

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA



UNIVERSIDADE
DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

COMPLEMENTARIDADE ENTRE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E BEM-ESTAR
ANIMAL NO ÂMBITO DA PRODUÇÃO LEITEIRA AÇORIANA À BASE DE PASTAGEM

CAROLINA AMARAL MARTINS

ORIENTADOR

DOUTOR ANDRÉ MARTINHO DE ALMEIDA

COORIENTADOR

DOUTOR DAVID PAULO FANGUEIRO

2022

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA



UNIVERSIDADE
DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

COMPLEMENTARIDADE ENTRE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E BEM-ESTAR
ANIMAL NO ÂMBITO DA PRODUÇÃO LEITEIRA AÇORIANA À BASE DE PASTAGEM

CAROLINA AMARAL MARTINS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ZOOTÉCNICA - PRODUÇÃO
ANIMAL

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI
PRESIDENTE:
DOUTOR GEORGE THOMAS STILWELL

ORIENTADOR:
DOUTOR ANDRÉ MARTINHO DE
ALMEIDA

VOGAIS:
DOUTORA PAULA MARIA DA LUZ
FIGUEIREDO DE ALVARENGA

COORIENTADOR:
DOUTOR DAVID PAULO FANGUEIRO

DOUTOR ANDRÉ MARTINHO DE ALMEIDA

2022

Anexo 3 – DECLARAÇÃO RELATIVA ÀS CONDIÇÕES DE REPRODUÇÃO DA TESE OU DISSERTAÇÃO

Nome: Carolina Amaral Martins

Título da Tese ou Dissertação:

Complementaridade entre sustentabilidade ambiental e bem-estar animal no âmbito da produção leiteira açoriana à base de pastagem

Ano de conclusão (indicar o da data da realização das provas públicas): 2022

Designação do curso de

Mestrado ou de

Doutoramento:

Mestrado em Engenharia Zootécnica - Produção Animal

Área científica em que melhor se enquadra (assinale uma):

- Clínica Produção Animal e Segurança Alimentar
 Morfologia e Função Sanidade Animal

Declaro sob compromisso de honra que a tese ou dissertação agora entregue corresponde à que foi aprovada pelo júri constituído pela Faculdade de Medicina Veterinária da ULISBOA.

Declaro que concedo à Faculdade de Medicina Veterinária e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha tese ou dissertação, no todo ou em parte, em suporte digital.

Declaro que autorizo a Faculdade de Medicina Veterinária a arquivar mais de uma cópia da tese ou dissertação e a, sem alterar o seu conteúdo, converter o documento entregue, para qualquer formato de ficheiro, meio ou suporte, para efeitos de preservação e acesso.

Retenho todos os direitos de autor relativos à tese ou dissertação, e o direito de a usar em trabalhos futuros (como artigos ou livros).

Concordo que a minha tese ou dissertação seja colocada no repositório da Faculdade de Medicina Veterinária com o seguinte estatuto (assinale um):

- Disponibilização imediata do conjunto do trabalho para acesso mundial;
- Disponibilização do conjunto do trabalho para acesso exclusivo na Faculdade de Medicina Veterinária durante o período de 6 meses, 12 meses, sendo que após o tempo assinalado autorizo o acesso mundial*;

* Indique o motivo do embargo (OBRIGATÓRIO)

Publicação dos resultados em revistas técnico-científicas.

Nos exemplares das dissertações de mestrado ou teses de doutoramento entregues para a prestação de provas na Universidade e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito na Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa deve constar uma das seguintes declarações (incluir apenas uma das três):

- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.
- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE/TRABALHO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.) APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.
- DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, 22 de Maio de 2022

(indicar aqui a data de realização das provas públicas)

Assinatura:

Carolina Amaral Martins

Agradecimentos

Aos meus orientadores, ao professor André Almeida e ao professor David Fangueiro, pela paciência, pela disponibilidade e pelos conhecimentos transmitidos ao longo do meu percurso académico e da realização deste trabalho.

Quero agradecer à empresa Bel Portugal SA, na pessoa do diretor Eduardo Vasconcelos e toda a sua equipa, por terem-me recebido da melhor forma e pela partilha de conhecimentos.

Um especial agradecimento à Engenheira Ana Arruda pela partilha de conhecimento, pelos conselhos e pelo auxílio com os produtores.

Gostaria também de agradecer ao Projeto Dairy4future (www.dairy4future.eu) financiado pelo Programa Interreg Espaço Atlântico (EAPA_304/2016) pelo suporte para realizar este trabalho.

Um agradecimento especial aos meus pais pelo enorme esforço, pelo apoio incondicional e pela proteção nos momentos mais difíceis deste percurso.

A todos os meus amigos pelo companheirismo, paciência e proteção.

A todos os produtores deste trabalho pelo tempo que dispensaram e pelo interesse demonstrado em colaborar neste projeto.

Resumo

COMPLEMENTARIDADE ENTRE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E BEM-ESTAR ANIMAL NO ÂMBITO DA PRODUÇÃO LEITEIRA AÇORIANA À BASE DE PASTAGEM

O arquipélago dos Açores caracteriza-se pela utilização de pastagens naturais como componente principal da alimentação de bovinos leiteiros. A região tem uma representatividade de aproximadamente 30% na produção nacional de leite, sendo que 67% do leite açoriano é proveniente da ilha de São Miguel.

A evidência de que a produção de leite em pastagem contribui diretamente para elevados padrões de bem-estar animal e para um menor impacto ambiental, associada à cada vez mais crescente preocupação por parte dos consumidores no que respeita a estes assuntos, permite valorizar a produção de leite dos Açores.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a importância da pastagem, como fator diferenciador, nos parâmetros de bem-estar animal e na pegada de carbono.

Foram selecionadas 15 explorações de bovinos de leite, todas localizadas da ilha de São Miguel. Realizaram-se dois questionários, um sobre todas as entradas e saídas de produtos e fatores de produção para cada exploração, permitindo o cálculo da pegada de carbono através da ferramenta Cool Farm Tool. O outro questionário visava obter informações sobre o bem-estar animal, tais como taxa de incidência de doenças metabólicas, motivos de refugo e problemas podais.

As explorações registaram um valor médio de 113 ± 31 de vacas leiteiras e uma área média de 55,7 hectares. A produção média de leite das explorações estudadas variava de 7 008 a 11 352 kg de leite/ vaca*ano com um valor médio de 9 497 kg de leite/ vaca*ano e os valores de pegada de carbono variaram entre 1,26 e 1,81 kg CO₂e/ kg FPCM (valor médio de 1,45 kg CO₂e/ kg FPCM).

Palavras-Chave: Bovinos de leite, Açores, pastagem, indicadores de bem-estar e pegada de carbono.

Abstract

COMPLEMENTARITY BETWEEN ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND ANIMAL WELFARE IN AZOREAN PASTURE-BASED DAIRY PRODUCTION

The Azores archipelago is characterized by the use of natural pastures as the main fodder in dairy cattle production. The region accounts for 30% of Portuguese cow milk production, with 67% of the Azorean milk being produced in the São Miguel Island.

The evidence that pasture-based milk production contributes directly to higher standards of animal welfare and a lower environmental impact, coupled with the growing concern of consumers regarding issues of environmental sustainability and animal welfare, enhances the value of dairy production in the Azores.

In such context, this study aimed to evaluate the importance of grazing, as a differentiating factor, in animal welfare parameters and in carbon footprint.

Fifteen dairy cattle farms were selected, all located in the São Miguel Island. Two inquiries were carried out, one on all inputs and outputs of each farm, allowing for the calculation of the carbon footprint through the Cool Farm Tool. The other questionnaire aimed at obtaining information on animal welfare, through metabolic diseases incidences, culling reasons and the occurrence of hoof problems.

The farms had an average of 113 ± 31 dairy cows, and with an average area of 55.7 hectares. Their milk production ranged from 7 008 to 11 352 kg milk/cow*year with an average value of 9 497 kg milk/cow*year and the carbon footprint values ranged from 1.26 to 1.81 kg CO₂e/ kg FPCM (average value of 1.45 kg CO₂e/ kg FPCM).

Keywords: Dairy cattle, Azores, pasture, welfare indicators and carbon footprint.

Índice

Agradecimentos.....	III
Resumo	IV
Abstract	V
Índice de figuras.....	VIII
Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas	X
1. Introdução.....	1
1.1 A produção leiteira nos Açores.....	2
1.1.1 Breve contextualização geográfica e económica	2
1.1.2 A Produção Leiteira na ilha de São Miguel	5
1.1.3 Comparação com os sistemas de Produção de Portugal Continental	8
1.1.4 Comparação com os sistemas de produção em pastagens: Nova Zelândia e Irlanda.....	9
1.2 Sustentabilidade ambiental da produção leiteira	11
1.2.1 Emissões de metano.....	12
1.2.2 Emissões de óxido nitroso	14
1.2.3 A pegada de carbono	14
1.3 Bem-estar animal no contexto da produção leiteira.....	16
1.3.1 Taxa de refugo	16
1.3.2 Taxa incidência de doenças metabólicas	17
1.3.3 As mastites e a contagem de células somáticas.	19
1.3.4 Claudicações.....	20
2 Objetivos	23
3 Materiais e métodos	24
3.1 Caracterização das explorações	24
3.2 Inquérito à exploração.....	24
3.2.1 Bem-estar animal.....	24
3.2.2 Pegada de carbono.....	26
3.3 O Software Cool Farm Tool.....	27
3.4 Análise estatística	28
4. Resultados e discussão.....	29
4.1 Caracterização das explorações.....	29
4.2 Dados de bem-estar animal	30
4.2.1 Taxa de refugo	30
4.2.2 Ocorrência de doenças metabólicas	32
4.2.3 Incidência de mamites	34

4.2.4 Ocorrência de claudicações	35
4.3 Pegada de carbono	36
5. Conclusões e perspectivas futuras.....	39
6. Referências bibliográficas.....	40

Índice de figuras

Figura 1 - Localização geográfica do arquipélago dos Açores.	2
Figura 2 - Evolução do efetivo de vacas leiteiras nos últimos 20 anos, nos Açores.....	3
Figura 3 - Litros de leite entregues nas fábricas por ano, nos Açores.....	4
Figura 4 - Evolução do número de produtores existentes, nos Açores.	4
Figura 5 - Percentagem de produtores de leite por ilha, em 2020	5
Figura 6 - Percentagem de leite entregue por ilhas, em 2020.	5
Figura 7 - Quantidade de leite de vaca entregues nas fábricas, na ilha de São Miguel. 6	
Figura 8 - Evolução do efetivo de vacas leiteiras, na ilha de São Miguel.	6
Figura 9 - Sistema tradicional de produção de leite.....	7
Figura 10 - Máquina de ordenha móvel.	8
Figura 11 - Produção de leite de vaca em Portugal Continental.	9
Figura 12 - Percentagem das emissões setoriais de CO ₂ e, em Portugal, em 2019.....	12
Figura 13 - Esquema de boxplot da taxa de refugo das explorações em estudo.	31
Figura 14 - Percentagem das causas de refugo das explorações em estudo.....	31
Figura 15 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de hipocalcemia nas explorações em estudo.	32
Figura 16 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de cetose nas explorações em estudo.....	33
Figura 17 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de acidose ruminal nas explorações em estudo.	34
Figura 18 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de mamites nas explorações em estudo.....	34
Figura 19 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de claudicação nas explorações em estudo.....	35
Figura 20 - Peso das várias fontes de emissão do sistema de produção de leite.....	37
Figura 21 - Eficiência alimentar e pegada de carbono de cada exploração em estudo.	38

Índice de tabelas

Tabela 1 - Índices zootécnicos do sistema de produção de leite, na Irlanda.	10
Tabela 2 - Resumo dos trabalhos científicos sobre a pegada de carbono do leite de vaca.	15
Tabela 3 - Descrição do Sistema de avaliação da claudicação	22
Tabela 4 - Inquérito de bem-estar animal realizado aos produtores.	25
Tabela 5 - Informações necessárias para o Cool Farm Tool	27
Tabela 6 - Caracterização das explorações	30
Tabela 7 - Pegada de Carbono das explorações.	36

Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas

PIB - Produto Interno Bruto

SREA - Serviço Regional de Estatística dos Açores

SAU - Superfície Agrícola Útil

INE - Instituto Nacional de Estatística

CN - Cabeças Normais ou Cabeças Normalizadas

MS - Matéria Seca

GEE - Gases Efeito de Estufa

CH₄ - Metano

N₂O - Óxido Nitroso

CO₂ - Dióxido de Carbono

CO₂e - Dióxido de Carbono Equivalente

GWP - Global Warming Potencial

NH₃ - Amoníaco

FPCM – Fat and protein corrected milk

1. Introdução

O arquipélago dos Açores é das regiões mais aptas para a produção leiteira em Portugal (Almeida et al. 2021). A região é muito conhecida pelas suas pastagens verdejantes disponíveis durante todo o ano e por ter vacas que pastam 365 dias do ano (Terra Nostra 2021).

Por ser uma região tão própria e distinta, tem uma preocupação com o bem-estar animal e com a preservação da sua paisagem natural, através da imposição da legislação específica (Decreto Regional nº 16/2007/A de 9 de julho de 2007), permitindo a valorização do leite açoriano. Deste modo, a sua sustentabilidade, em particular no que respeita às emissões referentes ao sistema de produção de leite açoriano é de suma importância, particularmente no definir de estratégias de mitigação, assim como na própria diferenciação dos produtos agrícolas açorianos.

No contexto atual de alterações climáticas e de crescente consciência ambiental e de bem-estar animal por parte dos consumidores, é de toda a importância que as explorações leiteiras possam conseguir combinar não só a rentabilidade inerente ao sistema, mas também a responsabilidade para com o bem-estar animal e a própria sustentabilidade ambiental.

1.1 A produção leiteira nos Açores

1.1.1 Breve contextualização geográfica e económica

A Região Autónoma dos Açores é composta por nove ilhas vulcânicas localizadas no Oceano Atlântico Norte, a cerca de 1500 km de Lisboa e 3900 km da América do Norte (Ng et al. 2019). Através da Figura 1, observamos que as ilhas estão divididas em três grupos distintos: o Grupo Oriental (São Miguel e Santa Maria), o Grupo Central (Terceira, Graciosa, Pico, São Jorge e Faial) e o Grupo Ocidental (Flores e Corvo). Nos Açores, o clima pode ser caracterizado como temperado húmido, sem estação seca e com chuvas regulares e abundantes durante todo o ano, segundo a classificação de Köppen- Geiger (Carvalho et al. 2020). Apresenta uma sazonalidade na maior parte do ano, permitindo criar um clima oceânico subtropical apesar da sua localização temperada (Massot 2015).

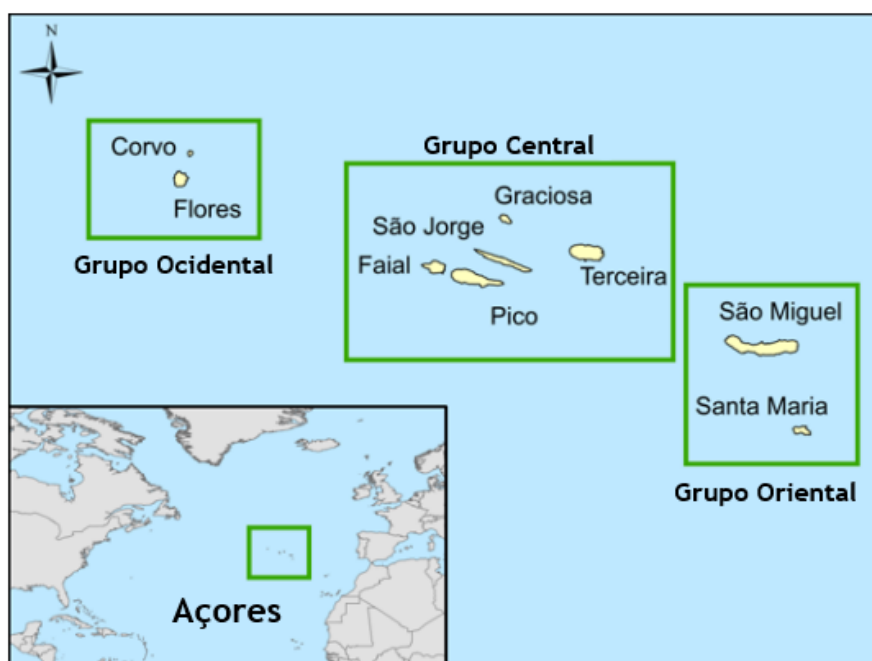


Figura 1 - Localização geográfica do arquipélago dos Açores.

Fonte:(Morais et al. 2018)).

Nos Açores, a agricultura é o setor económico mais importante, representando 9,6% do PIB do arquipélago (Massot 2015). A pecuária leiteira tem um papel predominante na economia da região, representando 54% da economia do setor agrícola (Vieira 2014). Segundo o Serviço Regional de Estatística dos Açores (SREA), as explorações agrícolas ocupam 54% do território dos Açores. A pastagem é a forma mais representativa de ocupação do solo. Tem uma elevada importância na alimentação

animal, em particular dos bovinos e corresponde a 83% da Superfície Agrícola Útil (SAU) da região (INE 2016a).

A produção de leite nos Açores representa mais de 30% do total da produção leiteira portuguesa, embora a região represente apenas 2,5% da área total do território português (Almeida et al. 2021). Apesar da importância dos Açores na produção de leite nacional, a maioria das explorações agrícola é no entanto de pequena dimensão e de carácter familiar, sendo muitas vezes a principal fonte de rendimento dos agricultores da região (Almeida et al. 2021).

Segundo o recenseamento agrícola de 2019, existiam naquele ano 2428 explorações recenseadas de bovinos de leite. É a segunda região com maior número de bovinos de leite, cerca de 95.385 cabeças, correspondendo a 33,7% do total do efetivo bovino leiteiro nacional (INE 2021a). Segundo o SREA, nos últimos 20 anos ocorreu uma diminuição de 5,5% (Figura 2) do número de vacas leiteiras na região. Apesar disso, nesse período observou-se um aumento de 30%, *Figura 3*, da produção de leite.

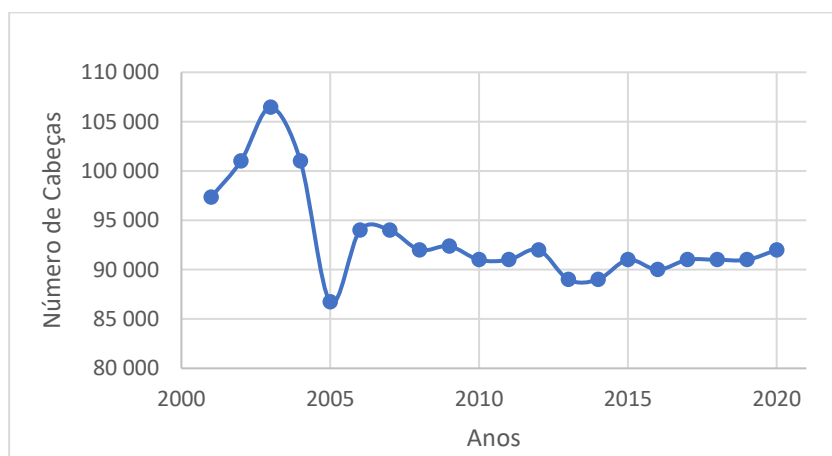


Figura 2 - Evolução do efetivo de vacas leiteiras nos últimos 20 anos, nos Açores.
Fonte: Adaptado de (SREA 2021).

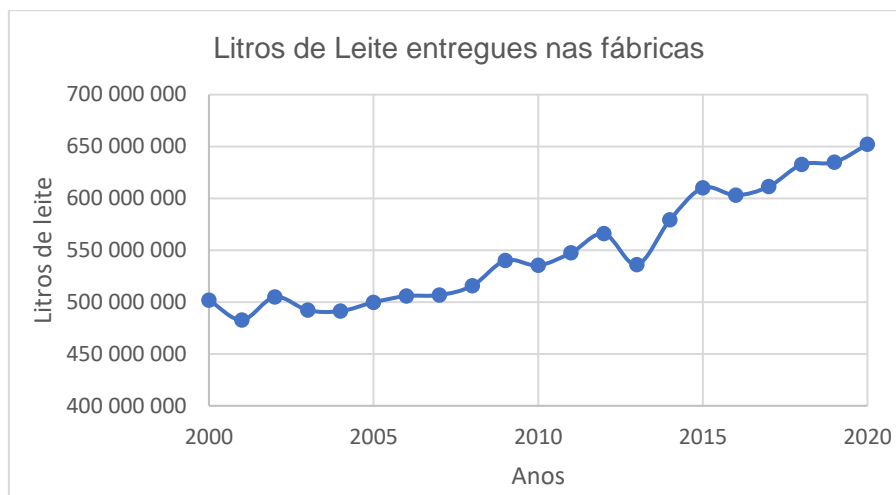


Figura 3 - Litros de leite entregues nas fábricas por ano, nos Açores.
 Fonte: Adaptado de (SREA 2021).

Em 2020, nos Açores foram entregues 652 064 996 litros de leite de vaca nas indústrias de lacticínios, produzidos maioritariamente nas ilhas de São Miguel e Terceira.

Segundo os dados disponível pelo Governo dos Açores (2020), de 2011 para 2020 observou-se uma redução de 3273 para 1913 no número de produtores existentes nos Açores, tal como está ilustrado na Figura 4.

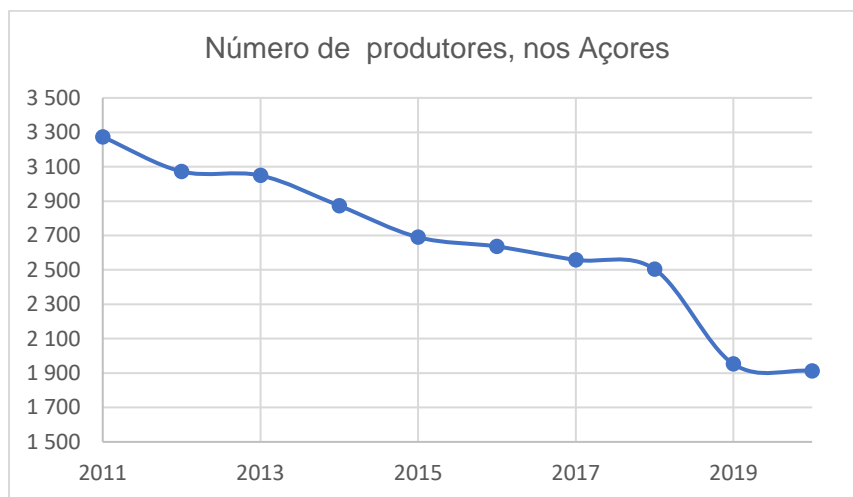


Figura 4 - Evolução do número de produtores existentes, nos Açores.
 Fonte: Adaptado de (Governo dos Açores 2020)

Em 2020, dos 1 913 produtores de leite existentes, 56%, 26%, 10%, 4%, 2%, 1% e 1% pertenciam respetivamente à ilha de São Miguel, Terceira, São Jorge, Faial, Pico, Graciosa e Flores, tal como ilustrado na Figura 5.

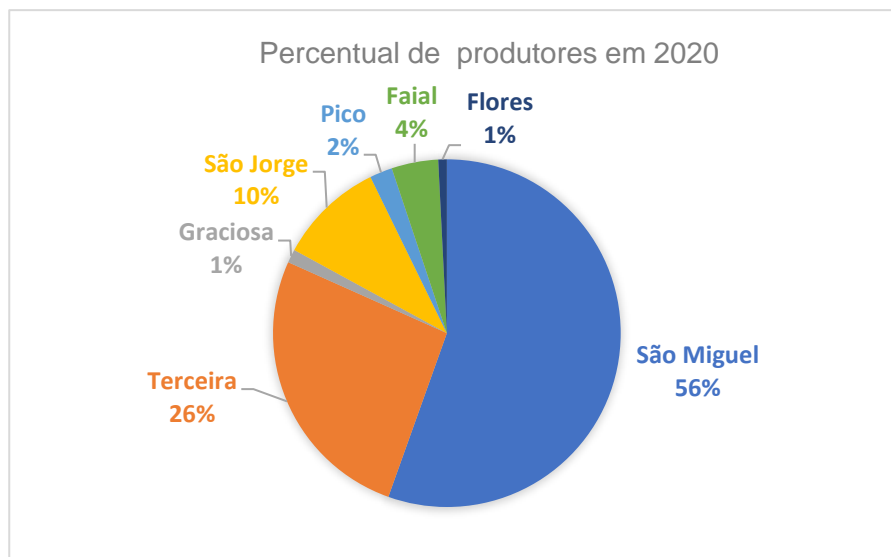


Figura 5 - Percentagem de produtores de leite por ilha, em 2020
 Fonte: Adaptado de (Governo dos Açores 2020)

Desde modo, podemos concluir que nos últimos 20 anos ocorreu um aumento da eficiência produtiva, ou seja, com um menor número de animais obteve-se uma maior produção de leite.

1.1.2 A Produção Leiteira na ilha de São Miguel

A produção de leite dos Açores concentra-se, predominantemente, na ilha de São Miguel. Com efeito, esta ilha representa 36% da área total do arquipélago dos Açores, mas tal como apresentado na Figura 6, é responsável por 67% da produção de leite regional. Nos últimos anos, observou-se um acréscimo de 202 milhões de litros de leite nos Açores, sendo que cerca de 87% ocorreu na ilha de São Miguel.

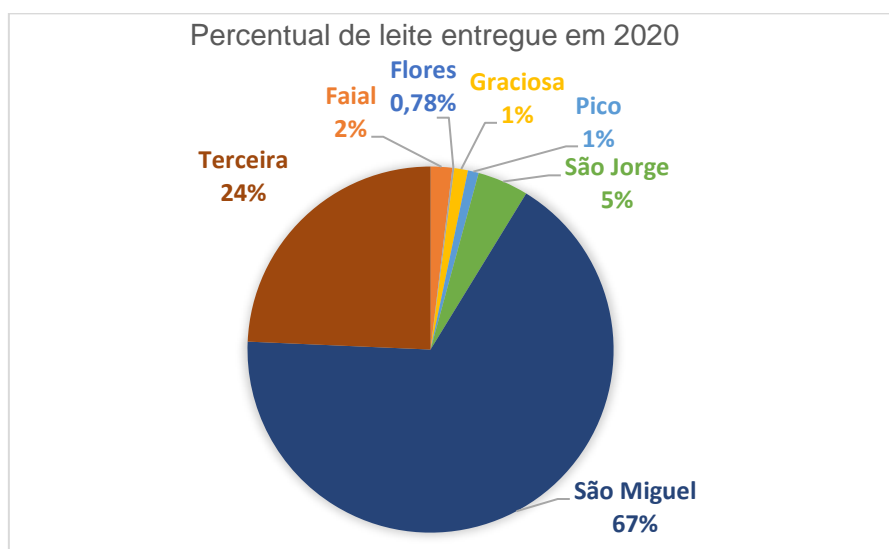


Figura 6 - Percentagem de leite entregue por ilhas, em 2020.
 Fonte: Adaptado de (Governo dos Açores 2020)

Segundo os dados do Governo dos Açores, ilustrados na Figura 7, a maior ilha dos Açores engloba 56% dos produtores de leite da região. Em 2020, a ilha continha cerca de 1061 produtores de leite, embora tenha ocorrido desde 2011 uma redução de 36,8% do número de produtores ativos na ilha.



Figura 7- Quantidade de leite de vaca entregues nas fábricas, na ilha de São Miguel.
Fonte: Adaptado (SREA)

Em 2019, a ilha de São Miguel possuía cerca de 2942 explorações agrícolas com a orientação para a produção de leite. Desde 1999 a 2019 registou-se um decréscimo de 65% (Figura 8) do número de explorações de produção de leite de vaca. Apesar disso, o número do efetivo de vacas leiteiras na ilha, nesse período de 1999 a 2019, aumentou em 41%. A ilha de São Miguel, em 2019, registou cerca de 60 mil vacas leiteiras.

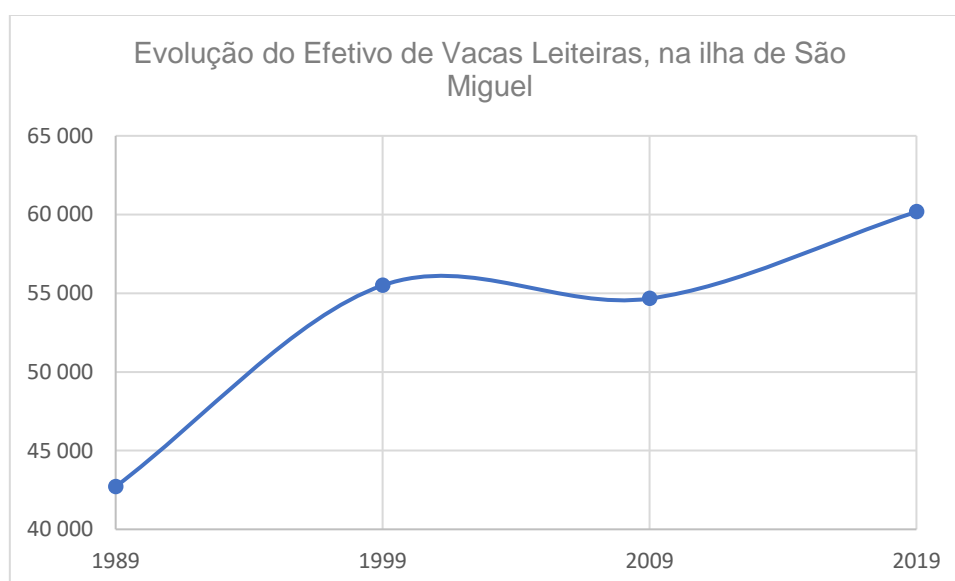


Figura 8 - Evolução do efetivo de vacas leiteiras, na ilha de São Miguel.
Fonte: Adaptado de (INE 2021b)

Neste sistema de produção de leite, tradicionalmente os bovinos leiteiros são mantidos em pastagem durante todo o ano (Figura 9). As pastagens naturais são o principal constituinte da dieta das vacas leiteiras dos Açores, embora nos últimos anos tenha ocorrido um aumento da utilização de silagem de milho e de concentrados (Almeida et al. 2021). Tradicionalmente, as ordenhas são feitas em unidades móveis como a ilustrada na Figura 10. Estes sistemas permitem a rotatividade dos animais pelas diferentes parcelas que constituem as explorações. Com efeito, as explorações leiteiras açorianas são caracterizadas pela fragmentação e dispersão de pequenas parcelas de pastoreio que comumente não são contíguas.



Figura 9 - Sistema tradicional de produção de leite.
Fonte: Fotografia do autor



Figura 10 - Máquina de ordenha móvel.
Fonte: Fotografia do autor.

Nos últimos anos, a construção de salas de ordenha fixas e de parques de alimentação tem aumentado significativamente, como consequência dos apoios do Governo Regional aos projetos de emparcelamento (Almeida et al. 2021). Também, tem sido observado um aumento do número de animais por exploração (39.4% desde 2009 até 2019), segundo os últimos resultados do recenseamento agrícola de 2019 (INE 2021c).

O leite produzido é, tradicionalmente, recolhido através de uma rede de pontos de recolha espalhados pelas ilhas, sendo transportado por um camião até às principais indústrias de transformação. No entanto, todos os produtores que investem em salas de ordenha fixa também adquirem tanques de refrigeração de leite, assim, nestes casos o camião vai recolher às próprias explorações (Almeida et al. 2021).

1.1.3 Comparação com os sistemas de Produção de Portugal Continental

Portugal Continental representa 68,7% da produção de leite de vaca nacional (INE 2016a). Ao longo dos últimos 15 anos, a produção de leite, em Portugal Continental, tem vindo a diminuir. Através da Figura 11, observou-se um decréscimo de 18,2% nas toneladas de litros de leite de vaca produzidas, comparativamente ao ano de 2005.

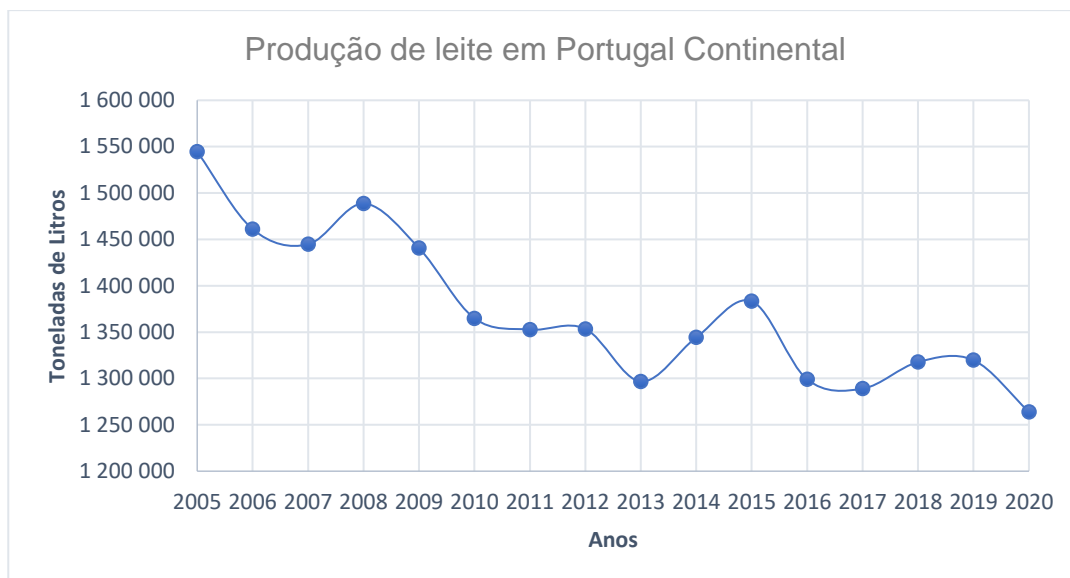


Figura 11- Produção de leite de vaca em Portugal Continental (em toneladas de litros).
 Fonte: Adaptado de (INE 2021b)

Em 2019, Portugal Continental registou um efetivo de 175 789 vacas leiteiras, verificando-se um valor médio de 58,7 vacas leiteiras por exploração. Nesta região, 79,3% do efetivo leiteiro encontra-se em estabulação sem acesso a pastagem (INE 2021b).

Contrariamente aos Açores, o sistema de produção de leite é mais intensivo, ou seja, sem recurso a pastagem. A bacia da bovinicultura leiteira, em Portugal Continental, encontra-se no norte do país, onde se regista uma grande concentração de bovinos de leite, representando mais de um terço da produção nacional (38,4% em 2015) (INE 2016b).

Os animais estão em estabulação livre durante todo o ano e são alimentados com grandes volumes de concentrados, por norma através de um unifeed. Segundo Trindade (2015), a taxa de reposição é bastante alta, atingindo valores acima de 30%.

1.1.4 Comparação com os sistemas de produção em pastagens: Nova Zelândia e Irlanda.

À semelhança dos Açores, os sistemas de produção de leite na Irlanda (República e Irlanda do Norte), na Galiza (Espanha) e na Nova Zelândia têm como principal fonte de alimentação animal as pastagens. Estes sistemas têm muitos pontos em comum com o que acontece nos Açores, com exceção da escala que é manifestamente diferente.

Em 2020 a Irlanda registou 18 150 explorações leiteiras, tendo em média um encabeçamento de 1,27 cabeças normais (CN) por hectare (ha). Produziu cerca de

8 541,74 toneladas de litros de leite de vaca, com uma média de 3,65% teor de gordura e 4,17% teor proteico do leite (EUROSTAT 2021a).

Na República da Irlanda a produção de leite é sazonal de fevereiro a dezembro, devido às condições favoráveis de um clima temperado, com chuvas abundantes e solos férteis. A pastagem é utilizada como principal fonte de alimentação animal, reduzindo assim os gastos em alimentos compostos na dieta, com vantagens claras para a economicidade do sistema. O'Brien et al. (2018) mostrou que 60% da matéria seca (MS) ingerida tem origem na pastagem, sendo que o restante se divide em 22% provenientes de forragens conservadas e 18% provenientes de alimentos compostos. Na outra parte do ano, as vacas leiteiras encontram-se em estabulação permanente onde são alimentados com forragens conservadas (feno e feno silagem) e com uma suplementação de alimento composto (Joubran et al. 2021).

Os partos ocorrem, maioritariamente, na primavera (entre janeiro e abril), assim coincidindo com o início da época de maior disponibilidade de pastagens. Após o parto, as vacas passam para a pastagem e começam a lactação, onde ficam 240 dias por ano (Joubran et al. 2021).

De acordo com os produtores irlandeses para se obter sistemas de produção de leite em pastagem é necessário conjugar épocas de parto, com o encabeçamento e as taxas de crescimento da pastagem.

Na Tabela 1, encontram-se alguns parâmetros de índices zootécnicos, como o intervalo entre partos, a taxa de concepção, a taxa de partos e o encabeçamento num sistema de produção de leite à base de pastagem na Irlanda.

Tabela 1 - Índices zootécnicos do sistema de produção de leite, na Irlanda.

Índices Zootécnico	2008	2018
Intervalo Médio entre partos (dias)	391	381
Taxa de concepção (%)	46	54
Taxa de partos na primavera (%)	74	84
Taxa de crescimento de pastagem (kg MS / ha)	6 728	7 796
Encabeçamento (CN / ha)	1,71	1,93

Fonte: (Kelly et al. 2020)

Na Nova Zelândia e segundo a DairyNZ (DairyNZ 2020), observou-se que existiam naquele país 11 179 explorações leiteiras com uma média de 155 hectares. Registou-se uma produção de 21,1 mil milhões de litros de leite, contendo 1,90 mil

milhões de kg de sólidos (teor proteico e de gordura). Cada exploração tinha, em média, 440 vacas em produção com um encabeçamento de 2,84 vacas/ha.

No caso do sistema de produção de leite da Nova Zelândia, 82% da alimentação animal é assegurada pela pastagem, com elevada proporção de azevém perene. As vacas parem tipicamente no final do inverno, ou seja, de julho a setembro, e são ordenhadas durante/ao longo de 8 a 10 meses (Weerden et al. 2018).

1.2 Sustentabilidade ambiental da produção leiteira

Nos últimos anos tem surgido por parte de amplos segmentos da sociedade uma preocupação constante com as emissões de gases efeito estufa (GEE) ligada às atividades humanas, entre as quais as atividades agrícolas e zootécnicas. Na Figura 12, observa-se que a agricultura contribui com aproximadamente 11% das emissões totais de gases com efeito de estufa em Portugal. (APA 2021). É de realçar que estes dados dizem respeito às atividades agrícolas no seu total e que apenas uma pequena fração do total diz, pois, respeito a emissões relacionadas com atividades pecuárias (Bellarby et al. 2013).

Os GEE são gases com um contributo nas trocas de energia para a atmosfera na forma de radiação infravermelha. O efeito de estufa é um processo natural que aquece a superfície da terra, sendo necessário para criar uma temperatura habitável para a Terra. Por exemplo, sem a presença de GEE na atmosfera, a superfície da terra teria uma temperatura de -18°C (Robertson 2014), embora, atualmente, exista uma elevada concentração destes gases na atmosfera, o que leva às alterações climáticas. Desde modo, a mitigação é essencial para evitar aumentos de temperatura da superfície da Terra (Robertson 2014).

Os principais gases emitidos pelas explorações leiteiras são o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e dióxido de carbono (CO_2). Segundo dados da FAO (2010), correspondem a respetivamente 52%, 27% e 21%, do total das emissões de GEE das explorações de leite na Europa Ocidental.

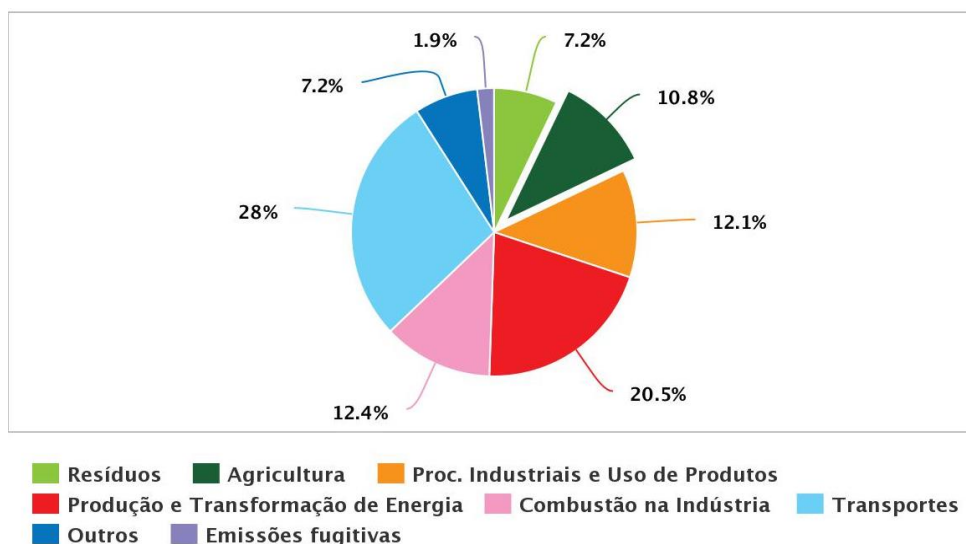


Figura 12 – Percentagem das emissões setoriais de CO₂e, em Portugal, em 2019.
 Fonte: (APA 2021)

O equivalente de dióxido de carbono (CO₂e), é a medida utilizada a nível internacional para comparar emissões de vários gases de efeito de estufa com base no seu Potencial de Aquecimento Global (GWP) (OECD, 2021). Este equivalente de dióxido de carbono permite quantificar o impacto de um gás, como o metano ou o óxido nitroso, em unidades de CO₂ para criar o mesmo impacto. Assim, o GWP do CO₂ é de 1, sendo que 1 kg de CH₄ é de 25 kg de CO₂e e 1 kg de N₂O é de 298 kg de CO₂e (Rotz et al. 2010).

Em 2019, o setor agrícola português emitiu 6.869,77 mil toneladas de CO₂e, sendo que 64,6% são emissões de CH₄, 34,8% N₂O e 0,6% de CO₂ (EUROSTAT 2021b). No setor da bovinicultura leiteira, as principais emissões têm origem na fermentação ruminal, na gestão de efluentes, na produção de alimentos concentrados e nos consumos de energia (Ilyas et al. 2019).

Shortall e Barnes (2013) defendem que a medida para reduzir as emissões de gases efeito de estufa no setor da produção de leite está no aumento da eficiência do uso dos inputs e na eficiência da produção. Existe uma compatibilidade entre a priorização da eficiência técnica das explorações e a eficiência ambiental, sendo uma dependente da outra, porque ambas envolvem a minimização de entradas (como por exemplo, a utilização de fertilizantes).

1.2.1 Emissões de metano

O metano é um gás efeito de estufa capaz de permanecer na atmosfera, aproximadamente, durante 9 a 15 anos. É 25 vezes mais eficaz do que o dióxido de carbono a reter o calor na atmosfera num período de 100 anos, e é emitido por fontes naturais e por fontes antropogénicas. A pecuária, principalmente a produção de leite,

é reconhecida como um dos principais emissores de metano para a atmosfera. A maioria do CH₄ emitido tem origem na fermentação ruminal, seguido da gestão dos efluentes dos ruminantes, especialmente na Europa, América do Norte, Austrália e Nova Zelândia (Yan et al. 2010) .

Em 2016, a fermentação entérica representou 191 Mt de CO₂e das emissões agrícolas da EU-28 (Vale 2019), sendo que os bovinos são os animais que produzem mais metano (82% em 2012) (Domínguez et al. 2016). Em Portugal, observamos que 52,4% das emissões do setor da produção animal tiveram origem na fermentação entérica, ou seja 3,6 Mt de CO₂e (Vale 2019).

O metano ruminal é resultado da fermentação microbiana dos componentes da alimentação (Domínguez et al. 2016). A quantidade de CH₄ produzido depende de vários fatores, como por exemplo o peso e o tipo do animal, a digestibilidade dos alimentos fornecidos, a ingestão de matéria seca e o total de hidratos de carbono consumidos (Rotz et al. 2010).

A produção de metano entérico pode ser calculada com base na ingestão de energia bruta pelo animal, uma vez que 4-6,5% dessa energia bruta será perdida na forma de CH₄. Deste modo, animais mais eficientes apresentam menor consumo de alimento composto por unidade produtiva, mantendo alto nível de produção e produzindo proporcionalmente menos metano. Vários investigadores defendem a relação da ingestão com o tempo de retenção ruminal (Marshall e Gregorini 2021).

A segunda fonte de emissão de CH₄ são os efluentes ao longo de toda a cadeia de produção. Os efluentes pecuários são os excrementos, sólidos (estrumes) e líquidos (chorumes), produzidos pelos animais. O CH₄ emitido pelos efluentes é produzido a partir da decomposição em condições anaeróbias, pela ação das bactérias metanogénicas (Domínguez et al. 2016). As emissões de CH₄ da gestão de efluentes dependem da composição destes, das condições de armazenamento e do tratamento. Além disto, contribuem também o tipo e a quantidade da alimentação, o sistema de alojamento, o sistema de remoção e o sistema de tratamento dos efluentes (Cárdenas et al. 2021).

Segundo Petersen (2018), o chorume é responsável por mais de 90% das emissões totais de CH₄ provenientes da gestão dos efluentes pecuários. O potencial de produção é de 4 a 20 vezes superior no manejo do chorume em comparação ao manejo do estrume (Petersen 2018). Deste modo, podemos concluir que a emissão de CH₄, provenientes da gestão de efluentes, irá depender do tipo de sistema produtivo.

1.2.2 Emissões de óxido nitroso

O óxido nitroso (N_2O) tem um potencial de aquecimento global 298 vezes maior do que o do dióxido de carbono (CO_2). As emissões deste gás são produzidas diretamente através da desnitrificação e nitrificação do azoto (N), dos excreta e da aplicação de fertilizantes azotados (Luo et al. 2019). As emissões indiretas de N_2O têm origem na volatilização de amoníaco (NH_3) e outros óxidos (NO_x) e na lixiviação e escoamento de azoto, principalmente na forma de nitratos (NO_3^-) (Petersen 2018).

Contudo, em sistemas à base de pastagem as emissões ocorrem no solo, sendo que são atribuídas como emissões dos solos agrícola. (Domínguez et al. 2016). Os solos agrícolas contribuem pois com cerca de 65 a 70 % do N_2O total (Luo et al. 2019). Os solos das pastagens apresentam emissões elevadas de N_2O proveniente da urina dos animais, sendo uma fonte direta e indireta de emissões de N_2O (Weerden et al. 2018). A taxa de N da urina dos animais pode variar de 200 a 2 000 kg N $ha^{-1} ano^{-1}$, embora estes valores dependam do teor proteico da pastagem, do teor de água, da raça do animal, da idade e da fase de lactação (Maire et al. 2020).

Segundo Sanz-Cobena et al. (2017), os fertilizantes orgânicos são uma importante fonte de azoto em áreas de grande densidade animal, uma vez que estes fertilizam os solos agrícolas com os seus dejetos ricos em azoto. Segundo Maire et al. (2020), estima-se que os excrementos dos animais sejam responsáveis por um quinto das emissões globais de N_2O . Os principais fatores ambientais das emissões de N_2O dependem da disponibilidade de N, da estrutura e composição do solo que afetam o teor de humidade e a disponibilidade de oxigénio (O_2), do pH do solo, da temperatura do solo e ainda do teor de carbono (Luo et al. 2019).

Segundo Petersen (2018), a utilização de inibidores de nitrificação pode reduzir, 40 a 50%, as emissões de N_2O e a lixiviação de N dos efluentes pecuários.

1.2.3 A pegada de carbono

A Pegada de Carbono define-se por ser a troca líquida de gases com efeito de estufa por unidade de produto, sendo que a emissão líquida é calculada pela avaliação do ciclo de vida que inclui todas as entradas e saídas do sistema de produção. Para calcular as emissões das explorações de leite recorre-se a uma avaliação parcial do ciclo de vida, tendo em conta as emissões primárias, que são as emitidas pelo sistema de produção durante o processo, e as emissões secundárias, que são as emitidas durante o fabrico ou produção de recursos utilizados no sistema produtivo (Rotz et al. 2010).

A quantificação da pegada de carbono tornou-se importante para compreender os pontos críticos das emissões no sistema da produção de leite, permitindo facilitar as oportunidades para mitigação da emissão dos GEE (Sykes et al. 2019).

Existem diversas ferramentas disponíveis que permitem auxiliar na quantificação das emissões. Assim, o fornecimento de uma avaliação quantitativa das emissões ao nível das explorações, facilita a redução do impacto ambiental da produção.

Vários trabalhos, apresentados na Tabela 2, demonstram que a pegada de carbono em sistemas à base de pastagem é inferior do que os sistemas de produção em estabulação.

Tabela 2 - Resumo dos trabalhos científicos sobre a pegada de carbono do leite de vaca.

Referência	País	Metodologia	Pegada de Carbono
Castanheira et al. (2010)	Portugal	Exploração leiteira de Portugal Continental	1,02 (kg CO ₂ e / kg leite)
Morais et al. (2018)	Portugal	Cálculo da Pegada de Carbono de um sistema de produção de leite à base de pastagem	0,89 (kg CO ₂ e / kg FPCM ¹)
Chobtang et al. (2016)	Nova Zelândia	Estudo sobre sistema de produção de leite em pastagem na região de Waikato.	0,78-0,82 (kg CO ₂ e/ kg FPCM)
Flysjö et al. (2011)	Nova Zelândia e Suécia	Uma Exploração com um sistema de produção em pastagem na Nova Zelândia e um sistema de produção de estabulação na Suécia	0,60-1,52 (Nova Zelândia); 0,83-1,56 (Suécia) (kg CO ₂ e / kg ECM ²)
O'Brien et al. (2014)	Irlanda, Reino Unido e EUA	Cálculo da Pegada de Carbono de um sistema irlandês à base de pastagem, sistema de alta produção em confinamento no Reino Unido e nos EUA	837 kg CO ₂ e/ t ECM (Irlanda); 884 kg CO ₂ e/ t ECM (Reino Unido); 898 kg CO ₂ e/ t ECM (EUA)
O'Brien et al. (2015)	Irlanda	Foi analisada a relação entre a pegada de carbono do leite e o desempenho económico da exploração leiteira.	1,20 (0,60-2,13) (kg CO ₂ e kg / kg FPCM)
Laca et al. (2020)	Espanha	Comparar sistemas de produção em confinamento e sistemas de produção baseados em pastagem.	1,22 (estabulação); 0,99 (pastagem) (kg CO ₂ e /kg FPCM)

¹ FPCM – Leite corrigido à proteína e à gordura; ² ECM – leite corrigido à energia.

1.3 Bem-estar animal no contexto da produção leiteira

O bem-estar animal é um tópico complexo, que abrange tudo o que pode afetar o estado físico e emocional do animal (Webster 2016). Pode ser definido como o estado de um animal saudável, confortável, bem alimentado, seguro e capaz de expressar comportamentos inatos, na ausência de dor, medo e angústia (Thomsen e Houe 2018).

Keyserlingk e colaboradores afirmam que a avaliação do bem-estar animal está dividida em três aspectos: 1) o animal ser capaz de viver uma vida natural, 2) o animal sentir-se bem, ou seja livre de dor, medo, frustração e experimentar emoções positivas, e 3) funcionar bem, sendo um animal saudável e ter estados fisiológicos normais (von Keyserlingk et al. 2009)

O aumento da produção de leite tem sido associado a um aumento na incidência de claudicação, mastite, distúrbios reprodutivos e metabólicos, afetando assim o bem-estar animal (Arnott et al. 2017). Segundo Mee e Boyle (2020), os indicadores mais importantes para detecção do bem-estar animal em vacas leiteiras são: ocorrência de doenças metabólicas, de mamites e de claudicações.

1.3.1 Taxa de refugo

As vacas leiteiras podem ser retiradas do efetivo produtivo, isto é refugadas, por várias razões, incluindo baixa produção de leite, baixo desempenho reprodutivo ou diferentes problemas de saúde. (Cockram 2021).

O refugo divide-se em refugo voluntário e refugo involuntário. Refugo voluntário caracteriza-se por animais que abandonam a exploração devido à sua baixa produtividade, sem ter um problema de saúde. Por outro lado, o refugo involuntário caracteriza-se por animais que saem da exploração por motivos de problemas de saúde, como por exemplo mastites, claudicação grave, infertilidade e de outras doenças, ou também morte na exploração (Fetrow et al. 2006; Diniso e Jaja 2021). Segundo Diniso e Jaja (2021), o refugo involuntário é responsável pela maioria das causas de refugo numa exploração leiteira. A primeira causa do refugo das vacas consiste no baixo desempenho reprodutivo e na baixa produção de leite (Cockram 2021).

Se uma vaca com alta produção de leite é refugada no início da lactação, normalmente estaremos perante um problema de saúde grave, como por exemplo mamites ou claudicação. Embora, esse tipo de decisão dependa da disponibilidade de novilhas para substituição, da quantidade de leite produzida, ou se a vaca não se encontra gestante (Cockram 2021).

No estudo de Diniso e Jaja (2021), os problemas de reprodução foram a principal causa do refugo (89,9%). Porém, outro estudo, referiu que as principais razões de refugo foram: problemas de saúde do úbere (26,7%), baixa fertilidade (23,6), baixa produtividade (8,3%) e a ocorrência de problemas podais (5,9%) (Ahlman et al. 2011).

Vários estudos afirmam que as taxas de refugo tendem a ser maiores em sistemas de estabulação do que em sistemas à base de pastagens, sendo que em vacas em pastagem, a taxa de refugo tende a diminuir com o aumento do tempo em pastagem (Mee e Boyle 2020).

1.3.2 Taxa incidência de doenças metabólicas

As doenças metabólicas têm um impacto negativo no bem-estar animal e na rentabilidade das explorações leiteiras (perdas de produtividade e reprodutivas, custos de tratamento e elevadas taxas de refugo). As doenças metabólicas impedem a vaca de expressar o seu comportamento normal, como a locomoção e alimentação, afetando o bem-estar animal (Stangaferro et al. 2016). Foi relatado que 30 a 50% das vacas apresentam uma doença metabólica ou inflamatória logo após o parto (Dervishi et al. 2021). Os fatores, como a nutrição, práticas de manejo, características individuais e condições ambientais condicionam a ocorrência destas doenças metabólicas (Calderón-Amor et al. 2021).

As doenças metabólicas mais comuns em vacas leiteiras são a hipocalcemia, a acidose ruminal e a cetose.

1.3.2.1 Hipocalcemia

A hipocalcemia, também mais conhecida por febre do leite, é uma doença economicamente importante e aumenta significativamente a suscetibilidade a doenças, como as mamites, a retenção das membranas fetais, o deslocamento do abomaso, a distocia e a cetose, podendo assim levar a uma redução na vida produtiva da vaca (Reinhardt et al. 2011).

A hipocalcemia afeta o bem-estar animal, uma vez que, afeta o comportamento normal do animal. A hipocalcemia reduz a contração muscular, que resulta numa redução da mobilidade do rúmen e do abomaso, predispondo ao deslocamento do abomaso e à redução do consumo alimentar.

O cálcio é necessário para a função nervosa e muscular. Quando as concentrações estão em déficit no sangue a vaca poderá sofrer de insuficiência muscular. Isto acontece em situações muito severas, como a hipocalcemia clínica (Goff 2008).

Os mecanismos para manter as concentrações normais de cálcio no sangue, normalmente, funcionam de forma eficiente, embora ocasionalmente esses mecanismos homeostáticos falhem e ocorra hipocalcemia (Goff 2008).

No período final da gestação e início da lactação, as vacas leiteiras enfrentam um período de alteração dos mecanismos homeostáticos de Ca (Jawor et al. 2012). Segundo Caixeta et al. (2017), as necessidades de Ca aumentam mais de 65% no início da lactação. No período seco, o Ca é obtido pela absorção gastrointestinal, enquanto que as elevadas necessidades de Ca, no início da lactação exigem a mobilização do Ca dos ossos (Jawor et al. 2012).

A hipocalcemia é uma doença metabólica comum que afeta vacas leiteiras durante o período de periparto. Quando a concentração total de cálcio no sangue é de $< 2,15 \text{ mmol / L}$ ($< 8,6 \text{ mg / dL}$) designa-se por hipocalcemia subclínica (Melendez et al. 2021) e concentrações de $1,38$ a 2 mmol / L ($5,5$ a 8 mg / dL) designa-se por hipocalcemia clínica (Goff 2008).

Roberts e McDougall (2019) registaram uma incidência de 35 a 54 % num sistema de pastagem na Nova Zelândia. Estes investigadores concluíram que a incidência de hipocalcemia é superior em explorações em sistemas de pastagem do que em estabulação.

1.3.2.2 A acidose ruminal

A acidose ruminal é um distúrbio causado, geralmente, por consequência da ingestão de alimentos com elevadas quantidades de concentrados e pouca fibra efetiva durante longos períodos (Bramley et al. 2008). Normalmente, para aumentar a produção de leite das vacas em lactação, recorre-se a dietas ricas em amido, como por exemplo o grão de milho, ou outros hidratos de carbono facilmente fermentescíveis (Mu et al. 2021).

A acidose ruminal é caracterizada pela produção e acumulação de ácido láctico, produzido pela rápida fermentação dos hidratos de carbono fermentescíveis, resultando assim na diminuição do pH ruminal (Mu et al. 2021).

Afeta a ingestão de alimento, diminui a fermentação ruminal, promove diarreias, laminites, inflamação da parede ruminal e abscessos hepáticos, sendo um fator que afeta o bem-estar animal (Abdou e Tawab 2020). Segundo (Hossain 2020), a acidose diminui a produção de leite em $2,7 \text{ kg / dia}$ e, também, diminui o teores de gordura e proteína do leite em respetivamente, $0,3\%$ e $0,12\%$. Para além do enunciado por Mu et al. (2021), Hossain (2020) indica que provoca perdas de apetite, a redução da ruminação, desidratação, diarreias e a consequente diminuição da produção de leite.

Classifica-se em acidose ruminal aguda e acidose ruminal subaguda. A diferença entre a forma aguda e subaguda consiste, que na acidose ruminal aguda, dá-se uma diminuição mais acentuada no pH, elevada concentração de ácido láctico e os sinais clínicos mais graves. A forma subaguda caracteriza-se pela diminuição do pH do rúmen devido à acumulação de ácidos gordos voláteis, enquanto a forma aguda ocorre pela acumulação de ácido láctico (Abdela 2016). Na forma subaguda há uma menor expressão dos sinais, embora esteja sempre evidente o baixo desempenho produtivo e a diminuição do pH ruminal (Abdou e Tawab 2020). Ocorre quando o pH ruminal permanece na faixa de 5,2 e 6 por um período prolongado (Abdela 2016).

Timarán et al. (2020) registou uma incidência de acidose subaguda de 23,3% num sistema à base de pastagem. No entanto, a incidência observada num estudo no Canadá, num sistema de estabulação, foi de 26% (Plaizier et al. 2008).

1.3.2.3 Cetose

A cetose, seja subclínica ou clínica, é uma doença metabólica comum em vacas leiteiras de alta produção (Vanholder et al. 2015).

No período inicial da lactação, as vacas leiteiras entram num balanço energético negativo, pois existe um desequilíbrio entre as necessidades energéticas, para a manutenção e produção de leite, e a capacidade de ingestão de alimento. (Vanholder et al. 2015). Desde modo, as vacas passam a mobilizar reservas de gordura para atender às necessidades de manutenção e produção, como consequência dá-se a oxidação parcial de ácidos gordos e produção de corpos cetónicos no sangue (Kaufman et al. 2016). Segundo Soares et al. (2021), as vacas leiteiras podem perder até 60% da sua gordura corporal nas primeiras semanas após o parto.

Num estudo realizado em vacas leiteiras num sistema à base de pastagem, Timarán et al. (2020) observou uma prevalência de cetose subclínica de 46,2%. Também, num sistema de produção de leite à base de pastagem na Colômbia e no Brasil a incidência de cetose foi de 25,3% e 20%, respetivamente (Daros et al. 2017; Garzón-Audor e Oliver-Espinosa 2019). Outro estudo realizado em vacas leiteiras em pastagem, na Escócia, observou-se uma incidência de 10,3% (Garro et al. 2014). Em contraste, num estudo iraniano em sistema de estabulação, registou-se uma incidência de cetose de 59-68% (Asl et al. 2011).

1.3.3 As mastites e a contagem de células somáticas.

A contagem de células somáticas (CCS) é utilizada como ferramenta de diagnóstico da saúde do úbere das vacas leiteiras.

A mamite é um processo inflamatório na glândula mamária das vacas, que resulta num aumento anormal de células somáticas, especialmente leucócitos, presentes no leite. São provocados pela entrada de microrganismos através do teto. Os agentes mais comuns são *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus agalactiae* e *Escherichia coli* (Chung et al. 2021). Vários estudos indicam que os aumentos de CCS indicam perdas qualitativas e quantitativa do leite devido à diminuição da produção de leite e dos teores de gordura, lactose e caseína (Sant'Anna e Paranhos da Costa 2011).

A mamite clínica é diagnosticada por uma súbita inflamação do úbere e pela secreção de leite anormal, enquanto a mamite subclínica não apresenta sinais e é diagnosticada pelo aumento de CCS. Mamite subclínica caracteriza-se uma CCS >200.000 células / ml, afetando a produtividade e o desempenho reprodutivo (Fernandes et al. 2021). Estima-se que 70 a 80% das perdas económicas das vacarias de leite estão relacionadas com mamites subclínicas (Schwarz et al. 2021).

Segundo Sant'Anna e Paranhos da Costa (2011), vacas leiteiras em pastagem têm valores baixos de CCS.

Na literatura existe um consenso que sistemas à base de pastagem têm menor prevalência de mamites clínicas e subclínicas do que sistemas em estabulação, havendo conseqüentemente uma redução na taxa de refugo devido a mamites (Mee e Boyle 2020).

1.3.4 Claudicações.

A claudicação é uma das três doenças mais comuns que afetam as vacas leiteiras e causam perdas económicas significativas, ao nível da produção de leite e da reprodução. É um dos principais indicadores de bem-estar animal devido à sua prevalência e alteração do comportamento do animal. A claudicação consiste na alteração da locomoção do animal provocada pela dor (Moreira et al. 2019). Vários estudos indicam que a ocorrência dos problemas podais depende da nutrição, da higiene, da raça, do manejo, da genética e do meio ambiente em que os animais são mantidos. As características das instalações, como superfícies ásperas ou escorregadias, falta de zona de exercício, áreas de descanso inadequadas, limpeza e ventilação inadequado são contabilizados como os principais fatores de risco (Olmos et al. 2009).

Segundo Alvergnas et al. (2019) estima-se que 75% das vacas na Europa são afetadas por problemas podais. Vários estudos indicam que os produtores têm alguma dificuldade em identificar estados iniciais de claudicação, porque os animais

só demonstram alterações comportamentais quando as lesões são avançadas (Flower e Weary 2006).

Sprecher et al. (1997) desenvolveram um sistema de pontuação de claudicação, que permite classificar a locomoção dos animais numa escala de 1 a 5 (Tabela 3), quanto à ausência ou presença de comportamentos e posturas consideradas indicativas de claudicação.

Segundo alguns estudos, vacas que estão em pastagem têm menores incidências de claudicação do que vacas em estabulação (Hund et al. 2019). A pastagem oferece melhor conforto na locomoção das vacas, a superfície é menos abrasiva e favorece a movimentação e repouso das vacas. Por exemplo, Haskell et al. (2006) demonstrou que as explorações com estabulação permanente (39%) tiveram uma prevalência de claudicação maior do que as explorações com acesso a pastagem (15%). Também, Fabian et al. (2014) observou uma prevalência média de claudicação de 8,3% (variação de 1,2 a 36%) em animais em pastagem na Nova Zelândia. Enquanto, no estudo realizado no Wisconsin (Estados Unidos da América), em explorações de estabulação permanente mostrou uma prevalência de claudicação de 21,1% a 23,9% (Cook 2003).

Tabela 3 - Descrição do Sistema de avaliação da claudicação

Índice de Claudicação	Descrição da marcha	Critério de avaliação
1	Normal	A vaca caminha normalmente. Na maioria dos casos, o dorso mantém-se plano, tanto quando está parada como a caminhar. Sem sinais de claudicação ou marcha irregular. Sem sinais de peso desigual entre os membros. Sem sinais de balanceamento da cabeça quando a vaca caminha.
2	Irregular	A vaca anda (quase) normalmente. Na maioria dos casos, o dorso mantém-se plano quando está parada, mas arqueado ao caminhar. Sem sinais de balanceamento da cabeça ao caminhar. A marcha pode ser um pouco irregular e a vaca pode caminhar com passos curtos, mas não há sinais evidentes de claudicação
3	Claudicação leve	Marcha anormal com passos curtos em um ou mais membros. Na maioria dos casos, o dorso apresenta-se arqueado, tanto quando está parada como a caminhar. Na maioria dos casos, não há sinais de balanceamento da cabeça ao caminhar. Na maioria dos casos, um observador não será capaz de identificar o membro afetado.
4	Claudicação	A vaca está evidentemente claudicante, em um ou mais membros. Um observador será capaz de dizer, na maioria dos casos, qual dos membros se encontra afetado. Na maioria dos casos, o dorso revela-se arqueado, tanto quando a vaca está parada como a caminhar. Na maioria dos casos, o balanceamento da cabeça é evidente quando caminha.
5	Claudicação grave	A vaca está evidentemente claudicante em um ou mais membros. É incapaz, mostra-se relutante, ou muito reticente em suportar peso sobre o membro afetado. Na maioria dos casos, o dorso revela-se arqueado, tanto quando a vaca está parada como a caminhar. Na maioria dos casos, o balanceamento da cabeça é evidente quando caminha.

Fonte: Thomsen et al. (2008), adaptado de Sprecher et al. (1997).

2 Objetivos

Os objetivos deste trabalho foi avaliar a relevância da pastagem, como fator diferenciador, nos parâmetros de bem-estar animal e na pegada de carbono no sistema de produção de leite da Ilha de São Miguel, Açores. Para esse efeito, procedeu-se à avaliação da pegada de carbono e de indicadores bem-estar animal de um conjunto de explorações agrícolas baseadas em pastagem.

3 Materiais e métodos

3.1 Caraterização das explorações

Para o presente estudo, foram selecionadas 15 explorações de bovinos de leite, todas localizadas na ilha de São Miguel, Açores. As explorações são produtoras de leite associadas à fábrica de lacticínios da Ribeira Grande (Fromageries Bel Portugal).

Todas as explorações foram submetidas a uma auditoria elaborada pela equipa da Fromageries Bel Portugal, no âmbito da sustentabilidade ambiental, onde foi realizado um levantamento de dados sobre relativamente ao ano de 2020. A seleção das explorações foi baseada no número de diagnósticos terminados, no período de fevereiro a julho de 2021, ou seja, foram selecionadas todas as explorações com os dados submetidos na ferramenta Cool Farm Tool.

Todos os produtores demonstraram disponibilidade em responder a todas as questões, apesar de, durante o trabalho de campo nos termos deparado com dificuldades na obtenção de dados, verificada pela falta de registos por parte de alguns produtores. Muitas das respostas obtidas resultaram da memória e da ideia de perceção do produtor.

Optou-se por agrupar o grupo em estudo em duas classes: as explorações com um número inferior a 105 vacas (explorações menores) e as explorações com um número igual ou superior a 105 vacas (explorações maiores).

3.2 Inquérito à exploração

3.2.1 Bem-estar animal

Todos os produtores foram contactados por via telefónica e foram realizadas questões relativas ao ano 2020 sobre:

1. Área da Exploração;
2. Dimensão do efetivo de vitelas, vitelos, novilhas e vacas leiteiras em 2020;
3. Taxa de ocorrências de doenças metabólicas: hipocalcemia clínica, cetose clínica e acidose clínica;
4. Taxa de ocorrência de mamite clínicas;
5. Vacinação;
6. Taxa de Claudicação;
7. Índices Zootécnicos: idade ao primeiro parto e intervalo entre partos.

Realçar que a prevalência destas doenças não se baseou na avaliação do médico veterinário, mas na avaliação do produtor.

Através da Tabela 4, apresentamos o questionário realizado neste âmbito. Estas questões visaram contextualizar o bem-estar animal como um dos fatores diferenciadores do sistema de produção à base de pastagem.

Tabela 4 - Inquérito de bem-estar animal realizado aos produtores.

Produtor				
Tamanho da exploração (hectares)				
Tamanho do efetivo	Número médio de vitelas			
	Número médio de novilhas			
	Número médio de vacas			
	Número médio de vitelos			
Produções médias por vacas (kg de leite /vaca *ano)				
Ordenha (fixa ou móvel)				
Motivos de refugo				
Nº médio lactações/vaca				
Doenças Metabólicas	Hipocalcemia (nº de ocorrências em 2020/ número médio de vacas em 2020)			
	Cetose (nº de ocorrências em 2020/ número médio de vacas em 2020)			
	Acidose (nº de ocorrências em 2020/ número médio de vacas em 2020)			
	Mamites (nº de ocorrências em 2020/ número médio de vacas em 2020))			
Vacinas:	(sim/não)			
	Se sim, quais?			
Claudicação (X ocorrências/ Número total de vacas)				
Média de dias em leite				
Intervalo Parto-Conceção (dias)				
Intervalo entre partos (dias)				
Idade média ao 1º parto (meses)				

3.2.2 Pegada de carbono

Foram realizadas reuniões presenciais com cada produtor, onde foi questionado sobre todas as entradas e saídas de cada exploração.

Todos os inputs (fertilizantes, alimentos e animais) da exploração são convertidos em outputs (leite vendido, animais vendidos e exportação de estrume). Ao contabilizar as entradas e saídas, conseguimos obter um valor que corresponderá à ineficiência produtiva da exploração, isto é, o valor de “desperdício”, que corresponderá a um impacto ambiental e a um menor rendimento da exploração.

Os dados de entrada necessários para o cálculo das emissões de gases efeito estufa estão organizados por seções. Na Tabela 5, estão apresentadas todas as informações inquiridas aos produtores para contabilizar o cálculo das emissões da produção agrícola, no caso do presente estudo da produção de silagem de milho, e para a produção de leite. Depois das recolhas, os dados foram submetidos na calculadora online Cool Farm Tool.

Tabela 5 - Informações necessárias para o Cool Farm Tool

Produção Agrícola	Cultura	Localização Geográfica; tipo de cultura, área e o rendimento da cultura;
	Solo	Características do Solo (textura, % matéria orgânica; teor de humidade; drenagem e pH)
	Entradas	Uso de fertilizantes utilizados na cultura e aplicações de agroquímicos (tipo de fertilizante e taxa de aplicação)
	Combustível e energia	Consumo de eletricidade e combustíveis para a produção agrícola
	Irrigação	Quantidade de água utilizada na cultura
	Sequestro de Carbono	Alterações no uso da terra durante os últimos 20 anos
	Transporte	Transporte das entradas
Produção de Leite	Produção de Leite	Raça dos animais; quantidade total de leite produzido e teores de gordura e proteína do leite.
	Efetivo	Número, idade e peso dos animais
	Pastagem	Qualidade da pastagem, tempo em pastagem, área de pastagens e sua fertilização (tipo e taxa de aplicação do fertilizante utilizado)
	Alimentação	Quantidades ingeridas de forragens, cereais, subprodutos e concentrados.
	Estrume	Tipo de gestão dos efluentes da exploração
	Energia e Processamento	Energia utilizada para produção da pastagens e feno silagem.
	Transporte	Transporte dos alimentos ou fertilizantes

Fonte: (CFT 2021)

3.3 O Software Cool Farm Tool

A ferramenta Cool Farm Tool foi desenvolvida, em 2008, numa colaboração entre a Universidade de Aberdeen (Escócia), o Sustainable Food Lab e a Unilever. Consiste numa calculadora online de emissões de gases efeito estufa, que capta as emissões relacionadas com a produção agrícola e pecuária. Foi desenvolvida e publicada pela primeira vez no Microsoft Excel, em 2011, e no ano seguinte foi lançada online em <https://coolfarmtool.org/>. Atualmente, a ferramenta está

disponível para o cálculo da pegada de carbono, como também para avaliação da biodiversidade e pegada hídrica.

O objetivo desta ferramenta foi auxiliar os produtores a calcular a quantidade de CO₂ equivalentes emitidos pelo sistema de produção. Além disso explora opções para suporte da mitigação da pegada de carbono.

As emissões são determinadas segundo modelos empíricos e fatores de emissão que consideram as diferenças entre sistemas de produção, regiões e climas. Hillier et al.(2011) afirma que a ferramenta foi projetada para realizar cálculos de nível Tier 1 ou Tier 2, dependendo dos dados de entrada.

3.4 Análise estatística

Neste presente estudo, todos os dados foram submetidos a uma análise ANOVA a um fator através do Microsoft Office Excel 365. A significância foi declarada quando $p < 0,05$.

4. Resultados e discussão

Neste capítulo serão apresentados, analisados e discutidos os dados fornecidos pelas explorações através dos inquéritos realizados e dos resultados fornecidos pela ferramenta Cool Farm Tool.

4.1 Caracterização das explorações

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados (média, desvio padrão, mínimo e máximo de todas as explorações em estudo) para as variáveis efetivo e produção de leite.

Do número de produtores inquiridos ($n=15$) obtivemos um valor médio de 113 ± 31 de vacas leiteiras presentes nas explorações. O número de vacas leiteiras foi 52% superior nas explorações maiores (138 ± 22 ; $n=7$) relativamente às explorações menores (91 ± 19 ; $n=8$; $p < 0,05$). Relativamente ao número de novilhas, vitelas e vitelos não se observaram diferenças significativas entre as explorações menores e maiores. As características do leite, tais como o teor de gordura e de proteína, não variam significativamente entre as explorações menores e maiores.

Tabela 6 - Caracterização das explorações

Parâmetro	Explorações Maiores	Explorações Menores
Total Vacas Leiteiras (cabeças por exploração)	138 ^a (105-159;22)	91 ^b (50-104;19)
Total Novilhas (>12meses) (cabeças por exploração)	66 ^a (39-106;24)	50 ^a (17-99;23)
Total Vitelas (<12meses) (cabeças por exploração)	50 ^a (39-65;9)	38 ^a (15-61;13)
Total Vitelos(<12meses) (cabeças por exploração)	10 ^a (2-35;11)	14 ^a (0-40;13)
Área (hectares)	63.26 ^a (33,60-122,70;27,65)	49,11 ^a (28,20-73,90;15,15)
Lactações por vaca	2,60 ^a (2,10-3,10;0,31)	2,49 ^a (2,30-2,70;0,15)
Produção de Leite (kg de leite/vaca*ano)	9823,71 ^a (7008.0- 11351,50;1643,65)	9211,69 ^a (7482,50- 10621,50;1029,13)
Teor de Gordura (%)	3,66 ^a (3,39-4,03;0,22)	3,63 ^a (3,48-3,75;0,09)
Teor Proteico (%)	3.20 ^a (3,02-3,31;0,09)	3,21 ^a (3,16-3,30;0,04)

Em cada coluna é apresentada a média para cada um dos grupos de explorações. Os valores apresentados entre parêntesis são o valor máximo e mínimo registados, separados do desvio padrão por um ponto e vírgula.

Valores seguidos por letras diferentes em cada linha são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Das 15 explorações em estudo, todas apresentavam ordenha fixa e parque de alimentação, assim deixando de ser as tradicionais explorações em que a máquina de ordenha móvel acompanha os animais na rotação das pastagens.

Em relação ao estudo de Morais et al. (2018), observamos que este estudo continha um acréscimo de 20% do número de vacas leiteiras e apresentava uma área inferior a 25%. Quanto à produção anual por vaca, neste estudo verificou-se uma variação de 409 kg de leite superior, ou seja, teve uma produção de leite superior a 5% do que no estudo realizado por Morais et al. (2018).

4.2 Dados de bem-estar animal

4.2.1 Taxa de refugo

Neste estudo, obteve-se uma taxa de refugo média de 15,23±5.80% e 12,32±3.28%, respetivamente, nas explorações menores e maiores, sendo que não apresentam diferenças significativas entre as explorações. Através da Figura 13, observamos que as explorações menores apresentam uma maior variabilidade do que as explorações maiores.

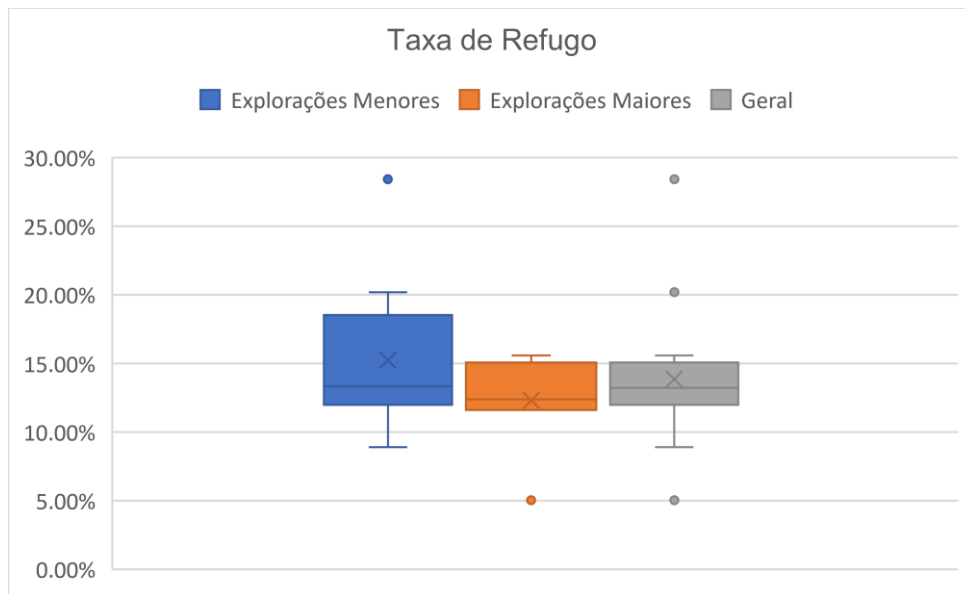


Figura 13 - Esquema de boxplot da taxa de refugo das explorações em estudo.

No levantamento dos dados, na Figura 14, apuramos que nas explorações em estudo (n=15), as principais causas do refugo das vacas leiteiras são a infertilidade e as mamites, respetivamente com 27% e 23%.

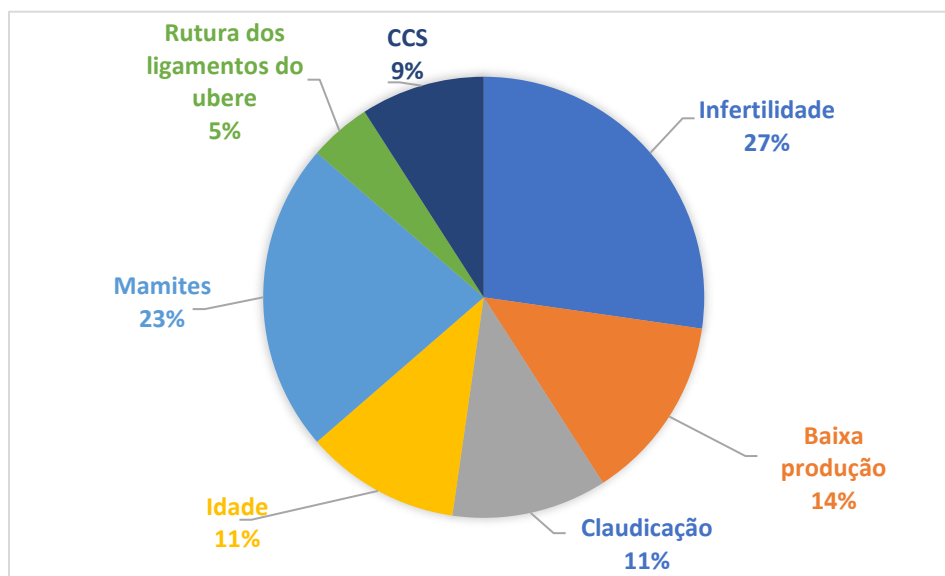


Figura 14 - Percentagem das causas de refugo das explorações em estudo.

Ahlman et al. (2011) e Diniso e Jaja (2021) verificaram que os problemas de reprodução e as mamites são os principais fatores de refugo à semelhança dos resultados apresentados. É interessante realçar que estas principais causas de refugo foram diagnosticadas tanto em sistemas de pastagem, como em sistemas de estabulação.

Problemas de fertilidade e as mamites são uma grande perda económica para as explorações, assim estas são as principais doenças que levam os produtores a refugar os seus animais.

4.2.2 Ocorrência de doenças metabólicas

Na Figura 15, estão apresentadas as taxas de incidência de hipocalcemia, cetose e acidose ruminal das explorações em estudo.

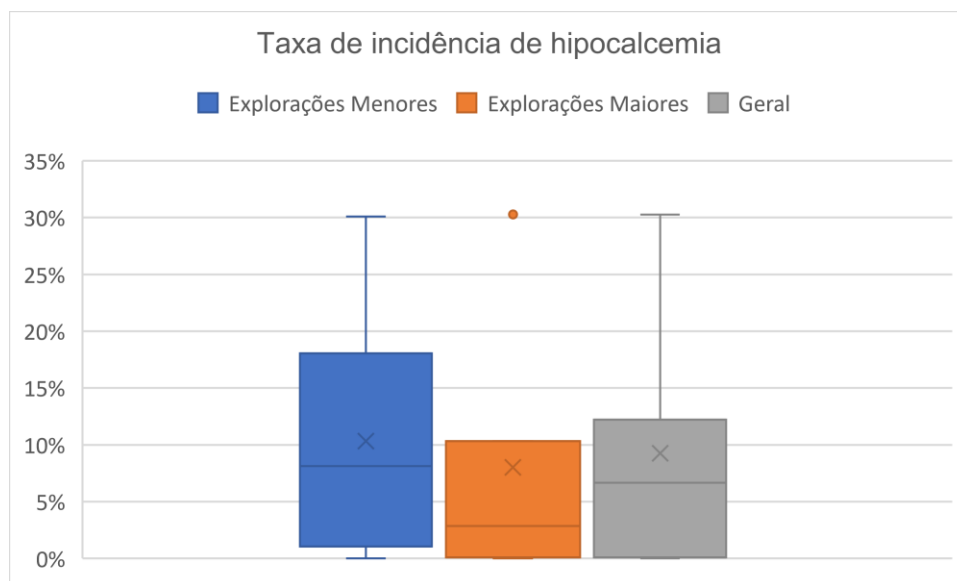


Figura 15 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de hipocalcemia nas explorações em estudo.

No presente estudo obteve-se uma taxa média de $8,0 \pm 9,9\%$ de hipocalcemia. As explorações menores não diferem significativamente das explorações maiores, embora exista maior variabilidade nas explorações menores.

Segundo Roberts e McDougall (2019), sistemas de pastagem apresentam elevadas taxas de incidência de hipocalcemia, sendo que registaram incidências de 35 a 54%. Neste estudo observamos que os agricultores reportaram taxas bastante inferiores, pelo que se pode deduzir que os agricultores em causa conduzem um maneio alimentar adequado.

A taxa média de incidência de cetose obtido foi de $4,0 \pm 7,9\%$, tal como observamos na Figura 16, nas quinze explorações em estudo. No grupo das explorações menores e maiores observou-se uma taxa média de 7,5% e 3,7%, respetivamente. As explorações menores e maiores não diferem significativamente.

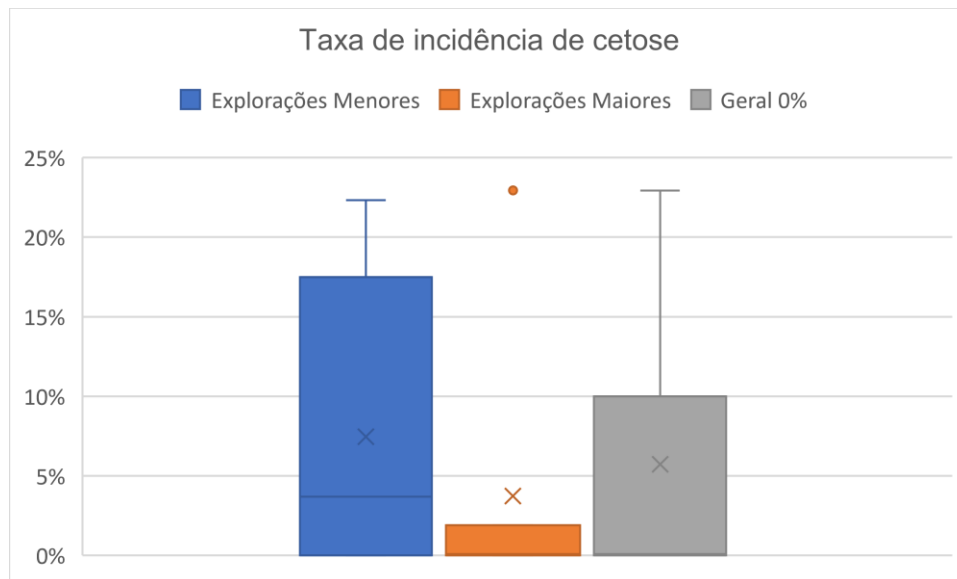


Figura 16 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de cetose nas explorações em estudo.

Verificamos que existe maior variabilidade de incidência de cetose nas explorações menores. Apesar de não existir diferenças significativas, estes resultados sugerem que existe um melhor manejo alimentar, de modo a atender adequadamente as exigências das vacas leiteiras, nas explorações maiores do que nas menores.

Pelos resultados apresentados, observa-se que a taxa média de ocorrência de acidose ruminal nas explorações (n=15) foi de 12%. Nas explorações menores e maiores registaram incidências de 3,8% e 12%, respetivamente, sendo que estas duas classes não diferem significativamente. Através da Figura 17, nas explorações maiores observa-se a existência de um valor discrepante (80%) do conjunto de dados, apresentando maior amplitude do que o registado nas explorações menores.

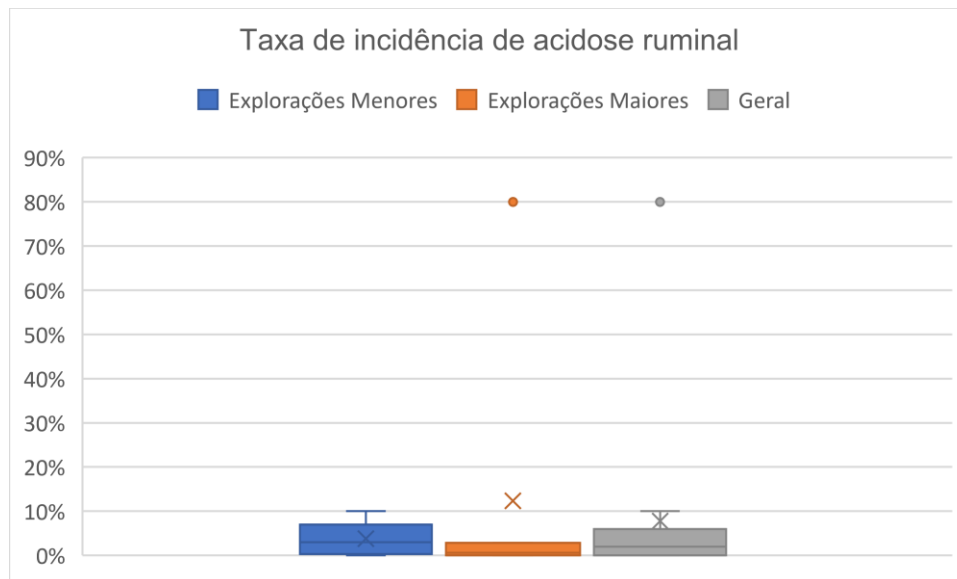


Figura 17 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de acidose ruminal nas explorações em estudo.

4.2.3 Incidência de mamites

Na Figura 18, observa-se que o valor médio da incidência de mamites foi de 8%, sendo que as explorações menores e maiores apresentaram um valor médio de 20% e 8%, respectivamente. A taxa de ocorrência de mamites foi 12 % superior nas explorações menores, relativamente às maiores, apesar de não apresentarem diferenças significativas entre si. Observamos, pois, que as explorações menores apresentam maior amplitude (39,6%) na ocorrência de mamites do que as explorações maiores (15,4%).

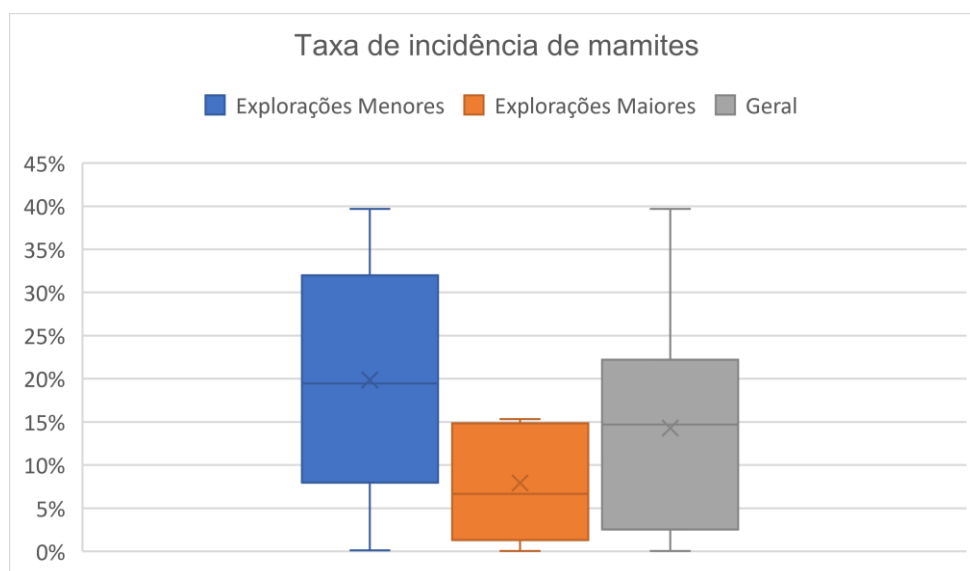


Figura 18 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de mamites nas explorações em estudo.

A diferença entre as explorações menores e maiores poderá justificar-se com a ausência de boas práticas de manejo de ordenha, como por exemplo utilização de luva, limpeza do úbere, pré dipping e pós dipping, fatores climáticos e condições da pastagem.

4.2.4 Ocorrência de claudicações

A ocorrência de claudicação foi de 11% num total de 15 explorações. As explorações menores e maiores apresentaram taxas de 20,2% e 10,9%, respetivamente.

Não se registaram diferenças significativas entre as explorações menores e maiores, apesar de observarmos, através da Figura 19 uma elevada variabilidade da taxa de claudicações nas explorações menores.

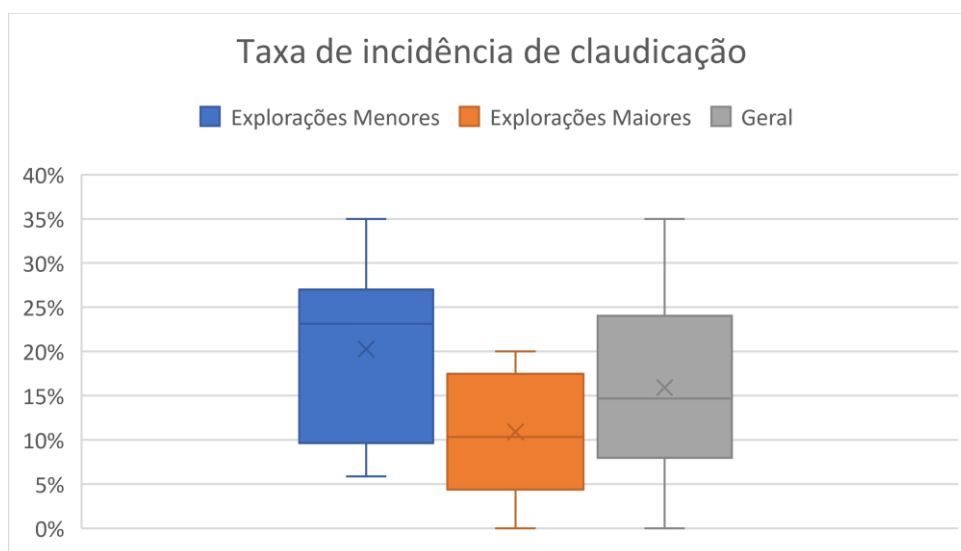


Figura 19 - Esquema de boxplot da taxa de incidência de claudicação nas explorações em estudo.

Ao compararmos com a literatura, observamos que os dados por nós reportados são muito semelhantes a estudos realizados com outros sistemas de pastagem. Segundo os estudos de Haskell et al. (2006) e Fabian et al. (2014) registaram-se taxas de incidências de 15% e 8,3% no Reino Unido e na Nova Zelândia, respetivamente.

As assimetrias dos dados das explorações menores podem ser resultantes de deficiências tanto do ponto de vista alimentar como do ponto de vista da prevenção de problemas podais.

É de notar que os dados aqui apresentados provêm da perceção dos produtores sobre a ocorrência de problemas podais, não sendo apoiados por registos específicos, uma prática pouco frequente na maioria dos agricultores na Região

Autónoma dos Açores. A implementação de tais práticas afigura-se-nos pois como bastante aconselhável.

4.3 Pegada de carbono

As explorações em estudo, em 2020, foram responsáveis pela emissão em média de 1,45 kg CO₂e por cada quilograma de leite corrigido à gordura e à proteína (kg FPCM). Na Tabela 7, observa-se que entre as explorações menores e maiores não se observaram diferenças significativas.

Tabela 7 - Pegada de Carbono das explorações.

Parâmetros	Explorações Maiores	Explorações Menores	Geral
Pegada de Carbono (kg CO ₂ e/ kg FPCM)	1,49 ^a (1,27-1,81; 0,18)	1,42 ^a (1,26-1,78; 0,15)	1,45 ^a (1,26-1,81; 0,17)

Em cada coluna é apresentada a média para cada um dos grupos de explorações. Os valores apresentados entre parêntesis são o valor máximo e mínimo registados, separados do desvio padrão por um ponto e vírgula.

Valores seguidos por letras diferentes em cada linha são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Ao comparar com a literatura, observa-se que o presente estudo regista um valor médio superior ao obtido por Morais et al. (2018) que obteve uma pegada de carbono média de 0,89 kg CO₂e/ kg FPCM num sistema de pastagem dos Açores. Verificamos que, a pegada de carbono foi superior 63% ao estudo de Morais et al. (2018).

Também, nos sistemas de produção de leite em pastagem, na Nova Zelândia e na Irlanda, Chobtang et al. (2016) e O'Brien et al. (2015) registaram uma pegada de carbono de 0,78-0,82 e de 1,20 kg CO₂e/ kg FPCM, respetivamente. Embora, num sistema de produção intensivo da Irlanda, O'Brien et al. (2015) tenha registado uma pegada de carbono de 1,22 kg CO₂e/ kg FPCM, sendo ainda inferior à pegada de carbono do presente estudo.

Como é possível observar na Figura 20, o fator da fermentação entérica assume maior contribuição para a pegada de carbono, representando 41% das emissões de gases efeito de estufa das explorações em estudo. O segundo fator que mais contribui é a produção de alimentos, sendo responsável por 32%. A produção de alimento engloba a emissão das matérias-primas dos concentrados e da produção de silagem de milho.

Deve, no entanto, realçar-se que neste estudo não foram contabilizadas as emissões pela fonte do transporte e da energia e processamento das explorações.

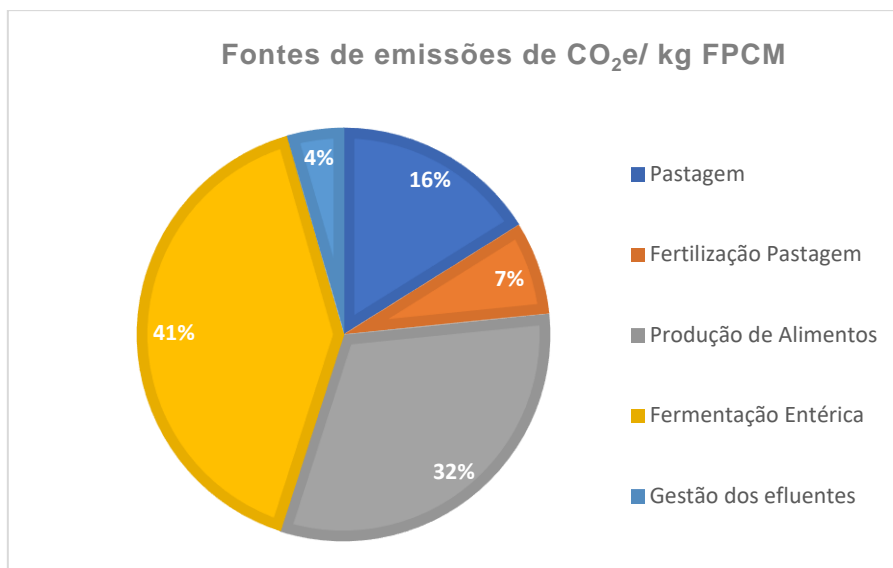


Figura 20 - Peso das várias fontes de emissão do sistema de produção de leite.

O metano produzido pela fermentação entérica poderá ser reduzido através do manejo alimentar, fornecendo dietas de alta qualidade, ou seja, com maior digestibilidade produzindo, assim, menos metano. Segundo Marshall e Gregorini (2021) tornar os animais mais eficientes leva a uma menor ingestão de alimento por cada unidade produtiva, desde modo haverá uma redução na produção de metano por unidade produtiva. Também, Knapp et al. (2014) afirma que as estratégias de mitigação do metano passam pelo manejo alimentar e aumentar a produtividade animal. A emissão de metano produzido por unidade de produto será menor se utilizarmos vacas mais eficientes, permitindo reduzir o efetivo global sem perdas na produção de leite.

Animais eficientes irão converter uma unidade de alimento ingerido por uma unidade produtiva. Assim, aumentamos a produção de leite por unidade de matéria seca ingerida. Através da Figura 21, ao compararmos os produtores 1 e 13, observamos que o menos eficiente tem uma pegada de carbono superior do que produtor mais eficiente.

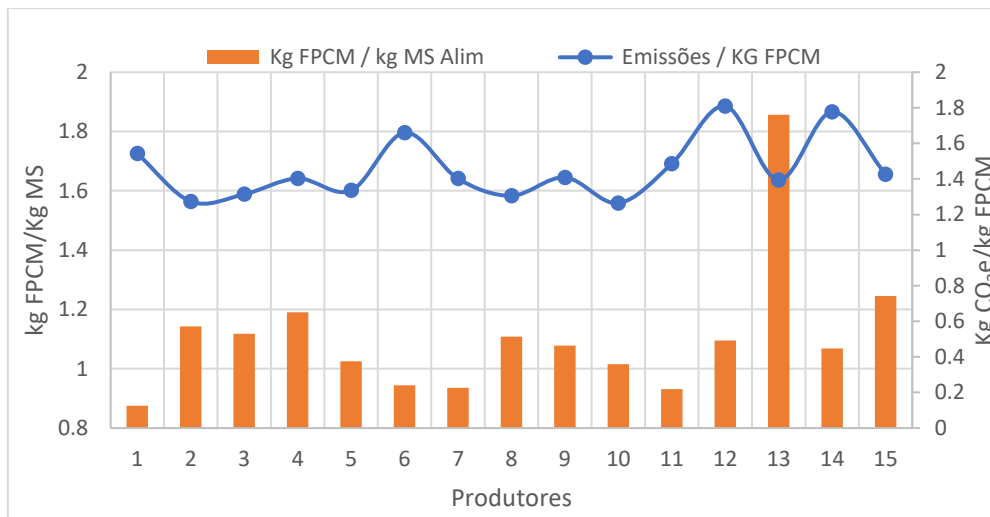


Figura 21 - Eficiência alimentar e pegada de carbono de cada exploração em estudo.

Shortall e Barnes (2013) comprovaram que as explorações com melhor eficiência técnica são, também, as mais eficientes na produção de gases com efeito de estufa.

5. Conclusões e perspectivas futuras

No que se refere aos parâmetros de bem-estar animal no contexto da produção de leite, as explorações em estudo apresentaram taxas de incidências de 8%, 4% e 12% de hipocalcemia, cetose e acidose ruminal.

A pegada de carbono obtida foi de 1,45 kg CO₂e/ kg FPCM, sendo 63% superior a outro estudo realizado na região. Sendo que 73% da pegada teve origem na fermentação entérica e na produção de alimentos, e observou-se valor idêntico ao estudo de Morais et al. (2018).

Os dados deste estudo, ainda que preliminares, permitem ter uma noção dos principais aspetos relacionados com as características produtivas, do nível de bem-estar animal e das emissões de CO₂ de um conjunto de explorações representativas de um sistema de produção baseado na utilização de pastagem na Ilha de São Miguel, Açores. Seria interessante um aprofundar deste estudo por forma a incluir mais produtores e com tipologia mais diversa.

O estudo, baseado em inquéritos aos produtores possui algumas limitações inerentes a esta metodologia, nomeadamente aquelas relacionadas com a perceção e o interesse por parte dos produtores em participar. No entanto, um estudo desta natureza é o único que se nos afigura como passível de ser conduzido no contexto da produção leiteira micaelense e açoriana. Seria, pois, extremamente interessante conduzir este estudo com recurso a outras metodologias, com particular destaque para os registos dos próprios agricultores, uma prática relativamente incipiente nos produtores açorianos, particularmente nos de pequena escala.

6. Referências bibliográficas

- Abdela N. 2016. Achievements in the Life Sciences Sub-acute Ruminant Acidosis (SARA) and its Consequence in Dairy Cattle : A Review of Past and Recent Research at Global Prospective. 10(2):187–196. doi:10.1016/j.als.2016.11.006.
- Abdou MM, Tawab AMA El. 2020. The Relationship between Nutritional Strategies and Ruminants Disorders: A Review. 02(01). <https://scirange.com/fulltext/irjavs.2020.1.7>.
- Ahlman T, Berglund B, Rydhmer L, Strandberg E. 2011. Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. J Dairy Sci. 94(3):1568–1575. doi:10.3168/jds.2010-3483.
- Almeida AM de, Alvarenga P, Fangueiro D. 2021. The dairy sector in the Azores Islands: possibilities and main constraints towards increased added value. Trop Anim Health Prod. 53(1). doi:10.1007/s11250-020-02442-z.
- Alvergnas M, Strabel T, Rzewuska K, Sell-Kubiak E. 2019. Claw disorders in dairy cattle: Effects on production, welfare and farm economics with possible prevention methods. Livest Sci. 222(February):54–64. doi:10.1016/j.livsci.2019.02.011.
- APA AP do A. 2021. Inventário nacional realizado em março/abril de 2021 à União Europeia e à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas. [acedido 2021 Set 4]. <https://apambiente.pt/>.
- Arnott G, Ferris CP, O’connell NE. 2017. Review: welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. Animal. 11(2):261–273. doi:10.1017/S1751731116001336.
- Asl AN, Nazifi S, Ghasrodashti AR, Olyaei A. 2011. Prevalence of subclinical ketosis in dairy cattle in the Southwestern Iran and detection of cutoff point for NEFA and glucose concentrations for diagnosis of subclinical ketosis. Prev Vet Med. 100(1):38–43. doi:10.1016/j.prevetmed.2011.02.013.
- Bellarby J, Tirado R, Leip A, Weiss F, Lesschen JP, Smith P. 2013. Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe. Glob Chang Biol. 19(1):3–18. doi:10.1111/j.1365-2486.2012.02786.x.
- Bramley E, Lean IJ, Fulkerson WJ, Stevenson MA, Rabiee AR, Costa ND. 2008. The definition of acidosis in dairy herds predominantly fed on pasture and concentrates. J Dairy Sci. 91(1):308–321. doi:10.3168/jds.2006-601.
- Caixeta LS, Ospina PA, Capel MB, Nydam D V. 2017. Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. Theriogenology. 94:1–7. doi:10.1016/j.theriogenology.2017.01.039. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.039>.
- Calderón-Amor J, Hernández-Gotelli C, Strappini A, Wittwer F, Sepúlveda-Varas P. 2021. Parturition factors associated with postpartum diseases in pasture-based dairy cows. Prev Vet Med. 196(August). doi:10.1016/j.prevetmed.2021.105475.
- Cárdenas A, Ammon C, Schumacher B, Stinner W, Herrmann C, Schneider M, Weinrich S, Fischer P, Amon T, Amon B. 2021. Methane emissions from the storage of liquid dairy manure: Influences of season, temperature and storage duration. Waste Manag. 121:393–402. doi:10.1016/j.wasman.2020.12.026.

- Carvalho F, Meirelles M, Henriques D, Navarro P. 2020. Alterações Climáticas e o Aumento de eventos extremos nos Açores. *Bol do Núcleo Cult da Horta*. 29:95–108.
- Castanheira ÉG, Dias AC, Arroja L, Amaro R. 2010. The environmental performance of milk production on a typical Portuguese dairy farm. *Agric Syst*. 103(7):498–507. doi:10.1016/j.agsy.2010.05.004.
- CFT. 2021. Cool Farm Tool. [acedido 2021 Out 30]. <https://coolfarmtool.org/>.
- Chobtang J, Ledgard SF, McLaren SJ, Zonderland-Thomassen M, Donaghy DJ. 2016. Appraisal of environmental profiles of pasture-based milk production: a case study of dairy farms in the Waikato region, New Zealand. *Int J Life Cycle Assess*. 21(3):311–325. doi:10.1007/s11367-016-1033-9.
- Chung LK, Sahibzada S, Annandale HC, Robertson ID, Waichigo FW, Tufail MS, Aleri JA. 2021. Bacterial pathogens associated with clinical and subclinical mastitis in a Mediterranean pasture-based dairy production system of Australia. *Res Vet Sci*. 141(October):103–109. doi:10.1016/j.rvsc.2021.10.005.
- Cockram MS. 2021. INVITED REVIEW: The welfare of cull dairy cows. *Appl Anim Sci*. 37(3):334–352. doi:10.15232/aas.2021-02145.
- Cook NB. 2003. Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. *J Am Vet Med Assoc*. 223(9):1324–1328. doi:10.2460/javma.2003.223.1324.
- DairyNZ. 2020. New Zealand Dairy Statistics. [acedido 2021 Set 10]. <https://www.dairynz.co.nz/media/5794073/nz-dairy-statistics-2019-20-dnz.pdf>.
- Daros RR, Hötzel MJ, Bran JA, LeBlanc SJ, von Keyserlingk MAG. 2017. Prevalence and risk factors for transition period diseases in grazing dairy cows in Brazil. *Prev Vet Med*. 145:16–22. doi:10.1016/j.prevetmed.2017.06.004.
- Decreto Regional nº 16/2007/A de 9 de julho de 2007. Regime jurídico do licenciamento das explorações bovinas da Região Autónoma dos Açores.
- Dervishi E, Plastow G, Hoff B, Colazo M. 2021. Common and specific mineral and metabolic features in dairy cows with clinical metritis, hypocalcaemia or ketosis. *Res Vet Sci*. 135(April 2020):335–342. doi:10.1016/j.rvsc.2020.10.012.
- Diniso YS, Jaja IF. 2021. A retrospective survey of the factors responsible for culling and mortality in dairy farms in the Eastern Cape Province, South Africa. *Sci African*. 12:e00838. doi:10.1016/j.sciaf.2021.e00838.
- Domínguez IP, Fellmann T, Weiss F, Witzke H-P, Barreiro-Hurle J, Himics M, Jansson T, Salputra G, Leip A. 2016. An economic assessment of GHG mitigation policy options for EU agriculture. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC101396/jrc101396_ecampa2_final_report.pdf.
- EUROSTAT. 2021a. Farm Livestock. [acedido 2021 Nov 28]. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>.
- EUROSTAT. 2021b. Greenhouse gas emission. [acedido 2021 Set 4]. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>.
- Fabian J, Laven RA, Whay HR. 2014. The prevalence of lameness on New Zealand dairy farms: A comparison of farmer estimate and locomotion scoring. *Vet J*. 201(1):31–38. doi:10.1016/j.tvjl.2014.05.011.

- FAO. 2010. The food and agriculture organization of the United Nations. *Int Organ.* 1(1):121–123. doi:10.1017/S0020818300006688. <https://www.fao.org/3/k7930e/k7930e00.pdf>.
- Fernandes L, Guimaraes I, Noyes NR, Caixeta LS, Machado VS. 2021. Effect of subclinical mastitis detected in the first month of lactation on somatic cell count linear scores, milk yield, fertility, and culling of dairy cows in certified organic herds. *J Dairy Sci.* 104(2):2140–2150. doi:10.3168/jds.2020-19153.
- Fetrow J, Nordlund K V., Norman HD. 2006. Invited review: Culling: Nomenclature, definitions, and recommendations. *J Dairy Sci.* 89(6):1896–1905. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72257-3.
- Flower FC, Weary DM. 2006. Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *J Dairy Sci.* 89(1):139–146. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72077-X.
- Flysjö A, Henriksson M, Cederberg C, Ledgard S, Englund JE. 2011. The impact of various parameters on the carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden. *Agric Syst.* 104(6):459–469. doi:10.1016/j.agsy.2011.03.003.
- Garro CJ, Mian L, Cobos Roldán M. 2014. Subclinical ketosis in dairy cows: Prevalence and risk factors in grazing production system. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 98(5):838–844. doi:10.1111/jpn.12141.
- Garzón-Audor A, Oliver-Espinosa O. 2019. Incidence and risk factors for ketosis in grazing dairy cattle in the Cundi-Boyacencian Andean plateau, Colombia. *Trop Anim Health Prod.* 51(6):1481–1487. doi:10.1007/s11250-019-01835-z.
- Goff JP. 2008. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Vet J.* 176(1):50–57. doi:10.1016/j.tvjl.2007.12.020.
- Governo dos Açores. 2020. Portal do Leite e dos Lacticínios dos Açores. [acedido 2021 Set 15]. https://portaldoleite.azores.gov.pt/Leite_Producao.aspx#.
- Haskell MJ, Rennie LJ, Bowell VA, Bell MJ, Lawrence AB. 2006. Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *J Dairy Sci.* 89(11):4259–4266. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72472-9.
- Hillier J, Walter C, Malin D, Garcia-Suarez T, Mila-i-Canals L, Smith P. 2011. A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. *Environ Model Softw.* 26(9):1070–1078. doi:10.1016/j.envsoft.2011.03.014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.03.014>.
- Hossain E. 2020. Sub-Acute Ruminant Acidosis in Dairy Cows: Its Causes, Consequences and Preventive Measures. *Online J Anim Feed Res.* 10(6):302–312. doi:10.51227/ojafr.2020.41.
- Hund A, Chiozza Logroño J, Ollhoff RD, Kofler J. 2019. Aspects of lameness in pasture based dairy systems. *Vet J.* 244:83–90. doi:10.1016/j.tvjl.2018.12.011.
- Ilyas HMA, Safa M, Bailey A, Rauf S, Pangborn M. 2019. The carbon footprint of energy consumption in pastoral and barn dairy farming systems: A case study from Canterbury, New Zealand. *Sustain.* 11(17). doi:10.3390/su11174809.
- INE. 2016a. Estatísticas Agrícolas e do Ambiente. [acedido 2021 Set 15]. www.ine.pt.
- INE. 2016b. Estatísticas da Produção e Consumo de Leite 2015. :76. [acedido 2021 Set 15]. www.ine.pt.
- INE. 2021a. Recenseamento Agrícola - Análise dos principais resultados - 2019. Inst Nac Estat. www.ine.pt.

- INE. 2021b. Estatísticas sobre Agricultura, floresta e pescas. [acedido 2021 Nov 25]. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_main.
- INE. 2021c. Recenseamento Agrícola - Análise dos principais resultados - 2019. :70–75. www.ine.pt.
- Jawor PE, Huzzey JM, LeBlanc SJ, Von Keyserlingk MAG. 2012. Associations of subclinical hypocalcemia at calving with milk yield, and feeding, drinking, and standing behaviors around parturition in Holstein cows. *J Dairy Sci.* 95(3):1240–1248. doi:10.3168/jds.2011-4586.
- Joubran AM, Pierce KM, Garvey N, Shalloo L, O’Callaghan TF. 2021. Invited review: A 2020 perspective on pasture-based dairy systems and products. *J Dairy Sci.* 104(7):7364–7382. doi:10.3168/jds.2020-19776.
- Kaufman EI, LeBlanc SJ, McBride BW, Duffield TF, DeVries TJ. 2016. Association of rumination time with subclinical ketosis in transition dairy cows. *J Dairy Sci.* 99(7):5604–5618. doi:10.3168/jds.2015-10509.
- Kelly P, Shalloo L, Wallace M, Dillon P. 2020. The Irish dairy industry – Recent history and strategy, current state and future challenges. *Int J Dairy Technol.* 73(2):309–323. doi:10.1111/1471-0307.12682.
- von Keyserlingk MAG, Rushen J, de Passillé AM, Weary DM. 2009. Invited review: The welfare of dairy cattle-key concepts and the role of science. *J Dairy Sci.* 92(9):4101–4111. doi:10.3168/jds.2009-2326.
- Knapp JR, Laur GL, Vadas PA, Weiss WP, Tricarico JM. 2014. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *J Dairy Sci.* 97(6):3231–3261. doi:10.3168/jds.2013-7234.
- Laca Amanda, Gómez N, Laca Adriana, Díaz M. 2020. Overview on GHG emissions of raw milk production and a comparison of milk and cheese carbon footprints of two different systems from northern Spain. *Environ Sci Pollut Res.* 27(2):1650–1666. doi:10.1007/s11356-019-06857-6.
- Luo J, Saggar S, van der Weerden T, de Klein C. 2019. Quantification of nitrous oxide emissions and emission factors from beef and dairy cattle excreta deposited on grazed pastoral hill lands. *Agric Ecosyst Environ.* 270–271(August 2018):103–113. doi:10.1016/j.agee.2018.10.020.
- Maire J, Krol D, Pasquier D, Cowan N, Skiba U, Rees RM, Reay D, Lanigan GJ, Richards KG. 2020. Nitrogen fertiliser interactions with urine deposit affect nitrous oxide emissions from grazed grasslands. *Agric Ecosyst Environ.* 290(December 2019):106784. doi:10.1016/j.agee.2019.106784.
- Marshall CJ, Gregorini P. 2021. Animal as the solution: Searching for environmentally friendly dairy cows. *Sustain.* 13(18). doi:10.3390/su131810451.
- Massot A. 2015. A agricultura do arquipélago dos Açores.
- Mee JF, Boyle LA. 2020. Assessing whether dairy cow welfare is “better” in pasture-based than in confinement-based management systems. *N Z Vet J.* 68(3):168–177. doi:10.1080/00480169.2020.1721034.
- Melendez P, Roeschmann C, Arevalo A, Moller J. 2021. The effect of oral calcium boluses at parturition on blood metabolites and milk yield in grazing Holstein cattle. *Livest Sci.* 248(December 2020):104510. doi:10.1016/j.livsci.2021.104510.

- Morais TG, Teixeira RFM, Rodrigues NR, Domingos T. 2018. Carbon footprint of milk from pasture-based dairy farms in Azores, Portugal. *Sustain.* 10(10):1–22. doi:10.3390/su10103658.
- Moreira TF, Nicolino RR, Meneses RM, Fonseca G V., Rodrigues LM, Facury Filho EJ, Carvalho AU. 2019. Risk factors associated with lameness and hoof lesions in pasture-based dairy cattle systems in southeast Brazil. *J Dairy Sci.* 102(11):10369–10378. doi:10.3168/jds.2018-16215.
- Mu YY, Qi WP, Zhang T, Zhang JY, Mao SY. 2021. Gene function adjustment for carbohydrate metabolism and enrichment of rumen microbiota with antibiotic resistance genes during subacute rumen acidosis induced by a high-grain diet in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 104(2):2087–2105. doi:10.3168/jds.2020-19118.
- Ng K, Borges P, Phillips MR, Medeiros A, Calado H. 2019. An integrated coastal vulnerability approach to small islands: The Azores case. *Sci Total Environ.* 690:1218–1227. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.07.013.
- O'Brien D, Capper JL, Garnsworthy PC, Grainger C, Shalloo L. 2014. A case study of the carbon footprint of milk from high-performing confinement and grass-based dairy farms. *J Dairy Sci.* 97(3):1835–1851. doi:10.3168/jds.2013-7174.
- O'Brien D, Hennessy T, Moran B, Shalloo L. 2015. Relating the carbon footprint of milk from Irish dairy farms to economic performance. *J Dairy Sci.* 98(10):7394–7407. doi:10.3168/jds.2014-9222.
- O'Brien D, Moran B, Shalloo L. 2018. A national methodology to quantify the diet of grazing dairy cows. *J Dairy Sci.* 101(9):8595–8604. doi:10.3168/jds.2017-13604.
- OECD. 2021. Glossary of statistical terms: Carbon Dioxide Equivalent. [acedido 2021 Set 4]. <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=285>.
- Olmos G, Boyle L, Hanlon A, Patton J, Murphy JJ, Mee JF. 2009. Hoof disorders, locomotion ability and lying times of cubicle-housed compared to pasture-based dairy cows. *Livest Sci.* 125(2–3):199–207. doi:10.1016/j.livsci.2009.04.009.
- Petersen SO. 2018. Greenhouse gas emissions from liquid dairy manure: Prediction and mitigation. *J Dairy Sci.* 101(7):6642–6654. doi:10.3168/jds.2017-13301.
- Plaizier JC, Krause DO, Gozho GN, McBride BW. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Vet J.* 176(1):21–31. doi:10.1016/j.tvjl.2007.12.016.
- Reinhardt TA, Lippolis JD, McCluskey BJ, Goff JP, Horst RL. 2011. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *Vet J.* 188(1):122–124. doi:10.1016/j.tvjl.2010.03.025.
- Roberts KI, McDougall S. 2019. Risk factors for subclinical hypocalcaemia, and associations between subclinical hypocalcaemia and reproductive performance, in pasture-based dairy herds in New Zealand. *N Z Vet J.* 67(1):12–19. doi:10.1080/00480169.2018.1527732.
- Robertson GP. 2014. *Soil Greenhouse Gas Emissions and Their Mitigation*. Elsevier Ltd.
- Rotz CA, Montes F, Chianese DS. 2010. The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *J Dairy Sci.* 93(3):1266–1282. doi:10.3168/jds.2009-2162.
- Sant'Anna AC, Paranhos da Costa MJR. 2011. The relationship between dairy cow hygiene and somatic cell count in milk. *J Dairy Sci.* 94(8):3835–3844. doi:10.3168/jds.2010-3951.

- Sanz-Cobena A, Lassaletta L, Aguilera E, Prado A del, Garnier J, Billen G, Iglesias A, Sánchez B, Guardia G, Abalos D, et al. 2017. Strategies for greenhouse gas emissions mitigation in Mediterranean agriculture: A review. *Agric Ecosyst Environ.* 238:5–24. doi:10.1016/j.agee.2016.09.038.
- Schwarz D, Kleinhans S, Reimann G, Stückler P, Reith F, Ilves K, Pedastsaar K, Yan L, Zhang Z, Lorenzana R, et al. 2021. Associations between different udder health groups defined based on a combination of total and differential somatic cell count and the future udder health status of dairy cows. *Prev Vet Med.* 192:105374. doi:10.1016/j.prevetmed.2021.105374.
- Shortall OK, Barnes AP. 2013. Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers. *Ecol Indic.* 29:478–488. doi:10.1016/j.ecolind.2013.01.022.
- Soares RAN, Vargas G, Muniz MMM, Soares MAM, Cánovas A, Schenkel F, Squires EJ. 2021. Number and mean characteristics of specialized Irish dairy farms. *J Dairy Sci.* 104(1):602–615. doi:10.3168/jds.2020-18883.
- Sprecher DJ, And, D.E. Hostetler DE, Kaneene* JB. 1997. A LAMENESS SCORING SYSTEM THAT USES POSTURE AND GAIT TO PREDICT DAIRY CATTLE REPRODUCTIVE PERFORMANCE. *Science* (80-).(97).
- SREA. 2021. Estatística dos Açores. https://srea.azores.gov.pt/default.aspx?lang_id=1.
- Stangaferro ML, Wijma R, Caixeta LS, Al-Abri MA, Giordano JO. 2016. Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part I. Metabolic and digestive disorders. *J Dairy Sci.* 99(9):7395–7410. doi:10.3168/jds.2016-10907.
- Sykes AJ, Topp CFE, Rees RM. 2019. Understanding uncertainty in the carbon footprint of beef production. *J Clean Prod.* 234:423–435. doi:10.1016/j.jclepro.2019.06.171.
- Terra Nostra. 2021. No Title. <https://www.terra-nostra.pt/>.
- Thomsen PT, Houe H. 2018. Cow mortality as an indicator of animal welfare in dairy herds. *Res Vet Sci.* 119(April):239–243. doi:10.1016/j.rvsc.2018.06.021.
- Thomsen PT, Munksgaard L, Togersen FA. 2008. Evaluation of a lameness scoring system for dairy cows. *J Dairy Sci.* 91(1):119–126. doi:10.3168/jds.2007-0496.
- Timarán DV, Reyes-Vélez J, VanLeeuwen J, Maldonado-Estrada J, Astaiza-Martínez J. 2020. Incidence and effects of subacute ruminal acidosis and subclinical ketosis with respect to postpartum anestrus in grazing dairy cows. *Heliyon.* 6(4). doi:10.1016/j.heliyon.2020.e03712.
- Trindade H. 2015. Portuguese dairy farming systems. *Grassl forages high output dairy farming Syst.* 20:21–25.
- Vale GNJ. 2019. Avaliação do impacto de sistemas agrícolas alternativos da Região Agrária do Alentejo , para a descarbonização da economia portuguesa Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em. Instituto Superior de Agronomia.
- Vanholder T, Papen J, Bemers R, Vertenten G, Berge ACB. 2015. Risk factors for subclinical and clinical ketosis and association with production parameters in dairy cows in the Netherlands. *J Dairy Sci.* 98(2):880–888. doi:10.3168/jds.2014-8362.
- Vieira AFG. 2014. Retrospective study on mastitis pathogens and their susceptibility to antibiotics in dairy farms of São Miguel (Azores) - Association with herds' holdings and management practices.

Villamil FJ, Yus E, Benavides B, Casal J, Moya SJ, Allepuz A, Diéguez FJ. 2020. Short communication: Risk factors associated with *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* introduction into dairy herds in Galicia, northwestern Spain. *J Dairy Sci.* 103(8):7411–7415. doi:10.3168/jds.2020-18210.

Webster J. 2016. Animal welfare: Freedoms, dominions and “A life worth living”. *Animals.* 6(6):2–7. doi:10.3390/ani6060035.

Weerden T van der, Beukes P, de Klein C, Hutchinson K, Farrell L, Stormink T, Romera A, Dalley D, Monaghan R, Chapman D, et al. 2018. The effects of system changes in grazed dairy farmlet trials on greenhouse gas emissions. *Animals.* 8(12):1–20. doi:10.3390/ani8120234.

Yan T, Mayne CS, Gordon FG, Porter MG, Agnew RE, Patterson DC, Ferris CP, Kilpatrick DJ. 2010. Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 93(6):2630–2638. doi:10.3168/jds.2009-2929.