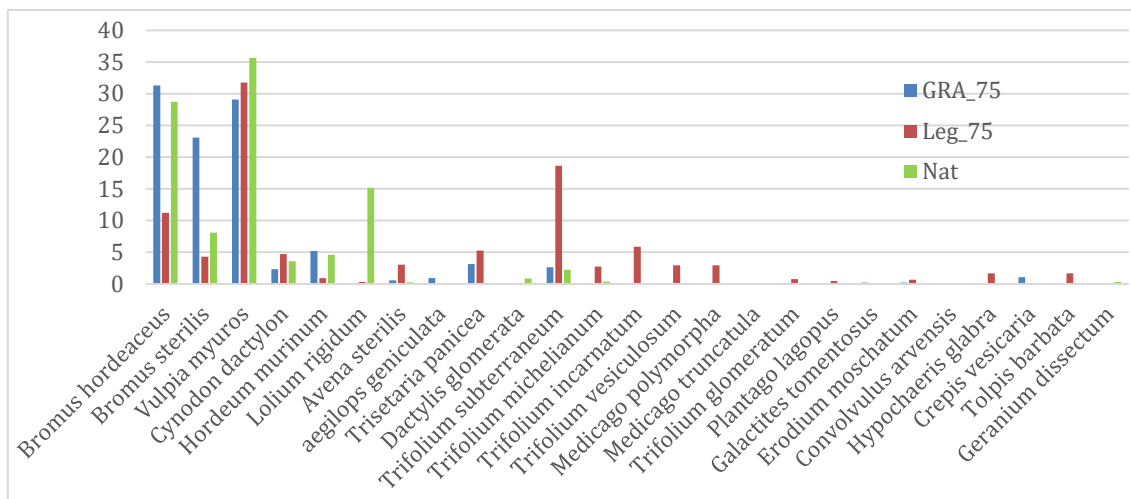


Figura 24 – Espécies identificadas nas 3 parcelas de pastagem em estudo (% de cada espécie em relação à matéria seca total).

Pode-se observar no quadro 6, que a composição botânica das pastagens não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Embora fosse esperado que GRA_75 tivesse maior proporção de gramíneas e LEG_75 maior proporção de leguminosas, os valores de F (2,37 e 2,31, respectivamente) não apresentaram significância estatística ($p > 0,05$). Este resultado pode ser associado a elevada variabilidade dentro de cada tratamento, a competição interespecífica e as condições edafoclimáticas e de manejo da pastagem que influenciaram o estabelecimento e a persistência das espécies semeadas. No que se refere a “outras famílias” também não diferiu entre os tratamentos ($F = 0,84$; $p = 0,460$), o que indica que a ocupação da área por plantas espontâneas manteve-se estável, ou seja, foi pouco afetada pelo tipo de pastagem implantada. De modo geral os resultados sugerem que ao longo do período avaliado, a composição relativa das espécies botânicas não teve diferenças significativas entre parcelas, reforçando a resiliência do ecossistema de pastagem nas condições mediterrânicas.

Quadro 6 - Análise de variância (ANOVA) para a proporção de diferentes grupos de plantas no pasto: gramíneas, leguminosas e outras famílias. SS = soma dos quadrados; df = graus de liberdade; MS = quadrado médio; F = estatística de teste F; p = valor de significância

Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Gramíneas (%)	3246,59	2	1623,29	6152,91	9	683,66	2,37	0,15
Leguminosas (%)	2610,47	2	1305,23	5065,74	9	562,86	2,32	0,15
Outras famílias (%)	37,24	2	18,62	197,96	9	22,00	0,85	0,46

Estudos realizados em Portugal por Ferreira (2020) corroboram com esses resultados, o autor destaca que a composição botânica das pastagens pode ser influenciada por diversos fatores como variabilidade temporal, competição intraespecífica e as condições edafoclimáticas, ele ainda apresenta que a variabilidade ao longo do tempo de espécies distintas, possa contribuir para a estabilidade da estrutura da pastagem ao longo do tempo.

Serrano *et al.* (2015) também observou, em sua pesquisa, que a variabilidade dentro e entre as parcelas em pastagens mediterrânicas está associada ao desenvolvimento das espécies semeadas e à adaptação e resistência da vegetação espontânea.

De modo parecido, Sousa (2024), destaca que as gramíneas demonstram maior aptidão para se adaptar às alterações edafoclimáticas, podendo dominar os sistemas pastagens ao qual estão inseridas, ao passo que as leguminosas, são mais sensíveis ao clima e a limitações de solo, apesar de contribuírem para a fixação biológica de nitrogênio.

Já os estudos realizados por Pires *et al.* (2017) indicam que a persistência de espécies não semeadas está ligada à semeadura de forma direta das sementes no solo, sem que haja uma mobilização do mesmo (revolvimento do solo por exemplo) limitando assim o êxito na implantação das espécies cultivadas.

E de acordo com Veloso *et al.* (2022), as gramíneas possuem grande capacidade de extrair potássio do solo, e quando este fator está associado a fixação biológica de nitrogênio gerada pelas leguminosas, pode influenciar no movimento dos nutrientes no solo e, por consequência na capacidade de sobrevivência de diferentes espécies por longo períodos.

4.2.1. Composição bromatológica da biomassa das pastagens em estudo

Na análise da composição bromatológica das pastagens, foi possível verificar diferenças relevantes entre os três tratamentos (GRA_75, LEG_75 e NAT), e estas podem ser verificadas na Figura 25 e no Anexo2-Quadro A2.1.

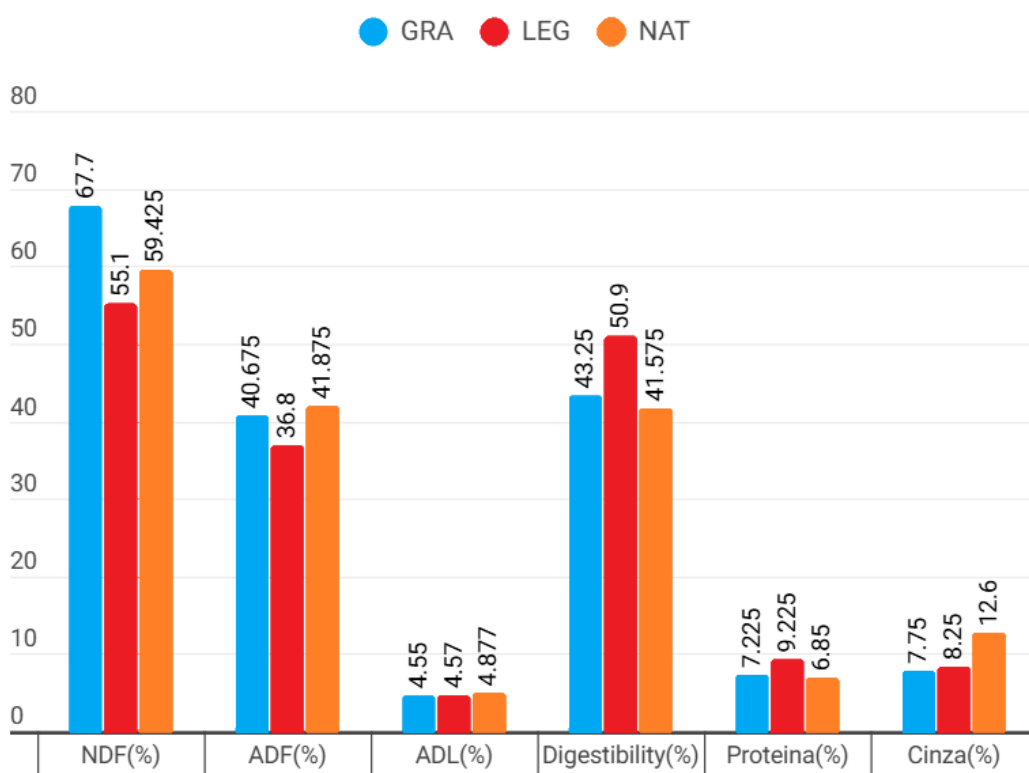


Figura 25 - Composição dos tratamentos GRA, LEG e NAT, com gráficos de Humidade (%), Cinza (%), Proteína (%), NDF (%), ADF (%), ADL (%) e Digestibilidade (%).

Os valores encontrados de ADF foram um pouco menores nas parcelas com maior percentagem de leguminosas, cerca de 36,8%, indicando que há uma menor proporção de componentes fibrosos de difícil digestão, quando comparado com GRA_75 (40,7%) e NAT (41,9%). Isso também aconteceu na avaliação da digestibilidade, LEG_75 foi superior (50,9%), enquanto GRA_75 (43,25%) e NAT (41,575%) apresentaram valores menores, atestando que existe um efeito positivo da inclusão de leguminosas na dieta dos animais. Resultados semelhantes foram observados em pesquisas feitas por Santos-Silva *et al.* (2023), onde foram feitos ensaios em Portugal, nos quais as dietas foram baseadas em forragens com leguminosas. De modo semelhante uma dissertação desenvolvida por Pereira-Bento (2011) no Departamento de Zootecnia da Universidade de Évora, demonstrou que o aumento da participação de leguminosas em misturas forrageiras reduz os teores de ADF e NDF elevando a digestibilidade da matéria seca, confirmando assim o efeito positivo evidenciado neste estudo.

Com relação a NDF, foi possível observar valores maiores em GRA_75 (64,7%) e menores em NAT (59,425%) e LEG_75 (55,1%). Uma vez que NDF está ligada ao volume e à capacidade de enchimento ruminal, valores menores são desejáveis, pois possibilitam maior ingestão voluntária. Já os teores de ADL e de umidade não demonstraram variações expressivas entre os três tratamentos.

Os valores de proteína bruta também foram maiores em LEG_75 (9,225%), do que em GRA_75 (7,225%) e NAT (6,85%), enfatizando a contribuição das leguminosas no aumento do valor nutricional das pastagens. Em estudos recentes realizadas em Portugal, publicados pela Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens (SPPF) e pelo Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) (2024), indica que a inclusão de leguminosas pratenses, como a luzerna e o trevo-branco, aumentam a proteína bruta e reduz a NDF, evidenciando o efeito positivo das leguminosas sobre a qualidade nutricional das pastagens e a eficiência alimentar os ruminantes (SPPF & INIAV, 2024).

O teor de cinzas foi maior em NAT (12,6%), seguido por LEG_75 (8,25%) e GRA_75 (7,75%), provavelmente isso aconteceu em decorrência da maior diversidade de espécies espontâneas em NAT e a concentração de minerais no solo.

De modo geral, os resultados apontaram que as leguminosas possuem vantagens nutricionais, ao se destacar com os maiores valores de proteína, menor conteúdo de ADF e NDF, e melhor digestibilidade. Já a vegetação natural, apesar de ter apresentado o maior teor de cinzas, mostrou-se inferior em termos de digestibilidade e proteína. Assim como NAT, as gramíneas também se mostraram inferiores na avaliação da composição bromatológica.

Os resultados observados colaboram com a ideia de que incluir leguminosas nas pastagens melhora de modo considerável a qualidade da erva. De acordo com Carita *et al.* (2023), as leguminosas possuem menor quantidade de fibras pouco digestíveis (NDF, ADF) e têm maior teor de proteína bruta, favorecendo a eficiência alimentar dos ruminantes. Além disso, em estudos realizados por Carita *et al.*, (2023) em sistemas mediterrânicos e temperados verificaram que a presença de leguminosas ajuda a melhorar a digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica.

Estudos realizados por Santos-Silva (2024) reforçam a ideia de que misturar leguminosas nas pastagens, pode ajudar a reduzir a fração fibrosa total, tornando maior o valor nutricional das pastagens e aumentando a produtividade animal. Enquanto, a vegetação natural por possuir uma maior diversidade de espécies espontâneas tende a elevar o teor de cinzas, mas não necessariamente melhora a digestibilidade ou mesmo o conteúdo proteico, apontando assim que a composição botânica é muito importante para o valor nutricional (Carita *et al.*, 2023).

4.3 Análise química do solo

É importante ressaltar que o intervalo de um ano agrícola é consideravelmente curto para que se possa evidenciar tendências consistentes. A seguir será possível

visualizar os resultados obtidos através da análise química dos solos nos 3 tratamentos: (Quadro 7):

Quadro 7 - Resultados da análise química dos solos nos três tratamentos (GRA, LEG e NAT).

TRA T	pH	Mat. Org.	P ext.	K ext.	Mg ext.	Mg troca	Fe ext.	Mn ext.	Zn ext.	Cu ext.	B ext.
GRA_75	7,62	1,26	358,02	154,80	187,85	1,41	60,33	91,89	1,80	2,04	0,29
LEG_75	7,34	1,12	265,57	151,20	183,26	1,44	109,60	74,44	1,96	1,75	0,22
NAT	7,33	1,56	317,77	214,50	164,30	1,24	171,23	119,14	2,29	3,15	0,25

O pH nos tratamentos LEG_75, GRA_75 e NAT apresentou valores, em média acima de 7,0 (7,34, 7,33 e 7,62) indicando condições ligeiramente alcalinas em todos os grupos. O teor de matéria orgânica mostrou-se mais elevado no solo abaixo da vegetação natural (NAT) com 1,56%, seguido por GRA_75 com 1,26% e por fim LEG_75 com 1,12%, valores baixos mas dentro do que é possível encontrar nos solos em Portugal.

De acordo com dados da INFOSOLO (2025), os solos portugueses apresentam uma ampla variação de pH variando de 3,4 a 9,9, abrange desde solos ácidos até alcalinos. Tal variação reflete fatores geológicos, climáticos e o tipo de cobertura vegetal. Solos com pastagens manejadas, especialmente com gramíneas e leguminosas tendem a apresentar pH ligeiramente alcalino (acima de 7,0), criando condições favoráveis à disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana que são essenciais para a produtividade das pastagens.

Com relação ao fósforo extraível, o tratamento GRA_75 apresentou o maior valor com 358,0 mg kg⁻¹, depois NAT com 317,8 mg kg⁻¹ e LEG_75 com 265,6 mg kg⁻¹,

sugerindo que existe impacto do manejo agrícola no acúmulo desse nutriente no solo. Enquanto potássio extraível foi destaque em NAT com 214,5 mg kg⁻¹, e em GRA_75 (154,8 mg kg⁻¹) e LEG (151,2 mg kg⁻¹) apresentou valores menores. Este padrão pode ser atribuído à capacidade das gramíneas em promover maior mobilização e disponibilização de fósforo no solo possivelmente devido à sua maior biomassa e atividade radicular. Estes dados ainda sugerem que o manejo agrícola, aliado à escolha da cobertura vegetal, influenciou de forma significativa a disponibilidade do fósforo no solo. Estudos de Moredó (2022) e Krolow *et al.* (2004), corroboram essa tendência evidenciando que coberturas vegetais especialmente com leguminosas e gramíneas modula a dinâmica do fósforo por meio da adição de matéria orgânica, exsudados radiculares e interação com microrganismos do solo. As gramíneas em particular, podem aumentar a mobilização do fósforo disponível através da liberação de ácidos orgânicos o que poderá justificar os maiores valores observados em GRA_75.

O manual de fertilização das culturas de Veloso *et al.* (2022), publicado pelo INIAV, enfatizou que a variação da disponibilidade de potássio está diretamente relacionada à quantidade de biomassa acumulada e a taxa de absorção pelas plantas.

Já para o magnésio extraível, GRA_75 apresentou o valor de 187,9 mg kg⁻¹, LEG_75 de 183,3 mg kg⁻¹ e NAT de 164,3 mg kg⁻¹. Enquanto para o magnésio trocável, LEG_75 manifestou o número de 1,44 cmolc kg⁻¹, GRA_75 1,41 cmolc kg⁻¹ e NAT 1,24 cmolc kg⁻¹.

Segundo Veloso *et al.* (2022), a disponibilidade e a necessidade de potássio nas culturas estão fortemente relacionadas ao equilíbrio nutricional e às características do solo, e nas pastagens, por exemplo, a predominância de leguminosas pode diminuir a necessidade da adubação nitrogenada, devido sua fixação biológica de nitrogênio, mas por outro lado, as gramíneas demonstram capacidade elevada de extração de potássio, sendo necessário que seja realizado um manejo adequado para que não haja o esgotamento desse nutriente no solo.

A respeito dos micronutrientes, o solo do tratamento NAT apresentou os maiores valores de: ferro ($171,2 \text{ mg kg}^{-1}$), manganês ($119,1 \text{ mg kg}^{-1}$), cobre ($3,15 \text{ mg kg}^{-1}$) e zinco ($2,29 \text{ mg kg}^{-1}$), deixando evidente sua fertilidade natural e ciclagem de nutrientes. Já os tratamentos GRA_75 e LEG_75 manifestaram valores menores, principalmente para o manganês em GRA_75 ($91,9 \text{ mg/kg}$).

O boro apresentou pequenas variações entre os tratamentos, com maiores valores em GRA_75 ($0,29 \text{ mg kg}^{-1}$), seguidos por NAT ($0,25 \text{ mg kg}^{-1}$) e LEG_75 ($0,22 \text{ mg kg}^{-1}$). Esses achados estão em concordância com os dados apresentados por Moredo *et al.* (2022), que indicou que o solo sob vegetação natural possui valores mais elevados de ferro e manganês em comparação com os solos cobertos por trevos. Para o boro, em ambos os estudos mostraram pequenas variações entre os tratamentos. Na atual pesquisa, GRA_75 apresentou o maior valor ($0,29 \text{ mg kg}^{-1}$), seguindo por NAT ($0,25 \text{ mg kg}^{-1}$) e LEG_75 ($0,22 \text{ mg kg}^{-1}$), enquanto Moredo *et al.* (2022), também encontraram resultados semelhantes onde os trevos apresentaram $0,84 \text{ mg kg}^{-1}$ e a vegetação natural apresentou $0,71 \text{ mg kg}^{-1}$, valores próximos indicando que a disponibilidade do boro é relativamente estável independentemente do tipo de cobertura do vegetal.

De modo geral, os resultados apontaram que o solo que está sob vegetação natural (NAT) possui mais matéria orgânica que os demais e as maiores concentrações de ferro, manganês, cobre e zinco, e também alto teor de fósforo, reforçando assim mais uma vez a importância da cobertura vegetal para a conservação da fertilidade do solo e da ciclagem de nutrientes. Em contrapartida, as gramíneas (GRA_75) possuem os maiores níveis de fósforo e magnésio.

A Figura 26 a seguir exibe a comparação gráfica entre os tratamentos (GRA_75, LEG_75 e NAT) para os diferentes aspectos analisados, tornando possível que seja feita uma visualização de forma clara das variações entre os sistemas de manejo.

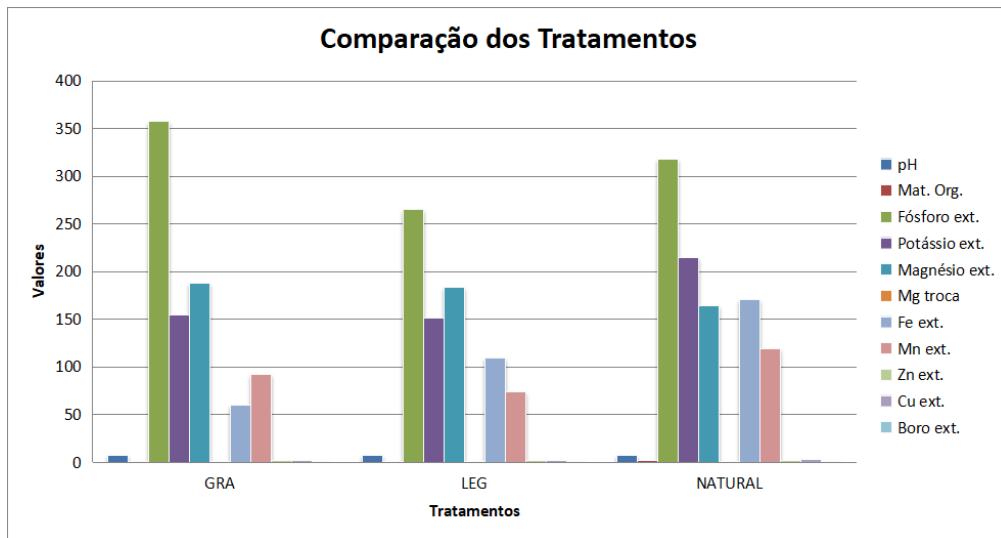


Figura 26 – Comparação dos valores médios obtidos das análises de solo para os tratamentos GRA_75, LEG_75 e NAT.

Os resultados mostram que a cobertura vegetal e o manejo agrícola podem influenciar a fertilidade do solo e a disponibilidade dos nutrientes. Pastagem que apresenta predominância de gramíneas, têm maior disponibilidade de fósforo e magnésio, esses associados a maior biomassa e atividade radicular o que favorece a mobilização dos nutrientes (Ramos, 2023; Andrade, Sales, Santos & Carneiro Júnior, 2022). Em contrapartida, a vegetação natural tem maior concentração de matéria orgânica e de micronutrientes, evidenciando o efeito conservacionista da vegetação espontânea sobre a ciclagem de nutrientes e a estrutura do solo (Veloso *et al.*, 2022).

Aguiar, Arrobas & Rodrigues (2025) ressaltam que a diversidade vegetal e a presença de espécies leguminosas podem interferir positivamente na fertilidade do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes e promovendo maior atividade microbiana. Além do mais as gramíneas apresentam maior capacidade de mobilizar fósforo e potássio, sugerindo que o manejo combinado de espécie de leguminosas e gramíneas pode otimizar a fertilidade do solo equilibrando nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das pastagens (Nascimento, Oliveira, Farias Sobrinho, Coelho & Izidro, 2024).

4.4 Caracterização da emissão de GEE no *GreenFeed*[®]

Apesar de a metodologia escolhida ter sido cuidadosamente estruturada, alguns fatores durante o desenvolvimento do projeto interferiram de forma direta na coleta e na consistência dos dados obtidos.

O período de monitoramento dos animais envolvidos (entre 9/6 e 18/7), com temperaturas elevadas, pode não ter sido o mais adequado, o que junto com outros fatores pode ter conduzido a que a adesão dos bovinos, que é voluntária, foi inferior à esperada e isto limitou a validade científica dos resultados.

A frequência de acesso dos animais (figura 27) ao equipamento ficou abaixo do aceitável, visto que o desejável seria uma média de 20 a 30 visitas ao equipamento por animal, e somente no tratamento LEG_75 (e apenas 3 novilhas) ocorreu o nível de utilização esperado.

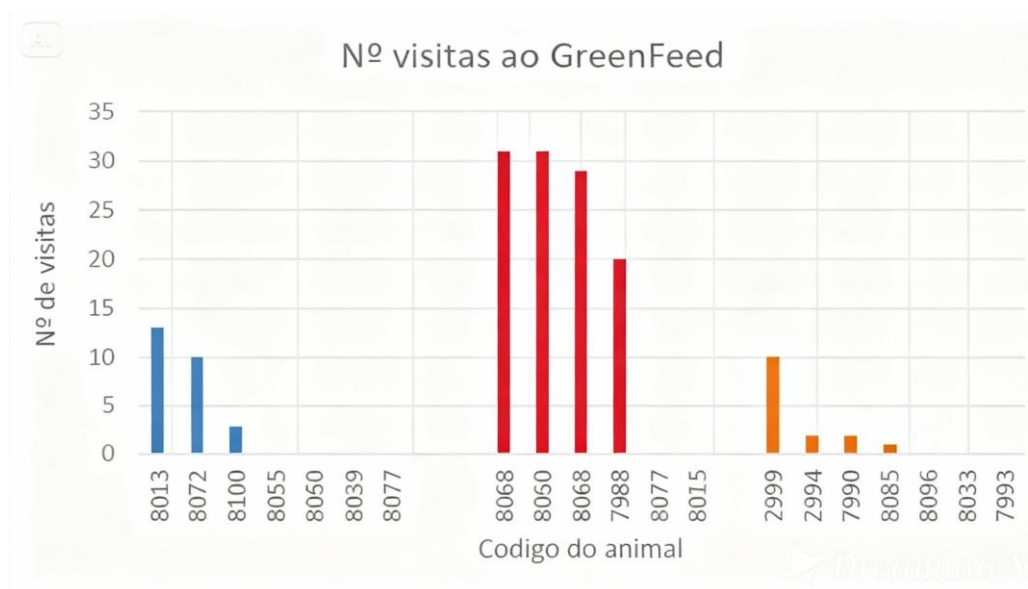


Figura 27 - Número de visitas realizada por cada um dos 20 animais ao *GreenFeed*[®]

Para a análise de variância (quadro 8), apenas considerámos os animais com mais de 10 visitas ao equipamento. Nas parcelas referentes às gramíneas (GRA_75) apenas 2

das 7 novilhas participaram, enquanto na parcela de leguminosas apenas 4 novilhas participaram. Na pastagem natural também foram registadas a presença de 4 novilhas, mas com muito poucas visitas por parte destas, pelo que não foram consideradas nesta análise. As diferenças entre GRA_75 e LEG_75 foram não significativas. Em termos médios no tratamento LEG_75 ocorreu maior emissão de CH₄ e CO₂.

Quadro 8 - Resultados da análise para a emissão GEE no equipamento GreenFeed®

TRAT	N	CH ₄ (g/dia)	CO ₂ (g/dia)
GRA_75	2	114.0 ± 8.92	3943.5 ± 268.20
LEG_75	4	127.2 ± 5.59	4209.1 ± 178.68
p		0.2604	0.4535

Durante o estudo o *GreenFeed*® registou a entrada de novilhas num total de 134 vezes. Na figura 28 podemos observar a distribuição das horas a que as novilhas entraram no equipamento e que ficaram registadas. Devido ao fato do estudo ter sido realizado na época do ano em que se registam as temperaturas mais altas e o fato do equipamento ser na sua maior parte de metal pode ter levado a que as novilhas o visitassem preferencialmente durante o período noturno (entre as 22h e as 3h).

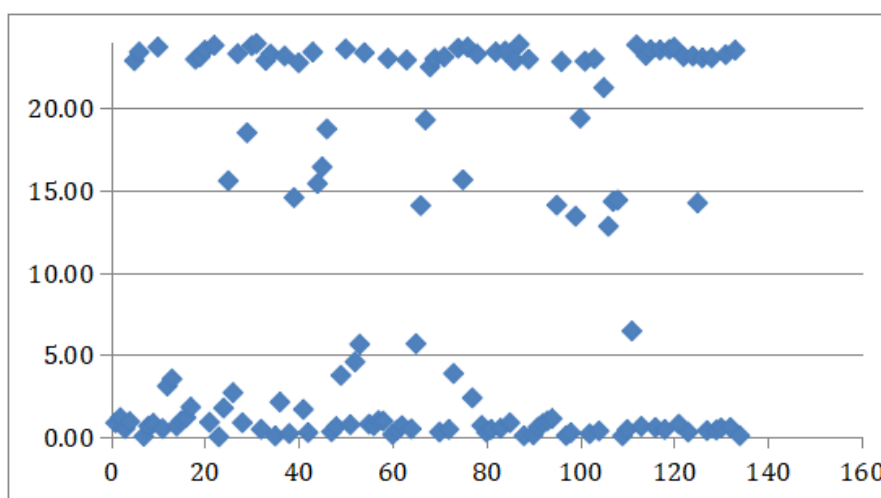


Figura 28 – Distribuição das visitas ao Greenfeed® pelas 24 horas do dia

Alguns fatores que podem explicar essa limitação é a utilização da raça Mertolenga, pois os bovinos utilizados neste experimento possuíam um comportamento um pouco mais arisco e a idade das mesmas, dificultando a adaptação ao *GreenFeed*®. Em alguns estudos que se assemelham a este, a raça Angus foi utilizada, por ser considerada mais dócil e colaborativa, e os resultados destes foram considerados satisfatórios. Além disso, a área experimental possuía uma ampla dimensão, que ao ser associada ao número reduzido de animais, diminuiu as chances de interação de modo mais frequente dos mesmos ao equipamento, e em um projeto futuro o número de animais poderia ser maior e a área experimental menor (Tcheco J. Anim. Ciência, 2022).

Outro aspecto que também pode ter contribuído para os resultados limitados foi o descompasso no calendário experimental, onde a entrada dos animais deveria ter ocorrido em março, na primavera, mas aconteceu apenas durante o final da primavera (junho) e início do verão (julho), quando as condições alimentares e comportamentais dos animais eram menos favoráveis. Isto deveu-se a que o equipamento *GreenFeed*®, que tinha sido utilizado em outro projeto, veio com uma avaria, pelo que se teve de esperar que os técnicos da empresa *C-Lock* viessem arranjar o que retardou em cerca de dois meses o início do estudo.

Portanto as limitações ocorridas durante o projeto impactaram diretamente os dados obtidos, restringindo assim a interpretação dos resultados. O estudo teve várias limitações relacionadas com o baixo uso voluntário do *GreenFeed*®, número reduzido de novilhas, grande área experimental e atrasos do calendário, fatores que já são apontados na literatura como influenciadores de coleta de dados em pesquisas de emissão de gases de efeitos estufa e ingestão voluntária (Della Rosa *et al.*, 2025).

Aspectos relacionados à raça, idade e docilidade dos animais afetam a adaptação a equipamentos de monitoramento, enquanto condições sazonais, com altas temperaturas influenciam o comportamento de alimentação e o uso expositivo, como uma maior atividade noturna (Sakamoto, 2018). Esses resultados destacam a importância

de envolver amostras maiores, monitoramento mais longo e uma maior adaptação prévias dos animais, para garantir maior confiabilidade dos dados em futuros estudos (Alves, *et al.*, 2017).

4.4.1 Caracterização dos GEE na câmara respiratória do solo

Ainda que os resultados das análises em cromatografia gasosa não tenham sido disponibilizados a tempo para a discussão e conclusão deste trabalho, o processo de extração da atmosfera nas câmaras de respiração do solo foi devidamente realizado e registrado. As coletas ocorreram com a utilização dos materiais corretos, em diferentes datas que foram estabelecidas previamente, assegurando assim a representatividade das amostras. Todo o procedimento também foi documentado através de registros fotográficos e anotações.

Mesmo que não haja dados analíticos para discussão, a realização das coletas e a execução da metodologia constituem um aspecto importante do trabalho, valorizando assim a experiência prática, de investigação e crescimento pessoal que pode ser adquirido durante a realização do mesmo. Esta linha de raciocínio segue a mesma ideia de outros trabalhos acadêmicos que em adição ao foco principal do trabalho o envolvimento em diferentes atividades que possuem relação com o campo experimental também atribuem valor científico e educativo à pesquisa desenvolvida.

A experiência prática adquirida durante o manejo das câmaras de respiração do solo é relevante para a formação de ciências agrárias e ambientais, pois permite aos pesquisadores compreenderem as dificuldades operacionais, variações espaciais e temporais das emissões dos gases, bem como os cuidados necessários para garantir a representatividade das amostras (Cerqueira, 2021; Marques, 2023). Mesmo sem os dados analíticos, a familiarização com a metodologia e o registro detalhado de procedimentos fortalecem a confiabilidade dos estudos futuros e permitem ajustes metodológicos que aumentem a precisão de medições de GEE (Braga, 2023).

Além do mais, a literatura indica que o treinamento prático em campo é essencial para minimizar erros e viés de coleta de amostras gasosas especialmente em estudos de emissão de gases do efeito estufa, que apresentam alta variabilidade espacial e temporal (Alves, *et al.*, 2017). O envolvimento direto com o experimento, também contribui para a capacitação de pesquisadores, permitindo que compreendam a importância do planejamento experimental, da manutenção de equipamentos e da documentação sistemática, aspectos fundamentais para a validade científica dos dados (Alves, *et al.*, 2017).

4.4.2 Temperatura do solo aquando das recolhas das amostras de gases nas câmaras instaladas no solo

No decorrer do mês de abril de 2025, todas as parcelas avaliadas apresentaram temperaturas médias parecidas girando em torno dos 13°C (Figura 29), indicando que as condições climáticas eram fatores limitantes para o crescimento das pastagens em razão do frio remanescente da primavera. As plantas, devido ao clima de Portugal, tiveram seu crescimento vegetativo, especialmente as leguminosas, reduzido neste período e não houve germinação de novas plantas (Ferreira, 2020)

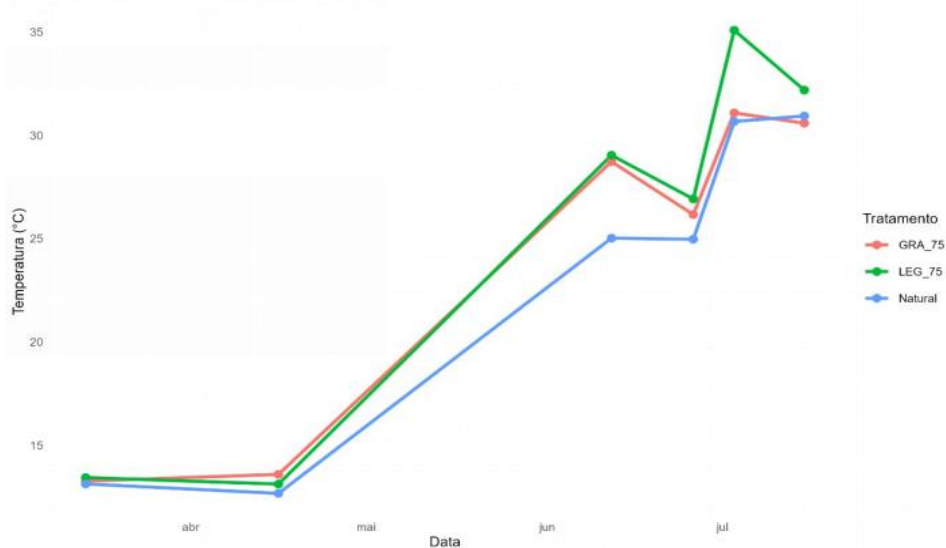


Figura 29 - Temperatura do solo nos tratamentos (GRA_75, LEG_75 e NAT) ao longo dos meses de abril a julho.

Com a chegada do mês de maio, foi possível observar o aumento das temperaturas, que passaram a ter uma média entre 15 a 18°C. O crescimento vegetativo das leguminosas (LEG_75) acelerou, refletindo sua retomada da atividade metabólica após o período de frio no inverno, enquanto as gramíneas tiveram um crescimento contínuo, demonstrando assim que possuem uma menor sensibilidade às variações de temperatura (Philadelphi *et al.*, 2025).

No mês seguinte (junho), foi registrada uma elevação significativa, com temperaturas chegando aos 25 °C, garantindo assim condições ideais para o crescimento vegetativo das espécies. E todas as parcelas manifestaram aumento considerável na produção de biomassa, sendo que a parcela LEG_75 reagiu de modo mais intenso, provavelmente por causa da combinação entre a temperatura favorável e a maior quantidade de espécies adaptadas a esse clima.

No decorrer do mês de julho, as temperaturas atingiram seu pico chegando ao número de 35 °C na parcela LEG_75. Mediante a este aumento ouve o risco de estresse térmico, o que poderia levar a uma redução na taxa de crescimento das mesmas. Já a parcela GRA_75 manteve sua produção estável e a parcela Natural exibiu um crescimento intermediário. O aumento do crescimento das espécies pode corresponder à retomada vegetativa das plantas pós-inverno, e não à germinação, deixando assim em evidência a influência das condições climáticas mediterrânicas sobre a velocidade de crescimento das pastagens (Philadelphi *et al.*, 2025).

4 Conclusões

Este estudo exploratório conduziu a diferenças não significativas entre os três tipos de pastagem, para a maioria das variáveis analisadas, mas aponta caminhos para estudos futuros.

A composição florística das parcelas revelou uma elevada heterogeneidade entre repetições, o que pode ter contribuído para a não significância da maior parte dos efeitos estudados. O trevo subterrâneo foi a espécie semeada com maior presença no segundo ano do ensaio.

A pesquisa permite deduzir que o tipo de pastagem exerce influência direta na fertilidade do solo e na qualidade nutricional do alimento oferecido a bovinos da raça Mertolenga. As análises evidenciaram que a pastagem natural apresentou maior teor de matéria orgânica e de micronutrientes essenciais, confirmando seu papel fundamental na conservação do solo e na manutenção do equilíbrio ecológico.

Em contrapartida as pastagens cultivadas mostraram maior disponibilidade de fósforo e magnésio, refletindo o efeito do manejo agrícola e o uso de insumos. A avaliação bromatológica confirmou a superioridade da mistura rica em leguminosas (LEG_75), que apresentou maiores valores de proteína bruta, digestibilidade mais elevadas e menor teor de fibras, destacando o efeito positivo das leguminosas sobre a qualidade da dieta animal.

Apesar das limitações encontradas na mensuração das emissões entéricas de metano devido ao curto período experimental e a taxa de adesão dos animais ao equipamento, os resultados obtidos permitiram afirmar que estratégias de manejo que combine a conservação das pastagens naturais com o cultivo de leguminosas oferecem ganhos simultâneos em sustentabilidade eficiência produtiva e qualidade nutricional. Assim a adoção de sistemas de pastagem diversificados constitui-se como alternativa

viável para consolidar produtividade pecuária, saúde do solo e mitigação dos impactos ambientais, reforçando a importância de práticas integradas da pecuária sustentável.

Esses resultados sugerem que estudos futuros envolvam maior número de amostras, animais mais dóceis e em maior número, monitoramento mais longo e num período com temperaturas mais amenas e maior disponibilidade de equipamentos para análise do GEE.

6. Bibliografia

- Abrão, F. O., Fernandes, B. d. C., & Pessoa, M. S. (2016, 12). Produção Sustentável na Bovinocultura: Princípios e Possibilidades. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, 6(4), 61-73. DOI: 10.21206/rbas.v6i4.380
- ACBM. (2025). *A raça mertolengo*. Associação de Criadores de Bovinos Mertolengos. Retrieved 04 06, 2025, from <https://www.mertolenga.com/conteudo.php?idm=78&lang=pt>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2024). *National Inventory Report – Portugal* [Relatório nacional de inventário de emissões de gases com efeito de estufa]. Retrieved 02 09, 2025, from https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/20240520/NIR2024_15May.pdf
- Agrogarante. (2022, 09 14). *Efetivo Bovino em Portugal, por Grupo Etário, nos últimos 20 anos*. Agrogarante. Retrieved April 3, 2025, from https://www.agrogarante.pt/fotos/noticias/agrogarante_analise_setorial_bovinos_de_carne_17468125926334259c9e912.pdf
- Aguiar, G. A. M. (2018). *Aálise da Estrutura Competitiva e Comportamento Estratégico das Indústrias Frigoríficas Participantes do Programa Carne Angus em São Paulo* [Dissertação]. São Paulo, São Paulo. Retrieved 04 04, 2025, from <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/140ab2fd-48d5-4d2a-808f-d260c9914d85/content>
- Aguiar, P., Arrobas, M., & Rodrigues, M. Â. (2025). Increased uptake and accumulation of phosphorus and other nutrients by legumes enhance their bioavailability for non-legume species. *Plant, Soil and Environment*, 71(6), 409–425. <https://doi.org/10.17221/85/2025-pse>

Aires, Luis Miguel Igreja; PIO, Casimiro Adrião; PEREIRA, João Santos (2007). Carbon dioxide exchange above a Mediterranean C3/C4 grassland during two climatologically contrasting years. *Global Change Biology*, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 539-555, 27 nov. 2007. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01507.x>.

Alexandrino, E., Nascimento Júnior, D. d., Mosquim, P. R., Regazzi, A. J., & Rocha, F. C. (2004, 12). Características morfogênicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. marandu submetida a três doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(06), 1372-1379. FapUNIFESP (SciELO). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000600003>

Almeida, J. C. R. (2018). Impacto do manejo de pastagens no sequestro de carbono e na sustentabilidade de sistemas agropecuários.

Alves, B. J. R., Scivittaro, W. B., Jantalia, C. P., de Sousa, R. O., Bayer, C., Rodrigues, R. A., ... & Madari, B. E. (2017). *Protocolo para medições de fluxos de gases de efeito estufa em sistemas aeróbicos e alagados de produção de grãos – Rede Fluxus*. Embrapa. Retrieved from <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1072895/protocolo-para-medicoes-de-fluxos-de-gases-de-efeito-estufa-em-sistemas-aerobicos-e-alagados-de-producao-de-graos---rede-fluxus>

Andrade, A. C., Fonseca, D. M. d., Gomide, J. A., Alvarez V., V. H., Martins, C. E., & Souza, D. P. H. d. (2000, 12). Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(06), 1589-1595. FapUNIFESP (SciELO). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000600001>

Andrade, C. M. S., Sales, M. F. L., Santos, M. E. R., & Carneiro Júnior, J. M. (2022). *Produtividade e estabilidade de pastagens biodiversas ricas em leguminosas no Acre* (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 67). Empresa Brasileira de

Pesquisa Agropecuária – Embrapa Acre. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Rio Branco, AC, Brasil.
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1149290/1/27389.pdf>.

Arruda, M. F. d. A. (2024). Interseccionalidade, Organização e Sustentabilidade O caso das mulheres catadoras de material reciclável nos municípios litorâneos da Região Metropolitana do Recife [Tese de doutorado]. Lisboa. Retrieved 04 08, 2025, from https://www.researchgate.net/profile/Marilia-Arruda/publication/385659775_Interseccionalidade_Organizacao_e_Sustentabilidade_O_caso_das_mulheres_catadoras_de_material_reciclavel_nos_municipios_litoraneos_da_Regiao_Metropolitana_do_Recife/links/672e78d15852

Aubree, F., David, P., Jarne, P., Loreau, M., Mouquet, N., & Calcagno, V. (2020, 05 31). How community adaptation affects biodiversity–ecosystem functioning relationships. *Ecology Letters*, 23(08), 1263-1275. Wiley.
<https://publons.com/publon/10.1111/ele.13530>

Balbino, L. C., Cordeiro, L. A. M., & Martínez, G. B. (2012, 03 21). Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Contributions of the Crop-Livestock-Forest Integration Systems (iLPF) for a low Carbon Emission Agriculture). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4(6), 1163-1175. Revista Brasileira de Geografia Física. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v4i6.232775>

Balbino, L. C., Cordeiro, L. A. M., Oliveira, P. d., Kluthcouski, J., Galerani, P. R., & Vilela, L. (2012, 06). *AGRICULTURA SUSTENTÁVEL POR MEIO DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (iLPF)*. Rresearchgate. Retrieved 03 29, 2025, from https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Balbino/publication/279957639_INTERNATIONAL_PLANT_NUTRITION_INS

- Barcellos, M. D. D., Pedrozo, E. Á., & Lans, I. A. V. D. (2016). “Beef Lovers”: A Cross-Cultural Study of Beef Consumption. In M. K. Hingley & A. Lindgreen (Eds.), *The New Cultures of Food: Marketing Opportunities from Ethnic, Religious and Cultural Diversity*. Taylor & Francis Group.
- Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O’Mara, F., & McAllister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(2), 21–27. <https://doi.org/10.1071/EA07199>
- Belo, C. C., Marques, M. R., Ribeiro, J. M. B. F., & Belo, A. T. (2019). Valor nutritivo de pastagens de regadio. Suplementação de ovelhas “Serra da Estrela” em pastoreio, produtividade e interpretação metabólica dos resultados. *Revista de Ciências Agrárias*, 8(42), 314–331. <https://doi.org/10.19084/RCA.17181>
- Bernardino, K. (2023). *Pecuária de corte: conheça os sistemas de produção e seus aspectos*. Blog MF Leilões. Retrieved April 4, 2025, from <https://blog.mfleiloes.com.br/pecuaria-de-corte/>
- Bessa, R. J. B., Alves, S. P., & Santos-Silva, J. (2015). Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(8), 1325–1344. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400468>
- Bourscheidt, M. L., Gomes, F. J., Pedreira, C. G., Boote, K. J., Hoogenboom, G., Pereira, D. H., & Pedreira, B. C. (2023). Highlighting the benefits of biological nitrogen fixation on agronomic, physiological, and nutritive value traits of brachiariagrass.

European Journal of Agronomy, 143, 126730.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126730>

Braga, R. F. (2023). *Impactos no solo da aplicação de fogo prescrito: Avaliações em condições reais e simuladas em propriedades físico-químicas e biológicas do solo* (Dissertação de mestrado, Escola Superior Agrária de Bragança, Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Biblioteca Digital da Escola Superior Agrária de Bragança.

<https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/28265/1/Rodrigo%20Favaro%20Braga.pdf>

Bridges, E. M. (1998). *World reference base for soil resources: atlas* (Vol. 2). Acco.

Cabrera-Bosquet, L., Albrizio, R., Araus, J. L., & Nogués, S. (2009, 11). Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: a comparative study from leaf to canopy. *Environmental And Experimental Botany*, 67(01), 145-152. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.06.004>

Cardoso, J. V. C. C. (1965). Os solos de Portugal - a sua classificação, caracterização e génese. A sul do Rio Tejo. Secretaria de Estado da Agricultura. Direção dos Serviços Agrícolas, Lisboa, 310 pp.

Carita, T. (2021). *MELHORAR E CONSERVAR PASTAGENS PERMANENTES – DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA OS TREVOS ANUAIS* [Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária]. Retrieved 04 08, 2025, from <https://www.inia.pt/publicacoes-teste/1495-melhorar-e-conservar-pastagens-permanentes-desafios-e-oportunidades-para-os-trevos-anuais>

Carita, T., Carneiro, J. P., Crespo, J. P., Barradas, A., & Santos Silva, J. (2023). *Valorização dos recursos genéticos vegetais autóctones – Leguminosas pratenses*. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV). Disponível em:

https://www.iniav.pt/images/publicacoes/2023/Valorizacao_dos_recursos_geneticos_vegetais_autoctones_52-55.pdf

Carreira, E. R. d. S. (2016). Eficácia de modalidades de recria/engorda em bovinos de carne [Dissertação]. Évora. 140

Carvalho, M. (2014). *O papel da pastagem na recuperação do solo no montado*. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10984>

Castro, J. A. L. d. (2004). *Estudo da evolução de uma população da raça bovina mertolenga*. [Dissertação]. Universidade de Evora. Retrieved 04/06, 2025, from <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/11253/1/Jos%C3%A9%20Ant%C3%B3nio%20Lopes%20de%20Castro%20-%20152%20229.pdf>

Castro, J., Roquete, C., & Barata, G. (2018, 11/09). Análise da evolução da resposta à selecção numa população da raça bovina mertolenga. *REVISTA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS*, 30(01), 223-234. Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal. <https://doi.org/10.19084/rca.15403>

Cerqueira, H. M. (2021). *Sequestro de Carbono no Solo: Mitigação das Alterações Climáticas em ecossistemas mediterrâneos* (Master's thesis, Universidade NOVA de Lisboa (Portugal)). https://www.researchgate.net/profile/Henrique_Cerqueira2/publication/350784087_Sequestro_de_Carbono_no_Solo_Mitigacao_das_Alteracoes_Climaticas_em_Ecossistemas_Mediterraneos/links/607193b14585150fe998bd2/Sequestro-de-Carbono-no-Solo-Mitigacao-das-Alteracoes-Climaticas-em-Ecossistemas-Mediterraneos.pdf

Churkova, K., & Churkova, B. (2024). Impact of fertilizing on biodiversity in pasture ecosystems. *Thaiszia – Journal Of Botany*, 34(01), 11-24. Pavol Jozef Safarik University in Kosice. <https://doi.org/10.33542/TJB2024-1-02>

- CNA. (2023). *AGRO 4.0 - Fundamentos, realidades e perspectivas para o Brasil*. Retrieved 04 16, 2025, from <https://cnabrasil.org.br/publicacoes/agro-4-0-fundamentos-realidades-e-perspectivas-para-o-brasil>
- Cordeiro, L. A. M., Vilela, L., Marchão, R. L., Kluthcouski, J., & Martha Júnior, G. B. (2017). INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA: ESTRATÉGIAS PARA INTENSIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DO USO DO SOLO. *Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília*, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, j. 32(1/2), 15-53. Retrieved 03 15, 2025, from <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/viewFile/23294/13157>
- Della Rosa, M. M., et al. (2025). Effect of number of measurement days on variance in methane emission estimates using the GreenFeed system. *Animal Production Science*, 65(6), AN24280. <https://www.publish.csiro.au/AN/AN24280>
- Dias Filho, M. B., & Dias Filho, M. B. (2015). *Estratégias de recuperação de pastagens degradadas na Amazônia brasileira*. https://scholar.google.com/scholar_url?url=https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-1019156/Description&hl=pt-BR&sa=T&oi=gsr-r&ct=res&cd=0&d=6236997418470267683&ei=cLRZalq0GKalieoP6s6swAY&scisig=AAZF9b9CGNpIIYwHLojLQoHsUp3x
- Dias, G. A. d. F. (2018). *COMPARAÇÃO DE DOIS PROTOCOLOS DE SINCRONIZAÇÃO DE CIO EM NOVILHAS DE RAÇA MERTOLENGA* [Dissertação]. Porto, Portugal. Retrieved 04 06, 2025, from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/111740/2/263162.pdf>
- Dias, L. C. C., Moschini, L. E., & Trevisan, D. P. (2017). A Influência das Atividades Antrópicas na Paisagem da Área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros, MG - Brasil. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 6(2), 85-105. *Fronteiras: Journal of Social, Technological*

and Environmental Science. <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i2.p85-105>

Duarte, A. C. (2023). *Resiliência da agricultura de regadio face aos desafios em condições de clima mediterrânico*. Voz do Campo. <https://vozdocampo.pt/arquivo/12079>

Embrapa. (2014). *Cocho automatizado mede gases de efeito estufa na bovinocultura*. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2361332/cocho-automatizado-mede-gases-de-efeito-estufa-na-bovinocultura>

Embrapa. (s.d.). Controle de Plantas Invasoras em Pastagens. Embrapa. 1999. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/377254/1/ControlePlantasInvasoras.pdf> [infoteca.cnptia.embrapa.br](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br)

Esteves, L. R. P. (2013). *A importância das pastagens na conservação de solos: o caso de Mértola* (Master's thesis, Universidade NOVA de Lisboa). Universidade NOVA de Lisboa Repositório. https://run.unl.pt/bitstream/10362/10704/1/Leonor_Esteves_17579.pdf

Ferreira, A. C. C. (2020). *Acompanhamento técnico-científico da variação do valor nutritivo das pastagens na ilha Terceira – Açores* [Relatório de estágio, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro]. Repositório da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. <https://repositorio.utad.pt/bitstreams/cfbbebb1f-0b4a-4372-b8db-fc9132f99e7b/download>

Ferreira, Alícia Catarina da Costa (2020). *Acompanhamento técnico-científico da variação do valor ... Pastagens permanentes — repositório UTAD*: <https://repositorio.utad.pt/bitstreams/cfbbebb1f-0b4a-4372-b8db-fc9132f99e7b/download>

- Figueiredo, M. R. P. d., Pirovani, D. B., Barros, I. d., & Godinho, T. d. O. (2023). Levantamento de emissões e mitigação de gases de efeito estufa da pecuária bovina no Espírito Santo. *Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural*, 13(14), 30-42. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. <http://dx.doi.org/10.54682/ier.v.13e14.p30.42>
- Flores, M. (2013, 10). *Mercado mundial y cadena de valor de la carne bovina* [Documento de Trabajo presentado en el Seminario Anual realizado en abril de 2012 del Programa Grupos I+D “Cambios en la sociedad rural a inicios del siglo XXI” financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Udelar]. Montevideo. Retrieved 04, 04, from https://nesauruguay.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/10/dt_n_3.pdf
- Freita, I. G. d., Vargas, K. B., & Carvalho, I. S. H. d. (2024). AGROBIODIVERSIDADE DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS DO ASSENTAMENTO TERRA PROMETIDA (DUQUE DE CAXIAS – RJ). *Revista Tamoios*, 21, 260-284. Revista Tamoios. 10.12957/tamoios.2025.80797
- Freixial, R. (2018). *As pastagens de sequeiro são a base para a produção pecuária sustentável*. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/27377/1/Reuni%3a3o%20SPPF%20%282%29.pdf>
- Freixial, R. (2018). *As pastagens de sequeiro são a base para a produção pecuária sustentável*. Universidade de Évora. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/27377/1/Reuni%3a3o%20SPPF%20%282%29.pdf>
- Freixial, R., & Barros, J. (2012a). *Pastagens*. <https://www.caprinet.pt/PDFs/Pastagens%20e%20forragens/Pastagens.pdf>

- Freixial, R., & Barros, J. (2012b). *Forragens*.
<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/5106/1/Sebenta%20forragens.pdf>
- Freixial, R., & Carvalho, M. (2013). Práticas agrícolas e o sequestro de carbono em ecossistemas pastoris. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia.
- Gamarra-Rojas, G., & Fabre, N. (2017). Agroecologia e mudanças climáticas no Trópico Semiárido. *Redes*, 22(2), 174-188.
<https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/9359>
- Guimarães, A. K. V., Mortati, A. F., Azevedo, M. M. R., & Bressan, C. R. (2015). *Anais do II Simpósio de Ciências Agrárias da Amazônia*. UFOPA.
<https://www.ufopa.edu.br/scaa/public/arquivos/iisca-a-anais.pdf>
- Hanisch, A. L., Pinotti, L. C. A., Lacerda, A. E. B. de, Radomski, M. I., & Negrelle, R. R. B. (2021). Impactos do pastejo dos bovinos e do manejo da pastagem sobre a regeneração arbórea em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista. *Ciência Florestal*, 31(3), 1278–1305. <https://doi.org/10.5902/1980509837902>
- Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., ... & Tricarico, J. M. (2013). Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*, 91(11), 5045–5069. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6583>
- IMAFLORA. (2015). *EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL (1970-2013) SETOR DE AGROPECUÁRIA* [Documento de análise]. Retrieved 04 08, 2025, from https://admin.imaflora.org/public/media/biblioteca/55ca3a26a856a_agropecuaria_2015.pdf.

INFOSOLO. (2025). Base de dados de perfis de solos de Portugal. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), I.P. Retrieved 14 09, 2025, from <https://projects.inia.pt/infosolo/>

INIAV (2025). Dados meteorológicos cedidos por Rita Costa. INIAV Elvas.

Instituto Nacional de Estatística - *Estatísticas Agrícolas : 2023*. Lisboa : INE, 2024. Disponível na www: <[url:https://www.ine.pt/xurl/pub/439500127](https://www.ine.pt/xurl/pub/439500127)>. ISSN 0079-4139. ISBN 978-989-25-0680-7

Instituto Nacional de Estatística (2025)- *Estatísticas Agrícolas 2024*. Lisboa : Retrieved 01 09, 2025, Disponível na www: <https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=707088188&DESTAQUESmodo=2&xlang=pt>

Instituto Nacional de Estatística INE (2024). *Estatísticas Agrícolas – 2023*. Agricultura, floresta e pescas. Retrieved 04 03, 2025, Disponível na www: <[url:https://www.ine.pt/xurl/pub/439500127](https://www.ine.pt/xurl/pub/439500127)>. ISSN 0079-4139. ISBN 978-989-25-0680-7

IPCC. (2023). IPCC, 2023: climate change 2023. *ipcc, 2023: Climate Change*, 1-34. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <http://dx.doi.org/10.59327/ipcc/ar6-9789291691647.001>

IPMA (2025) – ver site

Januário, L. D. M. (2020). Integração de leguminosas em pastagens permanentes: efeitos na produtividade e sustentabilidade em sistemas de produção animal (Dissertação de Mestrado). Universidade de Évora, Évora, Portugal.

Jardim, M. H., & Bursztyn, M. A. (2015, 09). Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de extrema (mg). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*,

20(03), 353-360. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000106299>

Kreidenweis, U., Humpenöder, F., Kehoe, L., Kuemmerle, T., Bodirsky, B. L., Lotze-Campen, H., & Popp, A. (2018, 05 04). Pasture intensification is insufficient to relieve pressure on conservation priority areas in open agricultural markets. *Global Change Biology*, 24(07), 3199-3213. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.14272>.

Krolow, R. H., Mistura, C., Coelho, R. W., Siewerdt, L., & Zonta, É. P. (2004). Efeito do fósforo e do potássio sobre o desenvolvimento e a nodulação de três leguminosas anuais de estação fria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(63), 2224–2230. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982004000900007>

Lana, D. S. (2024). *AVALIAÇÃO DA BALNEABILIDADE DE CORPOS D'ÁGUA DA REGIÃO DE OURO PRETO*. Retrieved 04 08, 2025, from https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/7406/1/MONOGRAFIA_Avalia%C3%A7%C3%A3oBalneabilidadeCorpos.pdf.pdf

Lopes, C. S. do C. (2012). *Influência da data de fecho na primavera, do intervalo de crescimento e da adubação azotada, na produtividade e qualidade da erva produzida para silagem por uma pastagem consociada de Lolium perenne, Trifolium repens e Trifolium pratense* [Dissertação de mestrado, Universidade dos Açores]. Repositório da Universidade dos Açores. <https://repositorio.uac.pt/bitstreams/69b91b07-1f34-4f33-95ff-32b53862c990/download>

Lopes, M. N., Cândido, M. J. D., Pompeu, R. C. F. F., Silva, R. G. d., Lopes, J. W. B., Fernandes, F. R. B., Lacerda, C. F. d., & Bezerra, F. M. L. (2013, 06). Fluxo de biomassa em capim-massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem

adubação nitrogenada. *Revista Ceres*, 60(03), 363-371. FapUNIFESP (SciELO).
<https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000300009>

Lourenço, A., Braga, R., & Torres, M. O. (2017). Avaliação da produção de biomassa seca e da composição botânica de pastagens melhoradas de sequeiro com recurso à agricultura de precisão. In *Livro de resumos da XXXVIII Reunião de Primavera da Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens* (p. 25). Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens. Recuperado de https://sppf.pt/images/livro_resumos/Livro_de_Resumos_38%C2%AA_RP.pdf

Machado, L. A. Z., Balbino, L. C., & Ceccon, G. (2011). *Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. I. Estruturação dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária* [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária]. Dourados. Retrieved 03 17, 2025, from <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/923615/integracao-lavoura-pecuaria-floresta-i-estruturacao-dos-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria>

Madeira, M.; Monteiro, F. (2004). A Base de Referência para os Solos do Mundo e a Classificação dos Solos de Portugal. *Revista das Ciências Agrárias*. 27(1):13-23
https://parceriaptsolo.dgadr.gov.pt/images/conteudos/doc/E._C._Sousa_M._Madeira__F._G._Monteiro.pdf

Malafaia, G. C., Contini, E., Dias, F. R. T., Gomes, R. d. C., & Moraes, A. E. L. d. (2021, 07). *Cadeia produtiva da carne bovina: contexto e desafios futuros* [DOCUMENTOS 291]. Embrapa Gado de Corte. Retrieved 04 04, 2025, from <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132914/1/DOC-291-Final-em-Alta.pdf>

MapBiomas (2024). *Pastagem, soja e cana ocupam 77% da área de agropecuária no Brasil*.
<https://brasil.mapbiomas.org/2024/12/06/pastagem-soja-e-cana-ocupam-77-da-area-de-agropecuaria-no-brasil/>

- Marques, C., & Carvalho, M. (2017). *A agricultura e os sistemas de produção da região Alentejo de Portugal: Evolução, situação atual e perspectivas*.
<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/22004/1/Marques%20e%20Carvalho%2C%20REA%2C%202017.pdf>
- Marques, J. S. F. (2023). *Transferência do dióxido de carbono entre a atmosfera e um relvado urbano do nordeste de Portugal* (Dissertação de mestrado, Escola Superior Agrária de Bragança, Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Biblioteca Digital da Escola Superior Agrária de Bragança.
<https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/28746/1/Joubert%20Soares%20Fuscaldi%20Marques.pdf>
- Martins, E. C. (2023). Desempenho, qualidade da carne e emissões de gases de efeito estufa de bovinos zebuínos e cruzados alimentados com diferentes proporções de concentrado em confinamento [Tese de Doutorado]. Belo Horizonte. Retrieved 04 07, 2025, from <http://hdl.handle.net/1843/77873>
- Massruhá, S. M. F. S., Leite, M. A. d. A., & Bolfe, É. L. (2023). *Agro 4.0: o papel da pesquisa e perspectivas para a transformação digital na agricultura*. Retrieved 02 28, 2025, from <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1154917>
- McGinn, S. M., Coulombe, J. F., & Beauchemin, K. A. (2021). Validation of the GreenFeed system for measuring enteric gas emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 99(3), skab046.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8034412/pdf/skab046.pdf>
- MCGINN, Sean M; COULOMBE, Jean-François; A BEAUCHEMIN, Karen. Technical note: validation of the GreenFeed system for measuring enteric gas emissions from cattle. *Journal Of Animal Science*, [S.L.], v. 99, n. 3, p. 1-6, 24 fev. 2021. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jas/skab046>.

- Medeiros, M. A. A. (2016). *Estudo do efeito de dois intervalos de crescimento e seis níveis de azoto na produção de matéria seca e na qualidade de uma pastagem de Lolium perenne, Trifolium repens e Trifolium pratense* (Dissertação de mestrado). Universidade dos Açores. <https://repositorio.uac.pt/entities/publication/40cb7762-3487-4dbb-bba6-8c934a4f6e8f>
- Min, B.-R., Lee, S., Jung, H., Miller, D. N., & Chen, R. (2022, 04 07). Enteric Methane Emissions and Animal Performance in Dairy and Beef Cattle Production: strategies, opportunities, and impact of reducing emissions. *Animals*, *12*(08), 948-974. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani12080948>
- Mogle, U. P., & Mane, R. (2010). Antagonistic effect of biofertilizers against seed born in Tomato Mycoflora (*Lycopersicum esculentum*). *Research Journal of Agricultural Sciences*, *1*(1), 255-258. Scholar google. https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=ja&user=2JDoa8EAAAAJ&citation_for_view=2JDoa8EAAAAJ:OP4eGU-M3BUC
- Mombach, M. A., Carvalho, P. de, Xavier, I. M., Rodrigues, J. A., Cabral, L. S., Rodrigues, R. A. R., & Pedreira, B. C. (2016). *Adaptação de bovinos de corte ao GreenFeed® com diferentes atrativos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta*. Embrapa. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1067508/1/Adaptacao-de-bovinos-de-corte-ao-GreenFeed-2016.pdf>
- Moraes, A. S. (2008). *Pecuária e conservação do Pantanal: análise econômica de alternativas sustentáveis—o dilema entre benefícios privados e sociais*. [Universidade Federal de Pernambuco, tese de doutorado apresentado ao programa de pós-graduação,]. Recife. Retrieved 04 04, 2025, from <https://www.observatoriopantanal.org/wp->

content/uploads/crm_perks_uploads/5cb0f734750a11456042675850236/2019/08/2008_Pecuaria_e_conservacao_do_pantanal_analise_economica_de_alternativas_sustentaveis_o_dilema_entre_beneficios_privados_e_sociais.pdf

Moraes, E. P. d. S. (2015, 07 22). O papel da heterogeneidade local e área per se sobre a riqueza de espécies de lagartos em paisagem fragmentada de floresta atlântica: diversidade, composição e efeitos da fragmentação programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento Universidade Fe. Salvador. Retrieved 03 19, 2025, from https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/17986/1/Disserta%3%a7%c3%a3o_vers%3%a3o_final%20Emanuela%20Petersen.pdf

Moredo, N. J. F. (2022). *Instalação de um coberto vegetal de leguminosas anuais de ressementeira em olival adulto* (Dissertação de mestrado, Escola Superior Agrária de Bragança). Biblioteca Digital do IPB. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstreams/67a8872d-0ff2-4f0f-adeb-e7152ecab0e3/download>

Moreira, G. M. D. O. (2016). *BOVINOCULTURA DE CORTE: Sistema de Produção* [Trabalho de Conclusão de Curso]. BARRETOS. Retrieved 04 04, 2025, from <https://brt.ifsp.edu.br/phocadownload/userupload/213354/IFMAPI60005%20BOVINOCULTURA%20DE%20CORTE.pdf#page=13.18>

Moreira, M. T., & Ferrario, J. D. (2024, 02 16). *Melhorar a carne através da ecografia*. Revista Ruminantes. Retrieved 04 04, 2025, from <https://revista-ruminantes.com/2024/02/16/melhorar-a-carne-atraves-da-ecografia/>

Moreira, N. (2002). *Agronomia das forragens e pastagens*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. <https://pt.scribd.com/doc/27829469/Agronomia-Das-Forragens-e-Pastagens>

- Moretti, M. (2020, March 25). *Recria intensiva a pasto: Intensificação*. Agroceres Multimix. Retrieved April 4, 2025, from https://agroceresmultimix.com.br/blog/intensificando_a_recria_na_pratica/
- Moura Zanine, A., Santos, E. M., & de Jesus Ferreira, D. (2006). Principais terminologias utilizadas em forragicultura e pastagem. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(3), 1–7. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612698008.pdf>
- Naeem, S., Duffy, J. E., & Zavaleta, E. (2012, 06 15). The Functions of Biological Diversity in an Age of Extinction. *Science*, 336(6087), 1401-1406. Science. <https://doi.org/10.1126/science.1215855>
- Nardi, S., Muscolo, A., Vaccaro, S., Baiano, S., Spaccini, R., & Piccolo, A. (2007, 12). Relationship between molecular characteristics of soil humic fractions and glycolytic pathway and krebs cycle in maize seedlings. *Soil Biology And Biochemistry*, 39(12), 3138-3146. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.006>
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002, 11). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology And Biochemistry*, 34(11), 1527-1536. Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- Nascimento Júnior, D. d., & Adese, B. (2004, 11 14). *ACÚMULO DE BIOMASSA NA PASTAGEM* [I Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem]. UFV. Retrieved 06 06, 2025, from <https://conevajr.ufsc.br/files/2015/03/Acumulodebiomasanapastagem.pdf>
- Nascimento, D. B., Oliveira, A. R. S., Farias Sobrinho, J. L., Coelho, J. J., & Izidro, J. L. P. S. (2024). Ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em ecossistemas de pastagem. *Ciência Animal Brasileira*, 25, e76743P. <https://www.scielo.br/j/cab/a/9HR7gCQrpnSHk8n6spVqFRR/?lang=pt>

- Noorae, S.E., Alimon, A.R., Ho, Y.W., & Abdullah, N. (2010, 06 01). Characterization of *Kluyveromyces marxianus* as a potential feed additive for ruminants. *Letters in Applied Microbiology*, 50(06), 578–584. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2010.02836.x>
- Nunes, V. J. P., Rodrigues, F. M. S., & Vieira, P. R. P. (2024, 10 17). RECRIA INTENSIVA A PASTO (RIP) NA BOVINOCULTURA: Revisão narrativa de literatura. *Scientia Generalis*, 5(2), 233–241. Scientia Generalis. <https://doi.org/10.22289/sg.V5N2A25>
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology*. Saunders.
- Oliveira, E. R. d., Silva, J. R., Baumann, L. R. F., Miziara, F., Ferreira, L. G., & Merelles, L. R. d. O. (2020, 09 08). Tecnologia e degradação de pastagens na pecuária no Cerrado brasileiro. *Sociedade & Natureza*, 32, 626-638. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlandia. <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v32-2020-55795>
- Oliveira, et al. (2022). Phosphate fertilization and liming as strategies to increase forage productivity in Pampa natural grasslands. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 46, e0210145. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/PPW5YCMsSVXZBjTxfpc6yBH/>.
- Parente, H. N., & Maia, M. O. (2015). Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. *Revista Trópica - Ciências agrárias E biológicas*, 5(3), 3-15. <https://doi.org/10.0000/rtcab.v5i3.272>
- Paulino, V. T., & Teixeira, E. M. d. L. C. (2015, 09 19). Sustentabilidade de pastagens – Manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa. *Pubvet*, 04(04), 1-17. Retrieved 04 08, 2025, from <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/2532>

Paulino, V. T., & Teixeira, M. A. (2015). Manejo de pastagens e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na pecuária. Brasília: Embrapa.

Paulino, V. T., Braga, G. J., Lucena, M. A. C., Gerdes, L., & Colozza, M. T. (2008). *SUSTENTABILIDADE DE PASTAGENS CONSORCIADAS - ÊNFASE EM LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS*. Retrieved 04 05, 2025, from https://www.researchgate.net/profile/Valdinei-Paulino/publication/266554063_SUSTENTABILIDADE_DE_PASTAGENS_CONSORCIADAS_-ENFASE_EM_LEGUMINOSAS_FORRAGEIRAS_-_SUSTAINABILITY_IN_PASTURES_MIXTURES_-_FORAGE_LEGUMES/links/5433f9590cf2bf1f1f279b74/SUSTENTABILIDADE

Pedreira, B. C., Gomes, F. J., & Pereira, D. H. (2024). INOVAÇÕES NO MANEJO DE PASTAGENS E SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE CORTE EM MATO GROSSO. *A Pós-Graduação em Zootecnia da Ufmt: contribuições para produção animal eficiente e sustentável*, 103-126. <http://dx.doi.org/10.37885/241218403>

Perdigão, A., Pereira, J. L. S., Moreira, N., Trindade, H., & Coutinho, J. (2021). A 3-year field study to assess winter cover crops as nitrogen sources for an organic maize crop in Mediterranean Portugal. *European Journal of Agronomy*, 128, 126302. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126302>

Pereira Bento, A. (2011). *Qualidade dos fenos na região do Alentejo* [Dissertação de mestrado, Universidade de Évora]. Repositório Digital da Universidade de Évora. Retrieved 14 09, 2025, from https://www.rdp.uevora.pt/bitstream/10174/14945/1/Dissertacao_Versao%20Z10_26_09_2011_.pdf

- Pereira, V. V., Mangualde, R. M., & Sbrissia, G. F. (2011, 12). PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA BOVINOCULTURA DE CORTE BRASILEIRA. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 1(02), 26-34. <https://doi.org/10.21206/rbas.v1i2.34>
- Pes, L. Z. (2009). *FLUXO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO E ROTAÇÃO DE CULTURAS NO PLANALTO DO RIO GRANDE DO SUL* [Dissertação de Mestrado]. Retrieved 04 07, 2025, from <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/117512/PES%2c%20LUCIANO%20ZUCUNI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Philadelphi, S. M., Malisch, C. S., Eriksen, J., et al. (2025). *Grasses, legumes and forbs respond differently to compound drought-heatwave events during establishment. Plant and Soil.*<https://link.springer.com/journal/11104>.
- Pires, J., Fernández Núñez, M. E., Faria, R. P., Arrobas, M., Rizzi, T., Aguiar, C., Rodrigues, M. A., & Moreira, N. (2017). *Recuperação de pastagens de sequeiro*. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), Portugal. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/entities/publication/b846041d-6ef4-46a7-bc60-f16b755db50b>
- Polaquini, L. E. M., & Fukushima, A. R. (2025). *Criação de Ruminantes: Uma abordagem teórico-prática*. Freitas Bastos.
- Queirós, L. S. S. D. (2020, 02). *SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIO*. Iporá. Retrieved 03 24, 2025, from https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1258/3/mon_Liliana%20Santos%20Silva%20de%20Queir%C3%B3s.pdf
- Ramos, W. D. (2003). Produção de matéria seca e extração de nutrientes em pastagem de *Brachiaria brizantha*, em função de formas de aplicação de uréia. Universidade

Federal de Uberlândia. Disponível em:
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/42975/1/028.pdf>

Resende, T. M. (2015). *ISÓTOPOS DE CARBONO (13C) E A DINÂMICA DO CARBONO ORGÂNICO DO SOLO EM SISTEMAS CULTIVADOS NO CERRADO MINEIRO*. Retrieved 04 08, 2025, from <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16004/1/IsotoposCarbonoDinamica.pdf>

Rezende Neto, J. V. (2019, August 2). *Quais são os fatores determinantes para o crescimento das pastagens no Brasil Central? – Pasto com Ciência*. Pasto com Ciência. Retrieved April 6, 2025, from <https://pastocomciencia.com.br/2019/08/02/quais-sao-os-fatores-determinantes-para-o-crescimento-das-pastagens-no-brasil-central/>

Rezende, A. L. P. d. S. (2023). *DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE UM FERTILIZANTE FORMULADO COM A BIOMASSA DE GLIRICÍDIA*. Retrieved 03 25, 2025, from <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1168720>

Ribeiro, Y. D. N. (2018, 09). *PRODUÇÃO DE FORRAGEM, MORFOGÊNESE E EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO ADUBO EM CAPIM BRS QUÊNIA SOB DOSES DE NITROGÊNIO*. SÃO JOÃO DEL REI. Retrieved 04 07, 2025, from <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/cozoo/TCC%20FINALIZADO.pdf>

RONCON, N. (2011). *A IMPORTÂNCIA DO SETOR AGRÍCOLA PARA A ECONOMIA BRASILEIRA* [Trabalho de conclusão de curso]. SP, Assis. Retrieved 04 02, 2025, from <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0811260631.pdf>

- Rosa, A. d. N., Martins, E. N., Menezes, G. R. d. O., & Silva, L. O. C. d. (2013). *MELHORAMENTO GENETICO Aplicado em Gado de Corte*. Embrapa.
- Rumpel, C., Crème, A., Ngo, P.T., Velásquez, G., Mora, M.L., & Chabbi, A. (2015, 04 30). The impact of grassland management on biogeochemical cycles involving carbon, nitrogen and phosphorus. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(02), 353-371. Scielo. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000034>
- Sakamoto, L. S. (2018). Intensidades de emissões de gás metano de bovinos Nelore terminados a pasto e cruzados em confinamento (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-23102018-124307/>
- Sanderson, M. A., Goslee, S. C., Soder, K. J., Skinner, R. H., Tracy, B. F., & Deak, A. (2007, 02 28). Plant species diversity, ecosystem function, and pasture Management—A perspective. *Canadian Journal of Plant Science*, 87(03), 479-487. *Canadian Journal of Plant Science*. <https://doi.org/10.4141/P06-135>
- Santos Silva, J. M. B. (2024). Ação 3.4 - Composição botânica das pastagens e seu impacto no balanço de carbono e emissões de GEE. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV). Disponível em: <https://projects.inia.pt/GEEBovMit/o-projeto/acao-3-4>
- Santos, E. A. d. S., Paulino, G. d. S., & Carlos, D. A. I. (2023, 11 14). FERRAMENTAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO PECUÁRIA: a evolução tecnológica na bovinocultura brasileira. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 9(10), 2893-2904. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. <https://doi.org/10.51891/rease.v9i10.9729>
- Santos, E. A. d. S., Santos, M. R. P., & Guimarães, J. L. C. (2025, 02 07). Dinâmica das emissões de metano entérico na pecuária bovina paraense de 2008 a 2023.

Observatório de La Economía Latinoamericana, 23(02), 1-21. Brazilian Journals.
<https://doi.org/10.55905/oelv23n2-021>

Santos, T. d. L., Barros, V. d. S., Figueirêdo, M. C. B. d., Nunes, A. B. d. A., Gondim, R. S., Silva, E. d. O., Aragão, F. A. S. d., & Sousa, J. A. d. (2013). *Pegada de Carbono de Produtos Agrícolas: Estudo de Caso do Melão* [Documentos 167]. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Retrieved 04 08, 2025, from <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/982137/1/DOC13011.pdf#page=7.09>

Santos, T. J. M. (2018). *Avaliação quantitativa e qualitativa de pastagens e forragens numa exploração agropecuária em modo biológico na região da Flandres, Bélgica* [Dissertação de mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa.
<https://repositorio.ulisboa.pt/handle/10400.5/15877>

Santos-Silva, J., Alves, S. P., Francisco, A., Portugal, A. P., Dentinho, M. T., Almeida, J., da Silva, J. L. R., Fialho, L., Cachucho, L., & Jerónimo, E. (2023). Forage based diet as an alternative to a high concentrate diet for finishing young bulls - Effects on growth performance, greenhouse gas emissions and meat quality. *Meat Science*, 198, 109098. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109098>

Santos-Silva, J., Alves, S. P., Francisco, A., Portugal, A. P., Dentinho, M. T., Almeida, J., da Silva, J. L. R., Fialho, L., Cachucho, L., Jerónimo, E., Barradas, A., Rodrigues, A., Rodrigues, N., Teixeira, R., Domingos, T., & Bessa, R. J. B. (2023). *Aumento da sustentabilidade ambiental na engorda de novilhos*. Projeto LegForBov – INIAV. <https://projects.inia.pt/LegforBov/noticias/60-aumento-da-sustentabilidade-ambiental-na-engorda-de-novilhos>

SEEG. (2023). *Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2022*. Retrieved 04 08, 2025, from

https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/11/Relatorio-SEEG_gases-estufa_2023FINAL.pdf#page=11.99

SEEG. (2024). *ANÁLISE DAS EMISSÕES DE 1970-2023 GASES DE EFEITO ESTUFA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS METAS CLIMÁTICAS DO BRASIL 1970-2023*.

Retrieved 04 08, 2025, from <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/11/SEEG-RELATORIO-ANALITICO-12.pdf>

Seixas Santos, F. J. de, et al. (2023). Adubação nitrogenada e fosfatada em cultivares de *Megathyrsus maximus*: respostas morfogênicas e produtividade de forragem. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 16(10), 22177-22190. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1157458/1/Adubacao-nitrogenada-e-fosfatada-em-cultivares-de-Megathyrsus-maximus.pdf>

SENAR. (2015, 03). *Bovinocultura de Leite - Produção* [Relatório produto do Programa OIT/Cinterfor para Capacitação e Aplicação Prática do Modelo SENAI de Prospectiva e Projeção voltado à Formação Profissional]. Retrieved 04 04, 2025, from https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/SENAR.%20Estudio%20prospectivo%20bovinocultura%20leche.pdf

Serrano, J. E. (2011). *Melhoramento de pastagens de sequeiro. Pastos e Pastagens* [Blog]. <https://pastosepastagens.blogspot.com/2011/11/6-melhoramento-de-pastagens-de-sequeiro.html>

Serrano, J., da Silva, J. M., Shahidian, S., & de Carvalho, M. (2015). Variabilidade espacial e estabilidade temporal do carbono orgânico do solo num sistema silvo-pastoril Mediterrâneo. *Revista de Ciências Agrárias*, 38(4), 563-573.

Silva, C. C. F. d., Bonomo, P., Pires, A. J. V., Maranhão, C. M. d. A., Patês, N. M. d. S., & Santos, L. C. (2009, 04). Características morfogênicas e estruturais de duas

espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(04), 657-661. FapUNIFESP (SciELO). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000400010>

Silva, D. F. d. P. (2022, 12 07). *Manejo de recria e terminação de bovinos de corte utilizando sistema de confinamento/sequestro de bezerros* [Trabalho de conclusão de curso]. Goiânia. Retrieved 04 03, 2025, from <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/5403>

Silva, F. J. S. (2023). *PROPOSTAS DE SELEÇÃO PARA REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM BOVINOS DE CORTE* [Trabalho de conclusão de Curso]. Fortaleza. Retrieved 04 28, 2025, from https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/75754/3/2023_tcc_fjssilva.pdf

Simoes, N. (2025). Dados cedido por Nuno Simões no ambito do projeto GEEBovMit3.4.

Simões, N., de Almeida, J. P. F., Carneiro, J. P., Carita, T., Peças, L., Canatário, N., Henriques, N., & Trindade, H. (2024). Estimativa da produção em pastagens de sequeiro através do Rising Plate Mater (RPM). *Voz Do Campo*, 282, 120.

Sitoie, C. L., & Mucuho, A. A. (2025). A SOMBRA DE ÁRVORE PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA: UMA PROPOSTA DE SUSTENTABILIDADE COMUNITÁRIA NO CLIMA TROPICAL SECO DE PANDA. In *PLANTAS NATIVAS DE MOÇAMBIQUE: PERCEÇÃO E USO NA AGRICULTURA FAMILIAR DE PANDA E QUINTAIS DE MASSINGA* (pp. 13-73). CCSE/UEPA. https://www.researchgate.net/publication/390177466_PLANTAS_NATIVAS_D_E_MOCAMBIQUE_PERCECAO_E_USO_NA_AGRICULTURA_FAMILIAR_DE_PANDA_E_QUINTAIS_DE_MASSINGA/citation/download

- Smart, A. (2010). *Harvest & efficiencies of livestock grazing*.
<https://www.midwestforage.org/pdf/467.pdf>
- Soares, D. J. R. (2024). *Equity valuation: Amgen Inc* (Master's thesis, Universidade Católica Portuguesa, Portugal).
https://www.rdp.uevora.pt/bitstream/10174/37082/1/Mestrado-Engenharia_Agronomica-Cristovao_Miguel_Soares.pdf
- Soares, K. R., & Ximenes, L. F. (2023, 10 02). *Lácteos*. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENEI. Retrieved 04 04, 2025, from https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1845/1/2023_CDS_301.pdf
- Sobrinho, G. F. D. S. (2023, 02 28). Atividade agroindustrial leiteira sob as condições hidrológicas do semiárido do Rio Grande do Norte: o caso de São José do Seridó. [Dissertação]. POMBAL. Retrieved 04 04, 2025, from <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/30720>
- Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens (SPPF) (2024). *Livro de resumos: 43^a Reunião de Primavera da SPPF, Fundação, 18-19 de abril de 2024* (1^a ed.). Retrieved 14 09, 2025, from https://www.sppf.pt/images/reunioes_primavera/43%C2%AARP/1_Livro_de_Resumos_43%C2%AA_RP.pdf
- Sotta, E. D., Sampaio, F. G., & Costa, M. d. S. N. (Eds.). (2020). *Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira*. MAPA.
- Sousa, D. de J. (2024). *Sistemas de produção de ruminantes baseados em pastagens e forragens* [Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora]. Repositório Digital da Universidade de Évora.

https://www.rdpc.uevora.pt/bitstream/10174/37201/1/Mestrado-Engenharia_Zootecnica-Diogo_de_Jesus_Sousa.pdf?utm_source=chatgpt.com

Souza, T. (2025). *MANEJO AGROECOLÓGICO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS*.

Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agroecologia.

[https://www.researchgate.net/profile/Tancredo-](https://www.researchgate.net/profile/Tancredo-Augusto/publication/390487226_Manejo_Agroecologico_de_Residuos_Organicos_2025/links/67efc6099b1c6c487776cfe9/Manejo-Agroecologico-de-Residuos-Organicos-2025.pdf)

[Augusto/publication/390487226_Manejo_Agroecologico_de_Residuos_Organicos_2025/links/67efc6099b1c6c487776cfe9/Manejo-Agroecologico-de-Residuos-Organicos-2025.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Tancredo-Augusto/publication/390487226_Manejo_Agroecologico_de_Residuos_Organicos_2025/links/67efc6099b1c6c487776cfe9/Manejo-Agroecologico-de-Residuos-Organicos-2025.pdf)

Teixeira, R. F. M., Fonseca, C., & Cardoso, I. M. (2008). Carbon sequestration in biodiverse sown grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127(1–2), 40–46.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.02.015>

Tomé, I. M. (2025, 01 17). Avaliação ambiental em áreas de preservação permanente em Catalão (GO): uma contribuição ao planejamento [Tese]. Uberlândia, Minas Gerais. <https://doi.org/10.14393/ufu.te.2025.5510>

TRADING ECONOMICS. *Portugal - Number of bovine animals (Eurostat data)*.2025.

Disponível em: <https://tradingeconomics.com/portugal/number-of-bovine-animals-eurostat-data.html>. Acesso em: 22 jun. 2025.

Universidade da Flórida, IFAS. (2021). *Sustainable Nitrogen in Livestock Systems: Forage Legumes vs. N Fertilizers (SS-AGR-489/AG484)*. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/ag484>.

USDA. (2025, 10 01). *FAS Home / Market and Trade Data / PSD Online*. USDA Foreign Agricultural Service. Retrieved April 3, 2025, from

<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/topCountriesByCommodity#chart176>

Valada, T. R. A., Silva, J. P., & Nogueira, C. (2012). Estratégias de manejo sustentável de pastagens e mitigação dos impactos ambientais. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa.

Vasconcelos, A. S. (2020). *PLATAFORMA IoT PARA RASTREAMENTO E MONITORAMENTO PARA BOVINOS A PASTO*. Retrieved 002 26, 2025, from <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/19874/ALEXANDRE%20SALES%20VASCONCELOS%20%E2%80%93%20TESE%20%28PPGEA%29%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vasques, F. (2014, 01). CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES LEITEIRAS DO NOROESTE PAULISTA QUANTO ÀS PASTAGENS E CONTROLE DO CARRAPATO *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Nova Odessa. Retrieved 04 08, 2025, from <https://iz.agricultura.sp.gov.br/pdfs/1398345666.pdf>

Veloso, A., Sempiterno, C., Calouro, F., Rebelo, F., Pedra, F., Castro, I. V., Gonçalves, M. C., Marcelo, M. E., Pereira, P., Fareleira, P., Jordão, P., Mano, R., & Fernandes, R. (2022). *Manual de fertilização das culturas* (3ª ed.). Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. <https://www.inia.pt/divulgacao/publicacoes-bd/manual-fertilizacao-das-culturas>

Veloso, A., Sempiterno, C., Calouro, F., Rebelo, F., Pedra, F., Castro, I. V., Gonçalves, M. C., Marcelo, M. E., Pereira, P., Fareleira, P., Jordão, P., Mano, R., & Fernandes, R. (2022). *Manual de fertilização das culturas* (3ª ed.). Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. <https://www.inia.pt/divulgacao/publicacoes-bd/manual-fertilizacao-das-culturas>

- VetosEurope. (2024). *Projeto Anavrin–GreenFeed®: Ensaio de 210 dias com bovinos de corte na Universidade de Milão*. <https://vetoseurope.com/GreenFeed®-project-anavrin/>
- Vieira, A. S., Oliveira, M., & Rezende, C. F. A. (2017, 11 13). *PLANEJAMENTO DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS NA FAZENDA CABECEIRA DO PIRACANJUBA-GOÍÁS* [Anais SNCMA]. Retrieved 04 02, 2025, from <https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/sncma/article/view/242/225>
- Vieira, M. M. M., & Mochel Filho, W. d. J. E. (2009, 10 22). Influência dos fatores abióticos no fluxo de biomassa e na estrutura do dosel. *Archivos de Zootecnia*, 59(232), 15-24. Cordoba University Press (UCOPress). <http://dx.doi.org/10.21071/az.v59i232.4904>
- Vogel, A., Scherer-Lorenzen, M., & Weigelt, A. (2012, 05 16). Grassland Resistance and Resilience after Drought Depends on Management Intensity and Species Richness. *PLoS One*, 7(5), e36992. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036992>
- Wendling, I. J., Oliveira, M. F. d., Pezzopane, J. E. M., Paciullo, D. S. C., Almeida Júnior, G. A. d., Costa, M. T. d. A., Salomão, G. d., Alves, C. S., Dias, L. Z., & Reis, E. A. B. (2021). SISTEMAS SILVIPASTORIS – UMA ALTERNATIVA VIÁVEL PARA ÁREAS MONTANHOSAS DO ESPÍRITO SANTO. *Sistemas Integrados de Produção: pesquisa e desenvolvimento de tecnologias*, 184-216. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/210906095>
- WWF. (2022, 02 21). *Avanço da agropecuária reduz biodiversidade no Cerrado e na Amazônia, aponta estudo*. WWF. Retrieved 04 08, 2025, from <https://www.wwf.org.br/?81708/Avanco-da-agropecuaria-reduz-biodiversidade-no-Cerrado-e-na-Amazonia-aponta-estudo>

Anexos

Anexo I- Composição das misturas semeadas em 2023/2024 na instalação do ensaio.

Quadro - A1.1- Mistura LEG_75

LEGUMINOSAS				
Espécie	Variedade	Kg ha-1	Peso mil sementes (g)	Número de plantas
<i>T. subterraneum subterraneum</i>	Campeda	2	8	250000
	Dalkeith	2	8	250000
<i>T. subterraneum brachycalycinum</i>	Mintaro	3	10	300000
<i>T. resupinatum</i>	Nitroplus	2	1	2000000
<i>T. majus</i>	Maral	1		
<i>T. michelianum</i>	Paradana	2	1	2000000
<i>T. incarnatum</i>	Contea	2	3,5	571429
<i>T. vesiculosum</i>	Fertiseta	2	1,2	1666667
<i>M. polymorpha</i>	Scimitar	2	4	500000
<i>M. truncatula</i>	Sephi	1	4	250000
<i>O. Sativus</i>	Oniferti	3	2,5	1200000
Total		22		8988095
GRAMÍNEAS				
Espécie	Variedade	Kg ha-1	Peso mil sementes (g)	Número de plantas
<i>Dactylis glomerata</i>	Aldebaran	1,5	0,7	2142857
<i>Lolium multiflorum</i>	Flying A	1	2	500000
<i>Festuca arundinacea</i>	Tower	0,5	2	250000

Total		3		2892857
-------	--	---	--	---------

Quadro - A1.2- Mistura GRA_75

LEGUMINOSAS				
Espécie	Variedade	Kg ha-l	Peso mil sementes (g)	Número de plantas
<i>T. subterraneum subterraneum</i>	Campeda	1	8	125000
	Dalkeith	1	8	125000
<i>T. subterraneum brachycalycinum</i>	Mintaro	1	10	100000
<i>T. resupinatum</i>	Nitroplus	1	1	1000000
<i>T. majus</i>	Maral	1		
<i>T. michelianum</i>	Paradana	1	1	1000000
<i>T. incarnatum</i>	Contea	1	3,5	285714
<i>T. vesiculosum</i>	Fertiseta	1	1,2	833333
<i>M. polymorpha</i>	Scimitar	1	4	250000
<i>M. truncatula</i>	Sephi	0,5	4	125000
<i>O. Sativus</i>	Orniferti	0,5	2,5	200000
Total		10		4044048
GRAMÍNEAS				
Espécie	Variedade	Kg ha-l	Peso mil sementes (g)	Número de plantas
<i>Dactylis glomerata</i>	Aldebaran	7	0,7	10000000
<i>Lolium multiflorum</i>	Flying A	6	2	3000000
<i>Festuca arundinacea</i>	Tower	2	2	1000000
Total		15		14000000

7.2. Anexo 2 – Composição bromatológica da pastagem

Quadro - A2.1- Composição bromatológica dos tratamentos GRA_75, LEG_75 e NAT.

2024/25									
Nº Lab	Mistura	Local	Humidade (%)	Cinza (%)	Proteína (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Digestibilidade (%)
37	LEG 1	INIAV	4,8	9,4	8,6	64,4	42,7	5,07	42,3
38	LEG 2	INIAV	5,5	7,2	8,2	64,2	39,1	4,06	43,4
39	LEG 3	INIAV	6,6	9,3	11,9	43,5	33,5	5,02	59,8
40	LEG 4	INIAV	7,4	7,1	8,2	48,3	31,9	4,13	58,1
41	GRA 1	INIAV	6	8,7	7,3	63,1	38	4,37	44,4
42	GRA 2	INIAV	4,8	7,7	7,8	61,3	40,8	4,55	46,1
43	GRA 3	INIAV	5,2	7,6	6,7	66,4	41,7	5,37	44,1
44	GRA 4	INIAV	5,2	7	7,1	68	42,2	3,91	38,4
45	NAT 1	INIAV	4,7	17,4	5,2	53,6	44,6	5,02	43,3
46	NAT 2	INIAV	5,5	11,7	5,6	63,8	43,3	4,97	34,4
47	NAT 3	INIAV	5,4	11,6	7,5	62,4	43,2	5,7	37,3
48	NAT 4	INIAV	5,2	9,7	9,1	57,9	36,4	3,82	51,3