



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Dissertação

**Efeito do stresse térmico na taxa de conceção de vacas
Holstein-Frísia**

Duarte Simão Vaz

Orientador(es) | Rita Payan-Carreira

António Álvaro Dias Lopes

Évora 2024



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Dissertação

**Efeito do stresse térmico na taxa de conceção de vacas
Holstein-Frísia**

Duarte Simão Vaz

Orientador(es) | Rita Payan-Carreira
António Álvaro Dias Lopes

Évora 2024



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Cristina Maria dos Santos Conceição (Universidade de Évora)

Vogais | Miguel Nuno Pinheiro Quaresma (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)
(Arguente)
Rita Payan-Carreira (Universidade de Évora) (Orientador)

Agradecimentos

Quero agradecer ao meu orientador externo, o Dr. António Álvaro Lopes, pela disponibilidade para me aceitar como seu estagiário e pelos ensinamentos que me proporcionou durante esse tempo.

À minha orientadora interna, a Prof. Dra. Rita Payan, pela disponibilidade na correção da minha dissertação e das respostas às dúvidas que me foram surgindo ao longo do trabalho.

Ao enfermeiro veterinário, Nuno Marques, por me ter ajudado e ensinado aspetos práticos durante o estágio e ter respondido a algumas dúvidas que me iam aparecendo.

Ao meu pai, à minha mãe e à minha irmã por me terem apoiado e dado as condições necessárias para que o estágio e a formação da dissertação se fizessem nas melhores condições possíveis.

Resumo

Neste trabalho foi avaliada a interação entre o Índice de Temperatura e Humidade – THI (medidor de stresse térmico), com a taxa de concepção, um parâmetro reprodutivo importante para avaliar a fertilidade de uma exploração leiteira. O período de estudo decorreu em 2022, numa exploração com vacas Holstein-Frísia para produção de leite, no Concelho de Castelo Branco, com o objetivo principal de estudar o efeito dessa interação ao longo dos meses e tendo como objetivos secundários avaliar a existência de outros fatores, como paridade, fase da curva de lactação, tipo de protocolo de inseminação artificial e número de serviços por vaca. Os resultados obtidos indicam uma correlação negativa significativa entre o stresse térmico e a taxa de concepção, com uma significância estatística de $p=0,004$, sendo esta estabelecida em $p<0,05$. Assim, torna-se essencial ter mais atenção a este aspeto no futuro.

Palavras-Chave: Ambiente; Holstein-Frísia; Reprodução; Stresse térmico; Taxa de concepção.

Abstract

Effect of heat stress on the conception rate of Holstein-Friesian cows.

This work evaluated the interaction between Temperature and Humidity Index – THI (heat stress meter), with the conception rate, an essential reproductive parameter for assessing the fertility of a dairy farm. Data was collected during the year 2022 on a Holstein-Friesian farm for milk production in the municipality of Castelo Branco, with the primary objective of studying the effect of this interaction in the different months and with secondary objectives to evaluate the existence of several factors that could negatively influence the conception rate in periods of heat stress (in summer), such as parity, stage of the lactation curve, type of artificial insemination protocol and the number of services per cow. The results suggest a significant negative correlation between heat stress and the conception rate, with a statistical significance of $p=0.004$, which was established at $p<0.05$. Thus, it is essential to pay more attention to this aspect in the future.

Keywords: Environment; Holstein-Friesian; Reproduction; Heat stress; Conception rate.

Índice geral

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice geral	iv
Índice de Gráficos	vi
Índice de Tabelas	vii
Índice de Figuras	viii
Siglas e abreviaturas	ix
I. Revisão bibliográfica	1
1. A bovinicultura de leite no contexto atual/mundial	1
2. Sistemas produtivos de bovinos de leite	8
2.1. Caracterização	8
2.2. Maneio reprodutivo	9
2.2.1. Parâmetros reprodutivos	9
2.2.2. Nutrição e condição corporal	11
2.2.3. Bem-estar animal	11
2.2.4. Doenças	12
3. Fisiologia do ciclo éstrico	12
3.1. Definição e caracterização	12
3.2. Ondas foliculares	15
4. Parâmetros que podem influenciar a taxa de concepção	17
4.1. Fatores externos ao animal	17
4.2. Fatores internos ao animal	19
5. Programas de sincronização de estro para IATF	22
5.1. Protocolos <i>Ovsynch</i>	22
5.2. Protocolo <i>Cosynch</i>	23
5.3. Protocolos <i>Presynch</i>	24
5.4. Protocolos <i>Resynch</i>	26
6. Stresse térmico	27
6.1. Consequências negativas do stresse térmico	31
6.1.1. Impacto sobre a produção de leite	31
6.1.2. Impacto sobre os parâmetros reprodutivos	33
6.1.2.1. Impacto na taxa de concepção no Verão	36
6.1.2.2. Impacto na taxa de concepção no Outono	39
6.1.2.3. Outros fatores com impacto na taxa de concepção	40
6.2. Soluções para atenuar o stresse térmico	41
6.2.1. Previsão de meteorologia local e histórico da exploração	43
6.2.2. Melhoramento genético	43
6.2.3. Sistemas de refrigeração	43
6.2.4. Maneio alimentar	45

6.2.5. Maneio hormonal	47
7. Evolução da Temperatura Global	49
7.1. Evolução da Temperatura em Portugal	51
7.2. Evolução da Temperatura no Concelho de Castelo Branco	52
II. Objetivos do trabalho	54
III. Parte prática	56
1. Material e métodos	57
1.1. Caracterização da exploração	57
1.2. Metodologia da recolha de dados	58
2. Resultados	59
2.1. Taxa de conceção mensal	59
2.2. Valores THI	60
2.2.1. Relação do THI com a taxa de conceção	61
2.3. Fatores de variação na taxa de conceção	62
2.3.1. Fator paridade	62
2.3.2. Fator curva de lactação	63
2.3.3. Fator tipo de protocolo de IA	64
2.3.4. Fator número de serviços por vaca	65
3. Discussão	67
4. Considerações finais	72
IV. Referências bibliográficas	74

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Peso da produção animal no setor da agricultura ao longo dos anos, por regiões.	3
Gráfico 2 - Tamanho do setor de produção animal de acordo com o nível de desenvolvimento económico em 1995.	3
Gráfico 3 - Comparação de valores da taxa de conceção entre Inverno e Verão, entre 2000 e 2017 em vacas de leite.	38
Gráfico 4 - Anomalias da temperatura média da superfície do planeta desde 1850.	50
Gráfico 5 - Evolução da temperatura da superfície terrestre em Portugal desde 1931.	51
Gráfico 6 - Anomalias da temperatura da superfície terrestre em Portugal desde 1931.	51
Gráfico 7 - Variação da temperatura média em Castelo Branco no ano de 2022.	52
Gráfico 8 - Evolução da taxa de conceção para o ano de 2022, na vacaria em estudo.	60
Gráfico 9 - Valores de THI semanais em 2022, na vacaria em estudo.	61
Gráfico 10 - Comparação entre valores de THI semanais e de taxa de conceção mensais em 2022, na vacaria em estudo.	62
Gráfico 11 - Valores de taxa de conceção média por mês no período de Verão por fator paridade, em 2022, na vacaria em estudo, com $p=0,414$.	63
Gráfico 12 - Valores de taxa de conceção média mensal no período de Verão por fator curva de lactação, em 2022, na vacaria em estudo, com $p=0,521$.	64
Gráfico 13 - Valores de taxa de conceção média mensal no período de Verão por fator tipo de protocolo de IA, em 2022, na vacaria em estudo, com $p=0,447$.	65
Gráfico 14 - Valores de taxa de conceção média mensal no período de Verão por fator número de serviços por vaca, em 2022, na vacaria em estudo, com $p=0,169$.	66

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Valores diários de referência para o Homem, de alguns micronutrientes, por faixa etária.	7
Tabela 2 - Funções das hormonas implicadas no ciclo éstrico da vaca.	14
Tabela 3 - Doenças infecciosas que podem provocar morte embrionária numa vaca leiteira.	19
Tabela 4 - Anomalias temperatura média para os meses de Junho, Julho e Agosto de 2022, na vacaria em estudo.	53
Tabela 5 - Distribuição das inseminações totais e diagnósticos de gestação positivos ao 35º dia, e correspondente taxa de conceção, ao longo do ano de 2022, na vacaria em estudo.	59
Tabela 6 - Valores de THI médio por mês no ano de 2022, na vacaria em estudo.	61
Tabela 7 - Valores de taxa de conceção média anual por fator paridade, em 2022, na vacaria em estudo.	63
Tabela 8 - Valores de taxa de conceção média anual por fator curva de lactação, em 2022, na vacaria em estudo.	64
Tabela 9 - Valores de taxa de conceção média anual por fator tipo de protocolo de IA, em 2022, na vacaria em estudo.	65
Tabela 10 - Valores de taxa de conceção média anual por fator número de serviços por vaca, em 2022, na vacaria em estudo.	66

Índice de Figuras

Figura 1 - Interação entre os diferentes fatores de bem-estar social numa população.	5
Figura 2 - Ilustração do eixo- hipotalâmico-hipofisário-gonadal.	13
Figura 3 - Ilustração da dinâmica endócrina durante o ciclo éstrico da vaca.	15
Figura 4 - Ilustração das ondas foliculares durante o ciclo éstrico da vaca.	16
Figura 5 - Ilustração das ondas foliculares após o anestro numa vaca.	17
Figura 6 - Esquemas de IATF <i>Ovsynch</i> 48 e 56 para vacas.	22
Figura 7 - Esquema de IATF <i>Ovsynch</i> + CIDR (P4) para vacas.	23
Figura 8 - Esquema de IATF <i>Cosynch</i> para vacas.	24
Figura 9 - Esquema de IATF <i>Presynch-Ovsynch</i> para vacas.	24
Figura 10 - Esquema de IATF G6G para vacas.	25
Figura 11 - Esquema de IATF <i>Double-Ovsynch</i> para vacas.	25
Figura 12 - Esquema dos protocolos de IATF <i>Resynch</i> para vacas.	26
Figura 13 - Esquema do protocolo de IATF <i>Resynch</i> com 2 PGF2a para vacas.	27
Figura 14 - Valores THI obtidos através de valores de temperatura e humidade relativa conhecidos num determinado período de tempo.	29
Figura 15 - Resumo de soluções para atenuar o stresse térmico em vacas leiteiras.	42
Figura 16 - Enquadramento geográfico do concelho de Castelo Branco.	56

Siglas e Abreviaturas

bpm - batimentos por minuto

BVDV - Vírus da diarreia viral bovina

°C - Celcius

CC - Condição corporal

CIDR - Dispositivo intravaginal de libertação de progesterona

CL - Corpo lúteo

Cr - Crómio

DG - Diagnóstico de gestação

E2 - Estradiol

FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations

FD - Folículo dominante

FSH - Hormona folículo-estimulante

g - grama

GnRH - Hormona libertadora de gonadotrofinas

HR - Humidade relativa

IA - Inseminação artificial

IATF - Inseminação artificial a tempo fixo

IBR - Rinotraqueíte Infecciosa Bovina

IC - Índice de concepção

IFN- τ - Interferão tau

IP - Intervalo entre partos

IP1^aIA - Intervalo entre parto e primeira inseminação

IPC - Intervalo entre parto e concepção

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Changes

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

Kg - Quilograma

L - Litros

LH - Hormona luteínizante

mg - Miligrama

mL - Mililitros

NEFA - Ácidos gordos não esterificados

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS - Organização Mundial de Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

p - Significância

P4 - Progesterona

PF2 α - Prostaglandina F2alpha

PIB - Produto interno bruto

SC - Sémén convencional

Se - Selénio

SS - Sémén sexado

ST - Stresse térmico

T - Temperatura

TC - Taxa de concepção

THI - Índice Temperatura-Humidade

VLA - Vírus da língua azul

WOAH - World organization for animal Animal Hhealth

Zn - Zinco

I – Revisão bibliográfica

1. A bovinicultura de leite no contexto atual/mundial

Com o aumento da população global, que atingiu os 8 mil milhões oficiais em Novembro de 2022 (United Nations, 2023), aumentam as necessidades alimentares da população. No entanto, necessidades alimentares é um termo muito vago para definir a qualidade nutricional da dieta de cada pessoa ou de maneira mais generalizada, de cada país. Isto porque o nível de produção agrícola, uma parte integrante do setor primário da atividade económica de um país (Kenessey, 1987), está dependente do clima, da riqueza, da tecnologia, da mão-de-obra e da eficiência dos sistemas de produção (Qaim, 2020). Assim, para produzir mais, é necessário aumentar a produção agrícola, aumentando a utilização de recursos naturais, como a água e o solo, e recursos energéticos. Também conseqüentemente, o aumento de químicos usados (herbicidas, pesticidas, ...), que embora desempenhem um papel significativo na melhoria do rendimento das culturas e na produção de alimentos acessíveis e de boa qualidade, também trazem um conjunto de efeitos negativos ao meio ambiente e à saúde humana (Tudi et al, 2021). Com isto, o aumento da eficiência dos sistemas de produção agrícola deve ser priorizado, permitindo gastar menos recursos para produzir mais.

Segundo o Grupo Francófono de Hepatologia Pediátrica, Gastroenterologia e Nutrição (GFHGNP) (Lemale et al, 2019), as dietas que excluem todos os produtos de origem animal não são adaptadas à espécie humana. As inevitáveis deficiências nutricionais que causam são particularmente graves nas crianças, pois serão afetadas negativamente durante a sua vida. Os alimentos de origem animal são a melhor fonte disponível de alimentos ricos em nutrientes de alta qualidade para crianças de 6 a 23 meses (WHO 2014). Comparando com os alimentos vegetais, fornecem maiores quantidades de proteína de melhor qualidade, maiores níveis de vitamina A, vitamina D3, ferro, iodo, zinco, cálcio, ácido fólico e ácidos gordos essenciais (Adesogan et al, 2020). Deficiências nalguns destes micronutrientes, particularmente em dietas de crianças e mulheres grávidas, contribuem para défices de crescimento, complicações perinatais, aumento do risco de morbidade e mortalidade (Bailey et al., 2015) e problemas de desenvolvimento cerebral ou neurológicos futuros (Bailey et al., 2015; Freitas et al, 2022; Gupta, 2016; Nouri et al, 2019; Racioppi et al, 2017; Rowley & Kendall, 2019) que podem advir

sobretudo da carência em vitamina B12, um elemento que na sua forma ativa, é exclusivo de produtos de origem animal (Brito et al, 2012; Nouri et al, 2019; Racioppi et al, 2017; Rowley & Kendall, 2019). Assim, os produtos de origem animal são essenciais para o bom desenvolvimento e crescimento do ser humano, quer músculo-esquelético (principalmente através da ingestão de proteína de alto valor biológico, aminoácidos essenciais e minerais, em especial o cálcio, iodo, ferro e zinco) quer neurológico (principalmente através da ingestão de vitamina B12). Um bom desenvolvimento físico e neurológico permitirá uma maior capacidade intelectual e corporal, que se pode repercutir numa maior capacidade de trabalho e consequentemente numa maior eficiência das interações sistemáticas de uma comunidade, país ou continente (Hulett et al., 2014), assegurando um maior desenvolvimento económico e social.

Em 2015, foram criados e aprovados pelos 193 Estados-Membros da ONU, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que têm como objetivo melhorar algumas questões importantes para o século XXI, como a sustentabilidade ambiental, inclusão social, desenvolvimento económico, paz, justiça e boas políticas governativas. A agricultura é um mecanismo essencial para atingir esses objetivos, nomeadamente a pecuária, sendo esta um elemento chave para o desenvolvimento da economia mundial e também de cada país ou continente (gráfico 1), tornando-se um dos fatores mais importantes para a redução da pobreza (*Food and Agricultural Organization of the United Nations* [FAO], 2018) e uma fonte muito importante de alimento e força de trabalho, que sustentam o desenvolvimento da civilização global (Livestock Global Alliance, 2016). Nos países desenvolvidos, a produção pecuária abrange cerca de 40% da agricultura total, enquanto nos países em desenvolvimento, esta percentagem anda por volta dos 20% (FAO, 2018), existindo uma correlação positiva entre estes dois fatores, como se pode ver no gráfico 2.

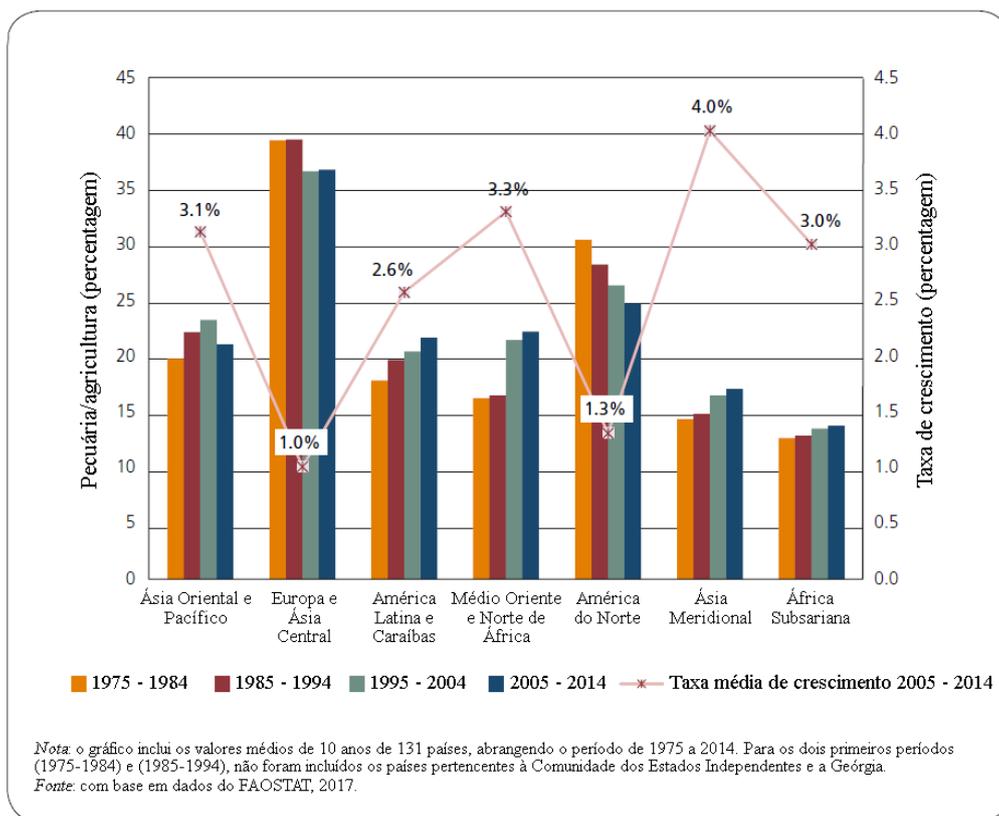


Gráfico 1 - Peso da produção animal no setor da agricultura ao longo dos anos, por regiões.
Fonte: Traduzido de FAO (2018).

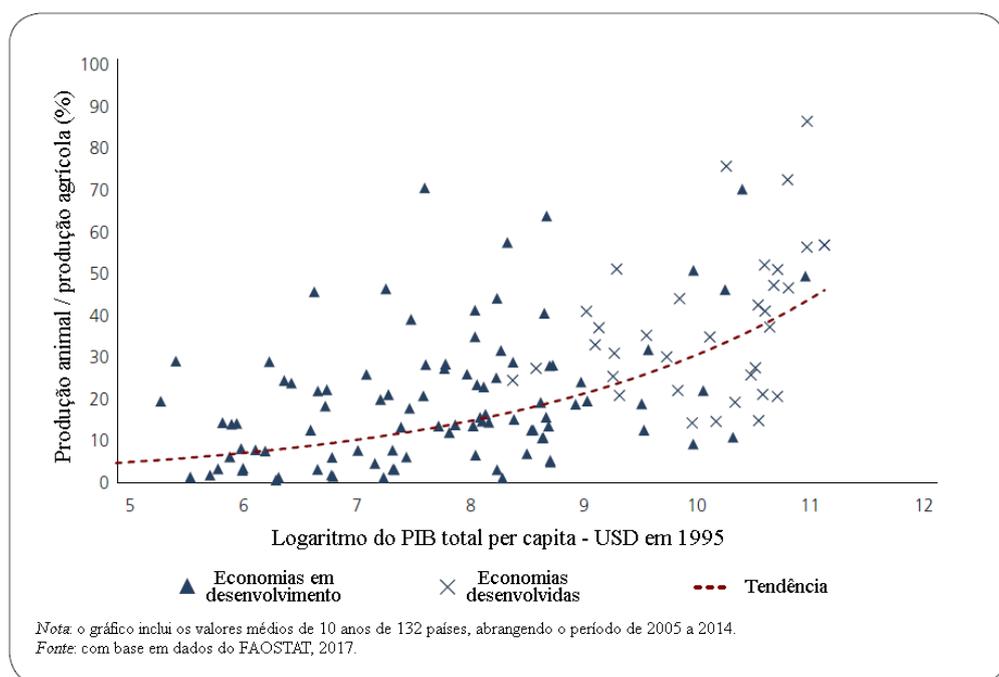


Gráfico 2 - Tamanho do setor de produção animal de acordo com o nível de desenvolvimento económico em 1995.
Fonte: Traduzido de FAO (2018).

Nos países mais desenvolvidos, a pecuária é tecnologicamente mais avançada, estando enredada numa cadeia económica mais complexa, onde as ligações com empresas de outros setores, como por exemplo da alimentação, produtos farmacêuticos, materiais de construção, maquinaria, infraestruturas, energia, transportes e contabilidade, são essenciais e mais intimamente conectadas para o bom funcionamento do mesmo. Assim, um crescimento neste setor implicará um crescimento nos setores que dele dependem, contribuindo para o crescimento económico geral (FAO, 2018).

Um maior crescimento económico, que em geral é medido através do produto interno bruto (PIB) e do PIB *per capita* (THE WORLD BANK, 2020), permite aos países aumentarem a sua riqueza. Para aumentar o PIB, é necessário aumentar a taxa de crescimento da produtividade e a acumulação de fatores de produção (capital e trabalho). Segundo (Veiga et al, 2019), um aumento desta taxa possibilita uma produção mais elevada com os mesmos recursos, ou seja, tornar-se mais eficiente. No entanto, a mesma dependerá da capacidade do país para melhorar as suas instituições e governança, reduzir os custos e aumentar a atratividade por investidores estrangeiros. Ainda segundo Veiga et al (2019), o aumento da produtividade depende fortemente do desenvolvimento tecnológico, que pode ser medido pelo Índice Global de Inovação (IGI) e Índice de Preparação de Rede (IPR) em que Portugal ocupa a 16ª posição (Dutta et al, 2022) e a 15ª posição (Dutta & Lanvin, 2022) na União Europeia, respetivamente, ficando assim abaixo da média. Para melhorar o progresso tecnológico, é necessário também melhorar a qualificação dos profissionais, principalmente nas áreas de ciências, tecnologia, engenharia e matemática (Veiga et al, 2019). Segundo (Duarte et al, 2019) uma produtividade do trabalho e do capital mais elevadas, conseguidas por melhor formação nas escolas, universidades e locais de emprego, são objetivos desejáveis para qualquer sociedade, sendo um meio para aumentar o produto potencial (indicador de crescimento económico) e o bem-estar social. Este último parâmetro é caracterizado pela qualidade de vida num determinado país (e das pessoas que nele residem) e consequente do desenvolvimento económico, social, ambiental, cultural e institucional que, por um lado, são predeterminados pelo desenvolvimento histórico e, por outro, estão sujeitos à escolha pública de uma nação que permita traçar a trajetória desejada de desenvolvimento social (Slukhai & Borshchenko, 2019). Na figura 1, podem observar-se os fatores e interações que influenciam o bem-estar social.

Uma melhoria na capacidade económica tem como consequência um aumento de produtividade e melhorias nas condições de ensino, de saúde, na redução de desemprego e em melhores salários (Slukhai & Borshchenko, 2019). Tudo isto permite melhorar o bem-estar social, ou seja, melhorar as condições de vida das pessoas, quer físicas quer mentais, dentro e fora do trabalho, e um ambiente envolvente, artificial ou natural, de melhor qualidade.

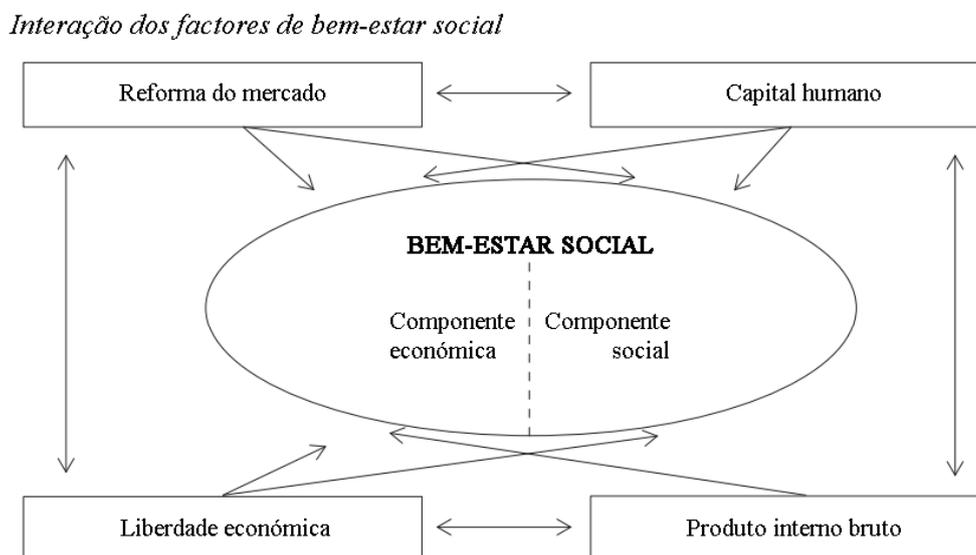


Figura 1 - Interação entre os diferentes factores de bem-estar social numa população.
 Fonte: Adaptado de Slukhai & Borshchenko (2019).

Um desenvolvimento na área de tecnologia e do ensino de um país contribui também para uma pegada ecológica menor, consequência de maior eficiência e sabedoria na utilização dos recursos disponíveis, permitindo gerar menos resíduos poluentes e menos desperdício de matéria-prima ou produtos finais (Hysa et al, 2020; Jahanger et al, 2022).

Resumindo os parágrafos anteriores, podemos concluir que a agricultura é primordial para o desenvolvimento dos países, principalmente dos menos evoluídos, e em especial a pecuária, visto ser uma fonte de subsistência que origina produtos alimentares de elevada qualidade biológica e que são a base proteica da alimentação humana, essenciais para o desenvolvimento físico e cognitivo. Melhores acessos a cuidados de saúde e uma educação de qualidade e a alimentação variada permitem uma melhoria nas condições de vida das pessoas, muito importante durante o seu desenvolvimento intra-uterino e posteriormente no seu crescimento até à idade adulta, bem como um aumento de bem-

estar e diminuição do stresse. No entanto, tudo isto só é possível com uma economia forte e em crescimento. Para tal acontecer, é necessário um desenvolvimento tecnológico e uma população com níveis de escolaridade mais avançados e de boa qualidade, que tornem mais eficientes os sistemas e os próprios processos de produção, quer alimentares quer de outros setores da economia.

Visto este trabalho estar relacionado com as vacas de leite, é importante realçar a importância das mesmas para a sociedade, enquadrando-as com as ideias referidas anteriormente.

Como já mencionado, os alimentos de origem animal são essenciais para um bom desenvolvimento do ser humano. Neste caso, o principal produto obtido através destes animais é o leite e consequentemente, os seus derivados, como iogurtes e queijos. Nutricionalmente, o leite é um dos produtos mais completos que existe (Chauhan et al, 2021), sendo também a primeira base de alimentação de qualquer mamífero à nascença (Pereira, 2014). É uma fonte excelente de qualidade proteica, de elevado valor biológico (por apresentar uma grande variedade de aminoácidos essenciais e excelente biodisponibilidade) onde predominam as caseínas e a β -lactoglobulina, que origina a conhecida proteína *Whey* (Lieshout et al, 2019; Pereira, 2014). Esta última proteína foi autorizada pela Comissão Europeia a ser colocada no mercado como um novo alimento, segundo o Regulamento de execução UE 2022/2534 da Comissão Europeia (2022).

O leite é também uma excelente fonte de minerais, com predominância para o cálcio e o fósforo, mas contendo também magnésio, potássio e zinco. Segundo Burrow et al (2020), as deficiências minerais durante a juventude (até os 25 anos) afetam o normal desenvolvimento de vários sistemas anatómicos (ossos, órgãos, etc.). Em termos de vitaminas, é uma fonte sobretudo de vitaminas A, D, E e do complexo B (Chauhan et al, 2021; Foroutan et al, 2019; Pereira, 2014).

Dentro destes micronutrientes, podemos destacar o cálcio, o fósforo e as vitaminas B2 (riboflavina) e B12 (cobalamina), pela relação da quantidade existente no leite/importância para o desenvolvimento e bem-estar físico do ser humano. Na tabela 1, podemos observar os valores médios existentes por 100g de leite e a sua comparação com a dose diária recomendada, por faixas etárias.

O cálcio é um mineral essencial para o crescimento e bom desenvolvimento ósseo nas crianças, para a produção de energia, para a regulação da atividade das enzimas intracelulares e para a condução do impulso elétrico nas terminações nervosas (Burrow et al, 2020). A carência de cálcio durante o crescimento ósseo pode ter impacto negativo na maturidade óssea e, assim, predispor a um risco mais elevado de fraturas osteoporóticas um dia mais tarde (Burrow et al, 2020).

Tabela 1 - Valores diários de referência para o Homem, de alguns micronutrientes, por faixa etária.

Micronutriente	Valor por 100g	Dose diária para			
		1-3 anos	4-10 anos	11-17 anos	adultos
Cálcio (mg)	119	450	800	1150	1000
Fósforo (mg)	93	250	440	640	550
Vitamina B2 (mg)	0,162	0,6	0,7 a 1	1,4 a 1,6	1,6
Vitamina B12 (µg)	0,357	1,5	1,5 a 2,5	3,5 a 4	4

O fósforo também é muito importante para a mineralização óssea, participa na manutenção do equilíbrio ácido-base, entra na constituição dos ácidos nucleicos e membranas biológicas (fosfolípidos) e participa ainda nos impulsos nervosos (Burrow et al, 2020).

A vitamina B2 é muito importante para o metabolismo de outras vitaminas do complexo B (ácido fólico - B9, niacina - B3 e piridoxina - B6) e como agente antioxidante (Malpaga et al, 2021).

A vitamina B12 é de extrema importância para a manutenção normal na quantidade e qualidade dos eritrócitos, podendo a sua deficiência levar a anemia perniciosa, e também para o desenvolvimento e funcionamento normal do sistema neurológico, onde déficit desta vitamina pode originar desmielinização dos neurónios e doenças degenerativas precoces (Green et al, 2017; Rowley & Kendall, 2019). Nas crianças, poderá trazer insuficiências neurológicas e subdesenvolvimento cerebral (Bailey et al., 2015; Freitas et al, 2022; Green et al, 2017; Gupta, 2016; Nouri et al, 2019; Racioppi et al, 2017; Rowley & Kendall, 2019).

Por todas as razões enumeradas até agora, é possível compreender a importância que a agricultura tem no desenvolvimento dos países e como é um pilar fundamental para a sociedade, visto ser a principal fonte de produção de alimentos para consumo humano e também animal. No caso concreto da produção de leite, também é possível aferir que este alimento é fundamental na dieta do ser humano para o seu bom crescimento e desenvolvimento e por isso, essencial para promover seres humanos mais saudáveis e intelectualmente mais capazes, que consigam evoluir na sua formação pessoal e profissional, permitindo que no conjunto de uma nação, todo o sistema possa ser mais eficiente, permitindo crescimento económico, menores pegadas ecológicas, melhoria das condições de vida da população e por consequência melhoria no bem-estar dos animais que estão a nosso cargo.

2. Sistemas produtivos de bovinos de leite

2.1. Caracterização

Podem enumerar-se quatro tipos de sistemas possíveis: intensivo ou de confinamento, semi-intensivo, extensivo ou de pastoreio, dentro do qual pode haver pastoreio intensivo ou extensivo (Endres & Schwartzkopf-Genswein, 2018; World Organization for Animal Health [WOAH], 2022). Na Europa e nos Estados Unidos, os sistemas de produção mais utilizados nas vacas de leite são os intensivos (Cerqueira, 2013; Endres & Schwartzkopf-Genswein, 2018). Em Portugal, predomina o sistema intensivo, particularmente na zona Norte (Cerqueira, 2013).

Por questões relacionadas com o clima local, eficiência de produção e economia, estes sistemas aumentaram em Portugal ao longo das últimas décadas (Endres & Schwartzkopf-Genswein, 2018), à semelhança do que se observou um pouco por toda a Europa.

Segundo a Portaria n.º 42/2015, de 19 de Fevereiro (2015), este sistema distingue-se por uma estabulação prolongada dos animais, com reduzido recurso ao pastoreio no seu processo produtivo. Também pode ser caracterizado como um sistema onde o gado é mantido num local fechado e totalmente dependentes do ser humano para suprimir as suas

necessidades básicas, como alimentação, água e abrigo (Endres & Schwartzkopf-Genswein, 2018).

2.2. Maneio reprodutivo

Pode definir-se como um conjunto de práticas e técnicas cujo objetivo é melhorar a eficiência reprodutiva e conseqüentemente a eficiência produtiva e econômica da exploração. Os principais fatores implicados nesta questão são os parâmetros reprodutivos, nutrição e condição corporal, o bem-estar animal e as doenças, principalmente reprodutivas (Pegoraro et al, 2009; Portaria n.º 42/2015, 2015). Assim, a seguir serão descritos estes fatores.

2.2.1. Parâmetros reprodutivos

O objetivo destes parâmetros (ou indicadores) é ter uma percepção numérica e real da atividade reprodutiva da exploração e de cada animal, permitindo comparar os valores obtidos com os valores encontrados na literatura e perceber se a nossa exploração está com bons parâmetros reprodutivos ou não, e caso não esteja, tentar perceber qual ou quais podem ser as causas.

Intervalo entre partos (IP)

É um índice que indica o tempo médio decorrido entre dois partos, sendo uma das melhores medidas individuais de eficiência reprodutiva (Norman et al, 2002, citado por Collantes, 2022), pois fornece informações gerais sobre a exploração. O valor ideal deste parâmetro será de 365 dias (Evans et al, 2006), ou seja, que cada vaca tivesse um parto por ano.

Intervalo entre parto e concepção (IPC)

É um índice que indica o tempo decorrido entre o parto e a concepção, sendo comum utilizar-se como medida do desempenho reprodutivo do efetivo, devendo coincidir com o intervalo entre o parto e a primeira inseminação, de preferência situado entre os 75 e os 85 dias, para que o IP alcançado seja de 365 dias (Collantes, 2022).

Intervalo entre parto e primeira inseminação (IP1ªIA)

É um índice que indica o intervalo entre o parto e a primeira inseminação. Pode considerar-se uma medida indireta do tempo decorrido entre o parto e a primeira ovulação (Petersson et al, 2007). O ideal seria ser um valor muito semelhante ao IPC.

Taxa de gestação

É um índice que indica o número de vacas gestantes em relação ao número de vacas colocadas em reprodução num determinado período de tempo. Trata-se de um parâmetro muito útil, dinâmico e representativo do ritmo com que as vacas vão ficando gestantes (Collantes, 2022). Este valor deve ser calculado separadamente para a primeira inseminação artificial (IA), para a segunda IA, e subsequentes se necessário (Consentini et al, 2021).

Considera-se uma vaca gestante quando existe um diagnóstico de gestação positivo (normalmente por palpação transretal com ecografia) 32±3 dias após a inseminação (Fricke et al, 2016).

$$\text{Taxa de gestação} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de vacas gestantes}}{\text{n}^\circ \text{ de vacas colocadas em reprodução}} * 100$$

Taxa de perda de gestação

É um índice que indica a perda da gestação após um diagnóstico positivo (> 28 dias após a IA), também chamada de morte embrionária tardia. Segundo (Wiltbank et al., 2016), nas vacas de alta produção tem um valor médio de 11,95%.

$$\text{Taxa de perda de gestação} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de vacas com perda de gestação após primeiro diagnóstico}}{\text{n}^\circ \text{ de vacas gestantes após primeiro diagnóstico}} * 100$$

Índice de concepção (IC)

É um índice que reflete o número médio de inseminações necessárias por vaca para obter uma gestação. O valor ideal insere-se entre 1,6 e 1,8, sendo que 2 ainda se considera aceitável e 3 já poderá indicar problemas reprodutivos ou outras falhas (Siatka et al, 2017).

Taxa de concepção

É um índice definido como o número de vacas gestantes em relação ao número de vacas inseminadas, num determinado período de tempo (Collantes, 2022).

A taxa de concepção e a taxa de detecção do estro fornecem os valores para o cálculo da taxa de gestação. Aumentos nesta última resultam num maior rendimento esperado por vaca, por ano (Chebel et al, 2004).

$$\text{Taxa de concepção} = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de vacas gestantes}}{\text{n}^{\circ} \text{ de vacas inseminadas}} * 100$$

2.2.2. Nutrição e condição corporal

Durante o pico de lactação, é normal as vacas estarem com balanço energético negativo, ou seja, na prática estão a perder peso. Esta grande mobilização de macronutrientes, micronutrientes e energia para a produção de leite aumenta as probabilidades de problemas metabólicos e deficiente funcionamento do sistema imunitário, aumentando a suscetibilidade a doenças, tendo como consequência uma perda de condição corporal que tornará a vaca fisicamente mais fraca e com menores capacidades fisiológicas, que poderão comprometer o resto do período de lactação e os parâmetros reprodutivos futuros (Collantes, 2022). Assim, torna-se essencial adaptar a dieta à fase reprodutiva em que a vaca se encontra, a fim de minimizar esses possíveis danos.

2.2.3. Bem-estar animal

Segundo a WOA, o bem-estar animal pode ser definido como o estado físico e mental de um animal em relação às condições em que vive e morre. Devem ser cumpridas as cinco liberdades universais: livre de desconforto, livre de fome, sede e desnutrição, livre dor, lesões e doenças, livre de medo e angústia e liberdade para expressar comportamentos naturais.

Qualquer causa que limite estas liberdades, causa stresse fisiológico negativo (*distress*) ao animal, sendo mais grave quanto mais tempo durar, podendo tornar-se stresse crónico. Este stresse torna-se muito prejudicial para o desempenho fisiológico do animal (Trevisi & Bertoni, 2009), sendo que nas vacas de leite, aumenta a ineficiência reprodutiva e leiteira e conseqüente aumento de perdas económicas.

2.2.4. Doenças

As doenças são um fator importante a ter em conta num sistema onde a eficiência reprodutiva e a produção de leite elevada são essenciais para a sua viabilidade económica (Abdisa, 2018; Gröhn & Rajala-Schultz, 2000). Para além disso, um rebanho com menor incidência de doenças, infecciosas ou não, aumenta o bem-estar dos animais e acarreta as consequências positivas que daí podem advir.

Muitos problemas estão relacionados com distúrbios reprodutivos, que são um dos principais motivos para a perda de eficiência reprodutiva e consequente diminuição do período de produtividade da vaca (Abdisa, 2018).

Os problemas podem ser categorizados pela fase reprodutiva em que ocorrem: antes da gestação (anestro, repetição de cios, quistos ováricos, stresse térmico), durante a gestação (aborto, prolapso vaginal e distocia) e após a gestação (retenção de membranas fetais, metrites, corrimento vaginal e prolapso uterino) (Abdisa, 2018; Gröhn & Rajala-Schultz, 2000).

Existem muitos agentes infecciosos causadores de problemas reprodutivos, principalmente na provocação de abortos, como *Brucella abortus*, *Campilobacter foetus*, as leptospiros, *Actinomyces pyogenes*, *Listeria monocytogenes*, Vírus da diarreia viral bovina (BVDV), Vírus da língua azul (VLA), *Tritrichomonas foetus* e *Neospora caninum* e nas mastites, principalmente *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli* e *Klebsiella spp* (Abdisa, 2018).

Outros agentes infecciosos não relacionados diretamente com o trato reprodutivo também podem provocar problemas no mesmo por consequência de processos inflamatórios em curso, hipertermia e menor ingestão de nutrientes (Ribeiro et al, 2015).

3. Fisiologia do ciclo éstrico

3.1. Definição e caracterização

As vacas são animais poliéstricos, ou seja apresentam ciclos éstricos a intervalos regulares ao longo de todo o ano, exceto quando gestantes (Forde et al, 2011). É regulado pelo eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (figura 2), através da interação de várias hormonas,

nomeadamente a hormona libertadora de gonadotrofinas (GnRH), produzida pelo hipotálamo, a hormona folículo-estimulante (FSH) e a hormona luteínizante (LH), produzidas pela hipófise, a progesterona (P4), o estradiol (E2) e inibinas, produzidas pelos ovários e a prostaglandina F2alpha (PGF2α), produzida pelo útero (Forde et al, 2011; Simões & Stilwell, 2021). As suas funções estão descritas na tabela 2. No entanto, como se comporta como um ciclo hormonal, algumas hormonas promovem feedback negativo ou positivo noutras, como se verá mais à frente.

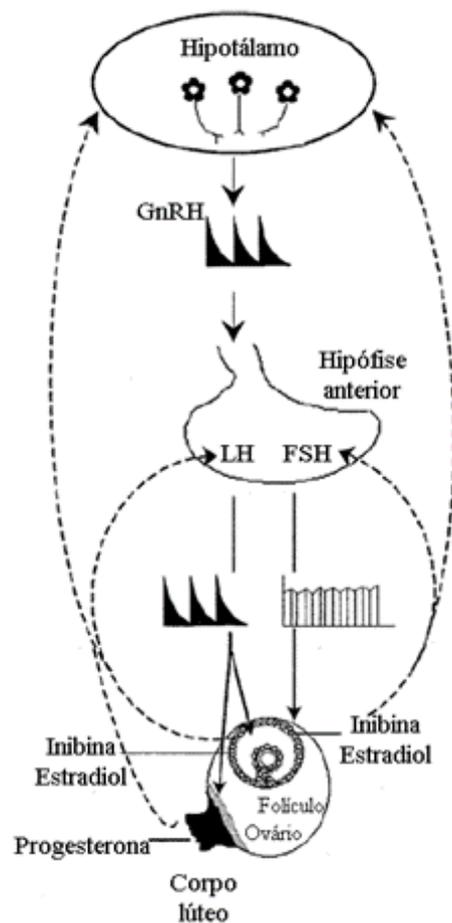


Figura 2 - Ilustração do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal.
Fonte: Traduzido de Simões & Stilwell (2021).

Tabela 2 - Funções das hormonas implicadas no ciclo éstrico da vaca.

Hormona	Função
GnRH	Estimula a libertação de FSH e LH;
FSH	Estimula a maturação folicular e o crescimento dos folículos FSH-dependentes;
LH	Estimula o crescimento do folículo dominante, induz a ovulação e a luteinização das células da granulosa para formar o corpo hemorrágico;
P4	Regulação da libertação de GnRH. Em concentrações altas inibe o desenvolvimento de um novo ciclo;
E2	Regula a libertação de GnRH e a libertação pulsátil de LH;
Inibinas	Inibem a libertação de FSH;
PGF2 α	Luteólise do corpo lúteo.

Na vaca, o ciclo éstrico tem uma duração compreendida entre 17 a 24 dias (Simões & Stilwell, 2021) e integra classicamente 4 fases: Diestro, Pro-estro, Estro e Metaestro (figura 3).

De forma simplificada, o proestro inicia-se cerca de 5 dias antes da ovulação (figura 3) com um pico de PGF2 α que ocorre na ausência de uma gestação. Esta libertação de PGF2 α induz a luteólise do corpo lúteo, que se reflete numa diminuição brusca dos níveis de P4 no sangue. Estão assim reunidas as condições para iniciar um novo ciclo, começando com um aumento dos níveis de E2, que atingem valores máximos cerca de 2 dias antes da ovulação. Em consequência deste aumento, há uma estimulação da secreção de GnRH, com conseqüente aumento dos níveis de FSH e LH, iniciando-se assim no estro. Na sequência do pico pré-ovulatório de FSH e LH é desencadeado ao nível dos ovários a cascata de eventos que culminam com a ovulação, cerca de 10 a 14h após entrada no estro. Com a ovulação, os valores circulantes de estrogénios baixam de forma rápida, e no ovário, inicia-se a formação do corpo hemorrágico. É a fase de metaestro, em que começam a aumentar os níveis circulantes de P4. Quando os valores periféricos de P4 ultrapassam 1 ng/mL no plasma, entramos no diestro. Valores elevados de P4

impedem a secreção de picos de grandes dimensões de LH e FSH, e permitem também reunir as condições necessárias para o desenvolvimento inicial do embrião com vista à sua implantação no útero. Em condições normais, caso não se obtenha uma gestação, o ciclo recomeçará (Forde et al, 2011; Simões & Stilwell, 2021).

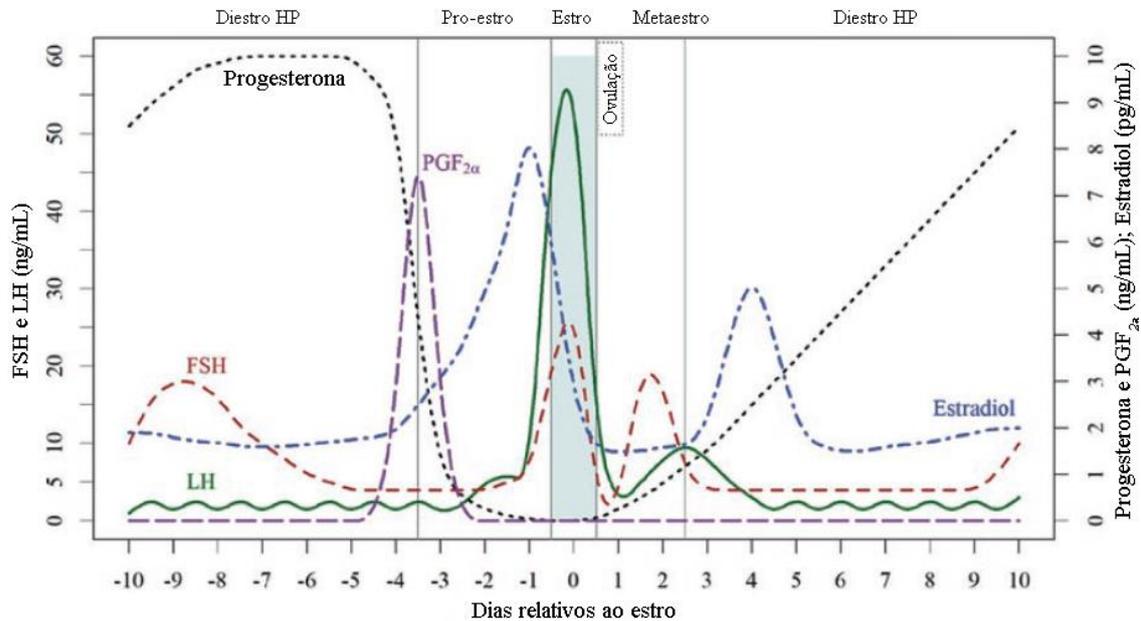


Figura 3 - Ilustração da dinâmica endócrina durante o ciclo éstrico da vaca.
 Fonte: Traduzido de Simões & Stilwell (2021).

3.2. Ondas foliculares

Nas vacas de leite, durante o ciclo éstrico ocorrem normalmente duas ou três ondas de desenvolvimento folicular; geralmente, vacas onde ocorrem duas ondas evidenciam folículos maiores e mais velhos do que vacas com três ondas (Ginther et al., 1989). Uma quarta onda está normalmente associada a vacas com fases lúteas mais duradouras. O número de ondas foliculares e a taxa de renovação dos folículos dominantes estão diretamente relacionados com a duração da dominância de cada folículo dominante, sendo que bovinos com folículos dominantes de menor duração tendem ter taxas de concepção mais altas (Austin et al. 1999).

Cada onda de desenvolvimento folicular envolve 3 fases: emergência, seleção e dominância de um conjunto gradualmente menor de folículos; estas fases são seguidas por atresia ou ovulação do folículo dominante, dependendo da fase do ciclo, e por consequência dependendo dos níveis hormonais de LH, FSH, estradiol, inibinas e

progesterona em cada momento da fase de desenvolvimento folicular. (Forde et al, 2011) (figura 4).

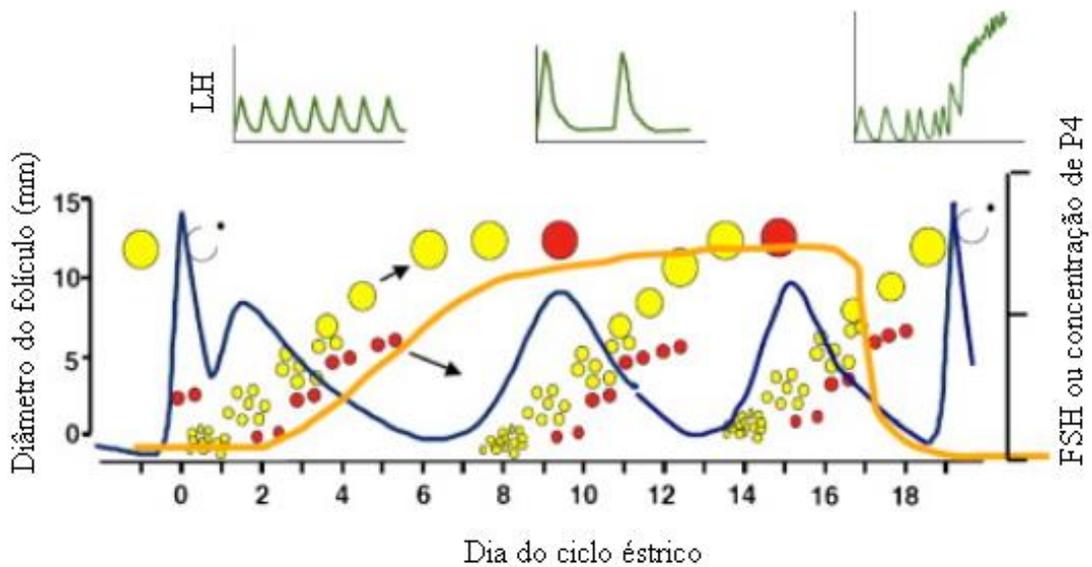


Figura 4 - Ilustração das ondas foliculares durante o ciclo estrico da vaca.
Fonte: Traduzido de Cowe (2008).

Imediatamente após o parto, a vaca encontra-se em anestro; à medida que recupera a atividade ovárica, e o anestro se aproxima do seu término, pelo que dinâmica das ondas foliculares é ligeiramente diferente (figura 5). Nas fases iniciais do anestro pós-parto, as ondas foliculares são recorrentes, e a ovulação está impedida pela inexistência de reservas de LH para secreção. À medida que o animal recupera do balanço energético negativo associado ao arranque da lactação, a atividade ovárica torna-se consistente, e os folículos crescem até dimensões maiores, até adquirirem a capacidade de estimular um pico pré-ovulatório de gonadotrofinas. Ainda assim, até se atingir uma ovulação normal, podem ocorrer 2 a 4 ondas foliculares menores, sendo que a primeira é normalmente silenciosa (sem comportamento de cio) e a segunda (em 70% das vezes) origina um ciclo mais curto, mas já associado a comportamento de cio e a uma fase lútea de duração regular (Crowe, 2008).

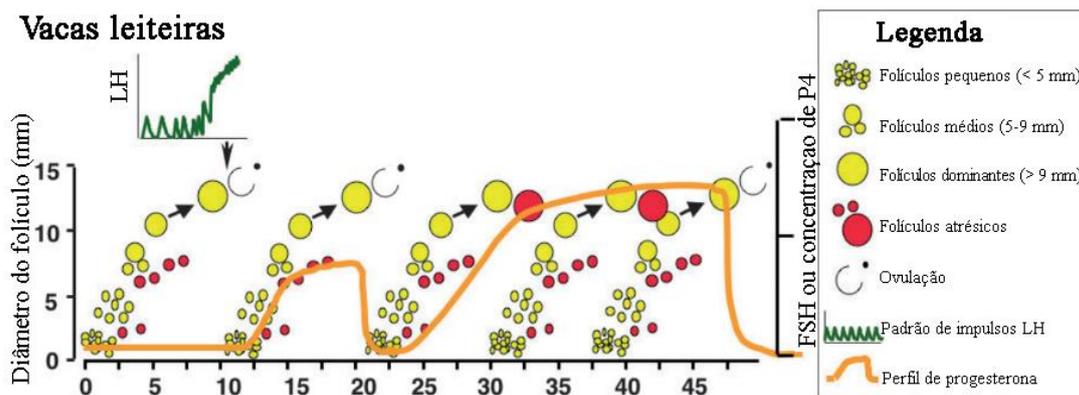


Figura 5 - Ilustração das ondas foliculares após o anestro numa vaca.
 Fonte: Traduzido de Simões & Stilwell (2021).

4. Parâmetros que podem influenciar a taxa de concepção

Existem muitos fatores que podem influenciar a taxa de concepção. Para uma mais fácil compreensão e organização, irão ser agrupados por categorias: fatores externos (onde algo externo influencia o animal) e fatores internos (relacionados diretamente com a fisiologia e sistemas do animal).

4.1. Fatores externos ao animal

Temperatura ambiente/estação do ano

O aumento da temperatura ambiente, natural durante os meses da Primavera e principalmente do Verão (no hemisfério Norte), pode provocar stresse térmico nos animais, conseqüente da dificuldade que eles têm para se refrescar, diminuindo o conforto corporal, que levará a perdas na produção de leite e em diminuições da performance nos parâmetros reprodutivos (Dunshea et al, 2013). Este tópico será explorado com mais pormenor no ponto 6.

Maneio alimentar/condição corporal (CC)

A CC ideal para uma vaca na altura do parto será entre 3-3,5 (escala de 1 a 5, caquética para obesa, respetivamente) por causa das exigências nutricionais inerentes ao início de lactação e conseqüente pico, que provocam um aumento da mobilização das reservas energéticas e conseqüente balanço energético negativo, que quanto maior for maior impacto negativo poderá ter na fertilidade (Gobikrushanth et al, 2019).

Uma condição corporal menor (<3 de 1-5) durante a altura de inseminação levou a piores resultados, sendo que vacas com CC <3 obtiveram uma TC de 33,9% e as vacas com CC ≥ 3 obtiveram uma TC de 44,8% (Chebel et al, 2004).

Manejo dos animais

Vacarias com um número excessivo de animais para a área disponível, isto é, com sobrelotação, podem apresentar taxas de concepção mais reduzidas, por aumento do stress consequente de competições mais recorrentes por comida, água, espaços de descanso, etc. (Scheffers et al, 2010).

Tipo de inseminação

Protocolos de inseminação que usem técnicas de inseminação artificial a tempo fixo (IATF) estão associados a eficiências reprodutivas mais elevadas em relação a protocolos que necessitam de detecção de estro (Consentini et al, 2021; Masello et al, 2018; Ungerfeld et al, 2021).

Tecnologia do sémen

A TC com uso de SS é maior em novilhas nulíparas que em vacas adultas (Bittante et al, 2020; Hutchinson et al, 2013).

Segundo (Walsh et al, 2021), a TC em novilhas inseminadas com sémen sexado varia entre 69% e 87% da TC em novilhas inseminadas com sémen convencional, enquanto em vacas adultas varia de 72% a 85%, relativamente ao sémen convencional.

Contudo, segundo Ukita et al (2022), a utilização de sémen sexado (SS) durante os meses quentes em vacas nulíparas pode diminuir a TC. Num estudo feito por Oikawa et al (2019), a utilização de sémen sexado em novilhas nulíparas resultou em taxas de concepção mais baixas do que nos animais inseminados com sémen convencional (SC), independentemente da idade. Neste trabalho, novilhas com ≤ 12 meses de idade obtiveram uma TC de 46,6% com SS e de 54,8% com SC e novilhas com ≥ 21 meses obtiveram uma TC de 47,8% com SS e de 64,6% com SC. Convém realçar que a média da TC em todas as idades (de ≤ 12 meses até ≥ 21 meses) foi de 47,3% no sémen sexado e 56,9% no sémen convencional.

4.2. Fatores internos ao animal

Retorno ao cio/ Perdas embrionárias precoces

A mortalidade embrionária é uma das principais causas de perdas económicas na indústria leiteira, sendo os seus efeitos diretamente observados na redução de taxas de concepção (Diskin et al, 2011). Não devem ser atribuídas a um único fator. Podem refletir a existência de infeções intra-mamárias ou células somáticas aumentadas, menores níveis de progesterona após a concepção, stresse térmico, defeitos genéticos, excessiva manipulação retal por palpação, doenças infecciosas (agentes como *Leptospira spp*, *Campylobacter fetus venerealis*, *Tritrichomonas fetus*, *Ureaplasma spp*, *Mycoplasma spp*, *Hemophilus spp* e BVDV) e fatores tóxicos (micotoxinas, alta concentração de ureia no sangue, teratógenos e nitratos) (Moore et al, 2005).

Os principais agentes infecciosos que podem ser implicados diretamente na mortalidade embrionária são três vírus (BVDV, Herpesvírus bovino, rinotraquíte infecciosa bovina - IBR, VLA), uma bactéria (*Campylobacter fetus venerealis*) e um parasita (*Tritrichomonas foetus*) (Givens & Marley, 2008). Na tabela 3 pode ver-se os intervalos de tempo na gestação onde os agentes infecciosos podem provocar perdas embrionárias (Givens & Marley, 2008).

Tabela 3 - Doenças infecciosas que podem provocar morte embrionária numa vaca leiteira.

Doença	Intervalo das perdas
Diarreia viral bovina	- Infeção até aos 45 dias de gestação: taxa de fertilidade diminuída e morte embrionária;
IBR	- Infeção precoce: morte embrionária;
Língua azul	- 0-100 dias de gestação: morte embrionária e fetal;
Campilabteriose	- Morte embrionária e fetal entre os 15 a 80 dias de gestação;
Tricomoniase	- Mortalidade embrionária precoce.

Existem também alguns agentes que podem provocar abortos mais tardios, e que posteriormente se podem repercutir noutras doenças como metrites e retenção de membranas fetais. São eles a *Brucella abortus*, *Chlamydophila abortus*, *Salmonella dublin* e *Salmonella typhimurium*, *Leptospira interrogans* (principalmente *serovares hardjo* mas também *pomana*) e *Neospora caninum* (Givens & Marley, 2008; Reichel & Ellis, 2020).

A perda embrionária pode ser dividida em duas partes: a primeira parte em que as perdas ocorrem antes dos 20/25 dias após IA, dependendo dos autores, designa-se por mortalidade embrionária precoce; e a segunda parte, em que ocorrem perdas entre $\geq 20/25$ dias até aos 45 dias, tendo a designação de mortalidade embrionária tardia (Rodriguez, 2019). A partir daí até aos 260 dias, designa-se morte fetal.

Outros autores consideram a mortalidade embrionária até aos 42 dias (Hovingh, 2009).

Idade da vaca/ quantidade de partos

Num estudo, vacas mais velhas, com 4 ou mais partos apresentaram uma TC de 38,3%, mais baixa em relação a vacas com 1 ou 2/3 partos que apresentaram uma TC de 50,3% e 46,2%, respetivamente (Grimard et al, 2006).

Segundo (Holodova et al, 2019), existe uma pequena correlação negativa entre a idade da vaca e a taxa de conceção, onde quanto mais velho for o animal, menor será a TC.

Localização do folículo dominante

Um estudo (Miura et al, 2015) demonstrou que o folículo dominante da primeira onda localizado ipsilateralmente ao CL no ovário, foi associado a taxas de conceção reduzidas em vacas e novilhas leiteiras.

Doenças pós parto

Doenças pós-parto são comuns em vacas leiteiras e sua incidência contribui para a redução da fertilidade e aumento do risco de refugo, tornando assim a sua prevenção e manejo extremamente importantes (Gilbert, 2016).

Problemas desta natureza têm impacto na taxa de conceção. Animais doentes têm menor ingestão de nutrientes e processos inflamatórios em curso, que dificultam o aporte de nutrientes para uma recuperação da condição corporal após o pico de lactação (Ribeiro et al, 2016). Muitas doenças inflamatórias induzem febre, e a hipertermia é um fenómeno bem caracterizado que compromete a reprodução em bovinos, interrompendo o desenvolvimento oocitário e embrionário e alterando a função uterina (Hansen, 2009, citado por Ribeiro et al, 2016).

Estes inconvenientes reduzem a clivagem de zigotos potenciais, sobrevivência reduzida de zigotos até o estágio de mórula, desenvolvimento prejudicado para os estágios iniciais do alongamento do concepto, secreção reduzida de Interferão tau (IFN- τ) durante o período de reconhecimento da gestação, aumento de perdas da gestação e, conseqüentemente, redução da taxa de gestação, muito relacionada com a TC (Ribeiro et al, 2016).

As principais doenças do trato reprodutivo encontradas são a retenção de membranas fetais, metrite puerperal, endometrite, piómetra, corrimento vaginal purulento, anovulação e quistos ováricos (Gilbert, 2016). Fora deste trato, destacam-se as claudicações, deslocamento do abomaso, hipocalcemia, cetose e mastite (Gilbert, 2019).

Muitos agentes infecciosos estão implicados em problemas reprodutivos (Gilbert, 2016; Gilbert, 2019):

- Metrite puerperal e endometrite: *Escherichia coli*, *Prevotella melaninogenica* e *Fusobacterium necrophorum* associado a *Trueperella pyogenes*;
- Piómetra: *Trueperella pyogenes* e *Tritrichomonas foetus*.

Intervalo entre parto e primeira inseminação (IP1^aIA)

Vacas com um IP1^aIA > 90 dias obtiveram uma taxa de concepção 49,8%, superior a vacas inseminadas com <70 dias, que obtiveram um valor de 44,1% (Grimard et al, 2006). Estes resultados podem dever-se a um maior período de recuperação pós parto, que permite ter uma involução uterina correta e completa, um aumento de condição corporal após o pico de lactação e conseqüente diminuição do balanço energético negativo.

Noutro estudo, maiores IP1^aIA (até 80 dias) foram associados a melhores TC em relação a intervalos de até 50 dias (Scheffers et al, 2010).

Num terceiro estudo, vacas inseminadas com ≤ 30 dias pós parto obtiveram uma TC de 39%, com >30 dias e ≤ 60 obtiveram 53% e com >60 e <90 obtiveram 62% (Inskeep & Dailey, 2005).

5. Programas de sincronização de estro para IATF

Existem vários programas utilizados, dos quais podemos destacar aqueles protocolos que utilizam uma combinação de PGF_{2α} e GnRH, designados genericamente por *Ovsynch*, *Cosynch*, *Presynch* (*Presynch-Ovsynch*, G6G e *Double-Ovsynch*) e *Resynch* (Silva & Pimentel, 2017). A seguir serão detalhados esquematicamente os protocolos e será feita alguma descrição de cada um.

5.1. Protocolos *Ovsynch*

Este protocolo baseia-se em três princípios: 1) sincronização do desenvolvimento folicular; 2) controlo da luteólise; 3) controlo do momento da ovulação, permitindo assim recorrer à IATF (Azevedo et al., 2014a; Carvalho et al., 2015).

Podem ser aplicadas duas versões, o *Ovsynch 48* e o *Ovsynch 56*, esquematizados na figura 6, sendo que a diferença entre eles é apenas por uma questão de melhor adaptação às características e manejo de cada exploração.

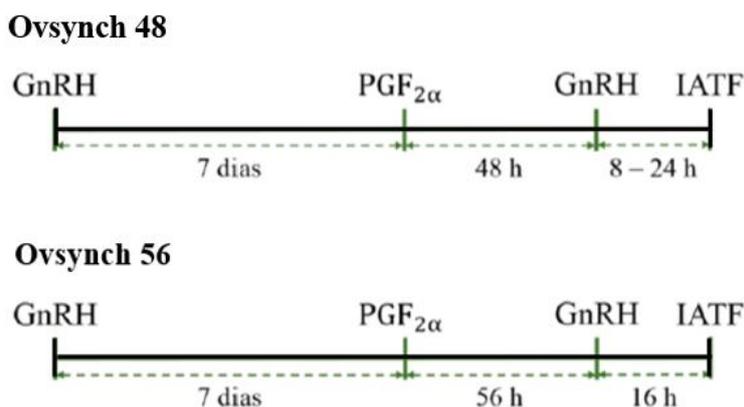


Figura 6 - Esquemas de IATF *Ovsynch 48* e *56* para vacas.
Fonte: Autoria própria.

O objetivo destes protocolos é encurtar o ciclo natural, acelerando a resposta folicular à LH, permitindo um desenvolvimento mais rápido de um folículo dominante, pronto a ovular (Nowicki et al, 2017). O folículo responde à LH a partir dos 9/10 mm de diâmetro (López-Gatiús et al, 2022; Simões & Stilwell, 2021).

Estes protocolos têm como principal desvantagem não promover o desenvolvimento folicular em termos de qualidade e tamanho, estando dependentes da fase do ciclo éstrico

em que as vacas se encontram quando recebem a primeira injeção de GnRH (Wiltbank & Pursley, 2014). Quando a administração é feita entre os dias 1 e 4 do ciclo, são poucos os animais que ovulam (ainda não está presente um FD) e quando a administração é feita entre os dias 5 e 9 praticamente todo o efetivo tratado ovula (já está presente um FD) (Dewey et al., 2010; Wiltbank & Pursley, 2014). Folículos maiores no momento de ovulação podem aumentar a taxa de concepção (Guo et al, 2020). Isoladamente, estes protocolos não melhoram a taxa de gestação em relação a outros com detecção de cio (Wiltbank & Pursley, 2014). Alguns estudos divergem um pouco nas taxas de concepção: (Guo et al, 2020), obteve-se uma TC de 27,3%, Morini et al (2019) obteve uma TC de 30% e Keskin et al (2010) obteve uma TC de 48,5%.

Outra opção que também se usa é a junção do protocolo *Ovsynch* com um dispositivo de intravaginal progesterona (CIDR) colocado no primeiro dia do protocolo, sendo mantido durante 7 dias (figura 7).

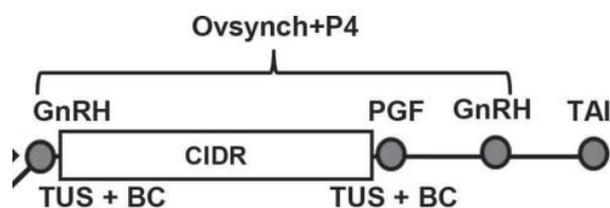


Figura 7 - Esquema de IATF *Ovsynch* + CIDR (P4) para vacas.
Fonte: Giordano et al (2015).

Num estudo feito por Giordano et al (2016), a taxa de concepção obtida com este protocolo foi de 33,3%, enquanto Brozos et al (2021) obteve um valor de 35,2%.

Estas taxas não são muito altas precisamente pelo facto de não ser conhecida a fase de desenvolvimento do folículo quando se dá a primeira injeção de GnRH (Guo et al, 2020). Assim, torna-se essencial tentar colmatar esta falha com programas de pré-sincronização (Carvalho et al, 2014), descritos a seguir.

5.2. Protocolo *Cosynch*

É um protocolo semelhante ao *Ovsynch* com progesterona, onde é adicionado um dispositivo de progesterona durante 7 dias após a primeira GnRH e onde a IA se faz no mesmo dia da última injeção de GnRH (figura 8), segundo Silva & Pimentel (2017).

Segundo os mesmos autores, este protocolo melhora a taxa de gestação em 50/55% em relação ao protocolo *Ovsynch* tradicional.

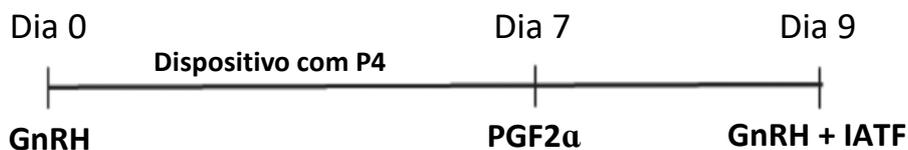


Figura 8 – Esquema de IATF *Cosynch* para vacas.
Fonte: Adaptado de Morales & Cavestany (2012).

5.3. Protocolos *Presynch*

Estes protocolos (de pré-sincronização) têm como objetivo melhorar a eficácia do *Ovsynch*, com o intuito de melhorar a fertilidade do rebanho pelo aumento da concentração de progesterona (P4) na altura da administração de PGF_{2α} durante a realização do *Ovsynch* (Carvalho et al., 2014; Carvalho et al., 2015), algo que com este último não acontece. A concentração de P4, no momento da administração da segunda GnRH, será baixa, o que aumenta a fertilidade (Fricke et al., 2015) Na figura 9, 10 e 11 apresenta-se uma representação esquemática da junção dos vários protocolos.

O *Presynch-Ovsynch* consiste na aplicação de duas injeções de PGF_{2α} com 14 dias de intervalo seguidas da aplicação de um dos protocolos *Ovsynch*, 12 dias depois (figura 9) (Moreira et al, 2001).

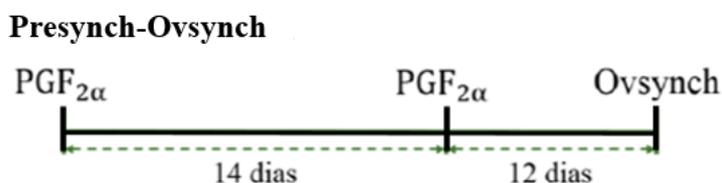


Figura 9 - Esquema de IATF *Presynch-Ovsynch* para vacas.
Fonte: Autoria própria.

Com a aplicação deste protocolo, Karakaya-Bilen et al (2018) obtiveram 83,5% e 93,3% das vacas apresentam ovulação após a primeira e última injeção (antes da IA), respetivamente. Apresentam também uma taxa de gestação de 59,3% e 54,2%, aos 31 dias e 62 dias, respetivamente, quando inseminadas com sémén convencional. Estes

valores foram substancialmente melhores quando comparados com o protocolo *Ovsynch*, onde se obteve 60,2% e 87% de ovulações no início do *Ovsynch* e na última injeção de GnRH (antes da IA), respetivamente, e taxas de gestação de 42% e 38%, aos 31 dias e 62 dias, respetivamente.

O **G6G** consiste na aplicação de uma injeção de PGF_{2α}, seguida de uma injeção de GnRH dois dias depois, com posterior continuidade de um programa *Ovsynch* 6 dias depois (figura 10) (Azevedo et al, 2014a).

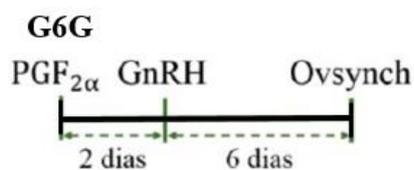


Figura 10 - Esquema de IATF G6G para vacas.
Fonte: Adaptado de Azevedo et al (2014a).

Segundo o estudo de Kohsari & Berenjjan (2022), com a aplicação deste protocolo, 90,9% das vacas apresentam ovulação após a primeira injeção de GnRH do *Ovsynch*, comparando com 87,2% do *Presynch-Ovsynch*. Quanto à taxa de gestação geral, apresentou-se um valor de 47,3% no G6G, comparado a 36,7% do *Presynch-Ovsynch*.

O **Double-Ovsynch**, consiste na aplicação de um protocolo *Ovsynch* 56 não realizando a IATF mas sim um novo programa *Ovsynch* sete dias depois (figura 11) (Wiltbank & Pursley, 2014).



Figura 11 – Esquema de IATF *Double-Ovsynch* para vacas.
Fonte: Wiltbank & Pursley (2014).

Segundo o estudo feito Kohsari & Berenjjan (2022), com a aplicação deste protocolo, 88,6% das vacas apresentam ovulação após a primeira injeção de GnRH do *Ovsynch*, comparando com 87,2% do *Presynch-Ovsynch*. Quanto à taxa de gestação geral, apresentou-se um valor de 41,7%, comparado a 36,7% do *Presynch-Ovsynch*.

No outro estudo Karakaya-Bilen et al (2018), 79,3% e 98,2% das vacas apresentam ovulação após a primeira e última injeção de GnRH (antes da IA), respectivamente. Apresentam também uma taxa de gestação de 49% e 43,1%, aos 31 dias e 62 dias, respectivamente, quando inseminadas com sêmen convencional. Estes valores foram substancialmente melhores quando comparados com o protocolo *Ovsynch*, onde se obteve 60,2% e 87% de ovulações no início do *Ovsynch* e na última injeção de GnRH (antes da IA), respectivamente, e taxas de gestação de 42% aos 31 dias e 38% aos 62 dias.

Existindo algumas divergências entre programas de pré-sincronização, qualquer um dos estudos apresenta percentagens de ovulação e de taxa de gestação, comparando com a bibliografia, melhores do que programas que utilizam apenas o protocolo *Ovsynch*.

5.4. Protocolos *Resynch*

Os protocolos de ressincronização são aplicados em vacas que não ficam gestantes após a primeira inseminação artificial, tendo como objetivo voltar a inseminá-las o mais rapidamente possível, levando em conta a premissa de melhoramento da eficiência reprodutiva (Azevedo et al, 2014a).

Existem três variantes, apresentadas nas figuras 12 e 13.

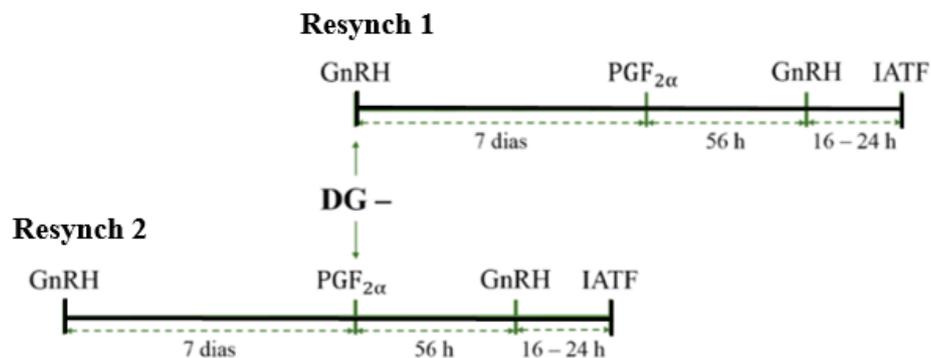


Figura 12 – Esquema dos protocolos de IATF *Resynch* para vacas.
Fonte: Autoria própria.

Resynch com 2 $PGF_{2\alpha}$

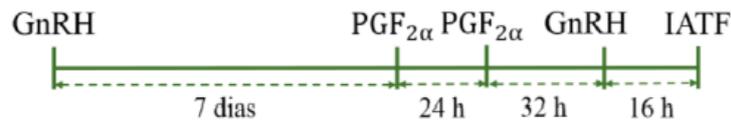


Figura 13 – Esquema do protocolo de IATF *Resynch* com 2 $PGF_{2\alpha}$ para vacas.
Fonte: Carvalho et al (2015).

Neste caso, a única diferença é que o *Resynch 2* começa 7 dias antes do diagnóstico de gestação (DG), com o objetivo de encurtar o intervalo entre inseminações, para consequentemente diminuir o intervalo parto/concepção. Caso o DG seja positivo, o protocolo é interrompido nesse dia e a vaca prossegue com a gestação.

Nesta terceira variante, administra-se uma segunda dose de $PGF_{2\alpha}$ 24h após a primeira, com o objetivo de aumentar a taxa de regressão do corpo lúteo, permitindo que os níveis de progesterona estejam mais baixos aquando da administração da segunda GnRH, melhorando a sua eficiência e posterior taxa de gestação (Carvalho et al, 2015).

6. Stresse térmico

O stresse térmico (ST) pode ser definido como a dificuldade que um animal homeotérmico tem para manter a sua homeostasia corporal, em consequência da quantidade de calor emitida por ele ser menor que a quantidade de calor produzida e recebida pelo mesmo através do meio envolvente, havendo assim uma acumulação de calor no seu corpo (Bin-Jumah et al, 2019), que poderá levar a situações de hipertermia.

Quando a diferença entre a temperatura corporal da vaca e a temperatura ambiente (gradiente térmico) é elevada, o organismo socorre-se de métodos de condução, convecção e radiação para libertar calor (West J, 2003).

Resumidamente, a vaca, do ponto de vista da física, trata-se de um sistema aberto (Toussaint & Schneider, 1998), aquecendo o meio que a rodeia (ar, material das camas, etc.) transferindo o calor do seu corpo para o meio ambiente. Como estes métodos não envolvem perda de água, identificam-se como não evaporativos. Com o aumento da temperatura ambiente, o gradiente térmico diminui e a dissipação de calor torna-se menos

eficaz, por isso, a vaca usa o calor do corpo para vaporizar a água, através do suor da pele e pela respiração, libertando-o para o ambiente. A eficiência deste método evaporativo é variável e diminui com o aumento da humidade relativa do ar (Salgueiro & Almeida, 2016).

A capacidade desta espécie para dissipar o calor por meio da evaporação da pele é limitada por consequência da relação relativamente baixa entre área de superfície e peso corporal, das glândulas sudoríparas subdesenvolvidas e dos pelos curtos e densos na superfície corporal (Liu et al, 2019). Também a grande quantidade de calor libertado na fermentação do rúmen prejudica o animal (Liu et al, 2019).

Além disso, bezerros e novilhas geram menos calor metabólico e têm maior área de superfície corporal em relação à massa corporal, portanto, são mais eficientes na dissipação do calor corporal e, por isso são considerados mais tolerantes ao ST do que bovinos adultos (Wang et al, 2020).

As vacas toleram mais facilmente temperaturas altas com baixa humidade, recorrendo a perdas de calor através da transpiração, do que temperaturas elevadas em climas húmidos, em que se vê comprometida a capacidade de arrefecimento evaporativo (Jubb and Perkins 2015). No entanto, as vacas leiteiras em climas moderados poderão ser mais afetadas pelo stress térmico que vacas adaptadas a climas tropicais ou subtropicais, que estão expostas a um esforço de adaptação térmica constante (Schuller et al, 2014).

Os principais sinais que podem indicar dificuldades de manutenção da homeostasia térmica são o aumento da taxa de respiração com ou sem respiração ofegante (língua exteriorizada), ingestão de líquidos, sudorese, redução da ingestão de ração e produção de leite. Também alguns comportamentos como o aumento do tempo em estação, procura de sombra e diminuição da atividade física ou movimento (De Rensis e Scaramuzzi 2003; Schutz et al. 2009).

O stress térmico pode ser calculado ou estimado indiretamente pelo Índice Temperatura-Humidade (THI), criado por Thom (1959). O THI pode ser estimado a partir da seguinte fórmula:

$$0,8 * T + HR * (T - 14,4) + 46,4,$$

em que T corresponde à temperatura ambiente em °C e HR à humidade relativa (de 0 a 1). A figura 14, que relaciona a temperatura e humidade relativa conhecidas, é uma representação rápida dos valores de THI (Jubb and Perkins 2015). No caso de vacas em lactação, quando o THI for igual ou superior a 68, no entanto, considera-se com mais significado prático a partir do valor 72, inclusive (Schüller et al, 2014). O índice abaixo de 71 é ainda considerado como estando na zona de conforto; valores entre 72 e 79 são entendidos como indicadores de stresse leve; níveis de 80 a 89 indicam stresse moderado e valores acima de 90 representam stresse grave (Bohmanova et al, 2007). A zona de conforto térmico de uma vaca situa-se entre os 2° e 25°C (Salgueiro & Almeida, 2016).

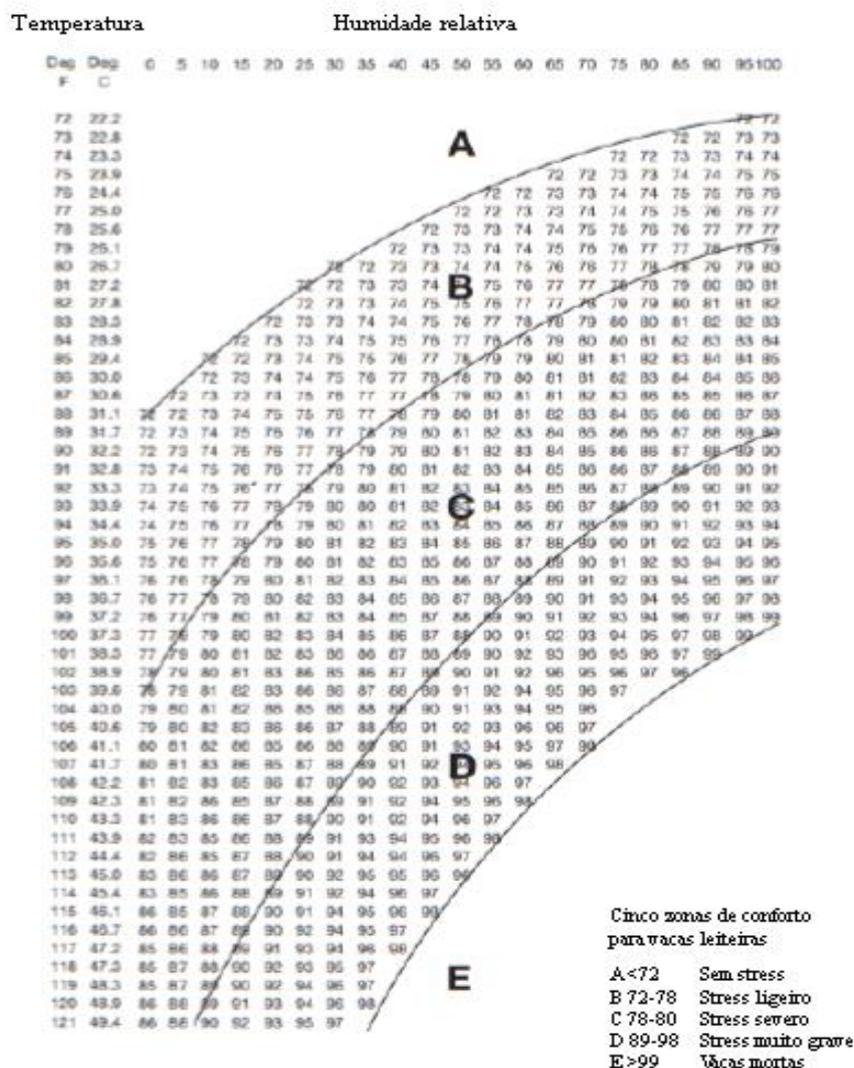


Figura 14 – Valores THI obtidos através de valores de temperatura e humidade relativa conhecidos num determinado período de tempo.

Fonte: Traduzido de Jubb and Perkins (2015).

Os valores normais de temperatura variam de 38,5°C a 39,5°C para bezerros, de 38,0°C a 39,5°C em novilhas e de 38,0°C a 39,0°C em vacas adultas (Liu et al, 2019).

A temperatura da vaca mede-se principalmente no reto, mas também se pode medir na vagina, canal auditivo, no rúmen e no tecido subcutâneo (Liu et al, 2019).

O THI é um medidor indireto do stresse térmico mas pode-se relacionar com a temperatura corporal da vaca, ou seja, segundo (Liu et al, 2019), existe uma correlação positiva entre aumento dos níveis de THI e de temperatura vaginal, onde Liu et al (2019), observou que ao passar de valores de THI de 48 a 72, a T aumentou de 37,8° para 38,5° (1,8%), e ao passar de 72 para 79, a T aumentou de 38,5° para 39,35° (2,2%).

A medição da temperatura corporal também se pode obter através da T do leite, sendo esta também responsiva a aumentos nos valores de THI (West et al, 2003).

A temperatura retal constitui uma boa indicação da presença ou ausência de stresse térmico (Tao and Dahl 2013). Na ausência de arrefecimento evaporativo, as temperaturas retais das vacas secas aumentam de 0,3 a 0,5 °C comparativamente com vacas secas sujeitas a arrefecimento (Tao et al, 2019,).

Ainda segundo Salgueiro & Almeida (2016), a produção de calor também depende do estado metabólico dos animais. No caso das vacas de leite, as suas exigências são significativamente maiores nos primeiros três meses pós-parto, quando a produção de leite está em níveis mais elevados (Coppock, 1985). Estima-se que uma vaca de alta produção transforme cerca de 31% da energia consumida na dieta em calor e que, 75% desse calor advém da produção do leite e da ingestão e digestão do alimento (Coppock, 1985). Assim, pode concluir-se que quanto maior for a produção do animal, mais calor ele terá de libertar para o meio ambiente, o que será tanto mais difícil quanto maior for a temperatura ambiente, por consequência da segunda lei da termodinâmica, onde o fluxo de calor resultante se dirige do corpo mais quente para o mais frio (Toussaint & Schneider, 1998). Assim, a taxa de arrefecimento de um corpo depende do seu poder emissivo. O fluxo de calor para o meio circundante será tanto maior, quanto maior for a área do emissor e maior for o gradiente térmico entre ele e o meio (Toussaint & Schneider, 1998).

Existem duas categorias principais de ST: crónico e agudo. O stresse crónico ocorre quando o animal está exposto a temperaturas elevadas por um longo período. O stresse

agudo, por outro lado, advém do aumento rápido da temperatura num curto período de tempo (Alagawany et al, 2017).

No caso das vacas de leite, o stresse agudo pode causar rápido aumento da temperatura corporal, que se repercute num menor bem-estar, numa rápida diminuição na quantidade de alimento ingerido e numa consequente quebra na produção de leite. O stresse crónico pode tornar-se mais grave porque amplifica essas consequências ao longo do tempo, estando também associado a maiores níveis e marcadores inflamatórios no sangue (Min et al, 2016).

O stresse térmico agudo causa um aumento acentuado no cortisol circulante, norepinefrina e epinefrina, sinais catabólicos que normalmente estimulam a lipólise e a mobilização adiposa, que se pode repercutir numa maior dificuldade de mobilização energética através dos NEFA (Bernabucci et al, 2010).

6.1. Consequências negativas do stresse térmico

Este problema acarreta muitas consequências negativas, nomeadamente nas épocas mais quentes do hemisfério Norte (Primavera e Verão), de entre as quais podemos destacar o aumento da temperatura corporal, o aumento da instabilidade ruminal e a redução do consumo de alimento, a diminuição da biodisponibilidade de energia para as funções celulares e a diminuição do metabolismo, a perda de imunidade, a alteração do equilíbrio eletrolítico do sangue e pH, a diminuição das capacidades reprodutivas, endócrinas e da produção de leite, a diminuição do bem-estar animal e em alterações comportamentais (Loyau et al., 2015; Salgueiro & Almeida, 2016; Liu et al, 2019).

Para este trabalho, serão apenas pormenorizadas as consequências negativas em relação à produção de leite e parâmetros reprodutivos (principalmente sobre a taxa de concepção), visto serem os tópicos relacionados com o objetivo do mesmo e também porque são os fatores que mais impactam a eficiência económica das explorações de leite (Polsky & von Keyserlingk, 2017).

6.1.1. Impacto sobre a produção de leite

Estes podem ocorrer de forma direta ou indireta (Salgueiro & Almeida, 2016). Indiretamente, através de uma menor ingestão de alimento, que naturalmente, se

repercutirá numa menor produção. Diretamente, é uma consequência de mecanismos e interações fisiológicas complexas. Seria de esperar que o organismo da vaca ativasse os mecanismos usuais de compensação de baixa ingestão alimentar, mobilizando as reservas adiposas com produção de ácidos gordos não esterificados (NEFA), deixando mais glicose disponível para a produção de leite. No entanto, nas vacas sujeitas a stresse térmico, o controlo endócrino do mecanismo de aclimatização limita o recurso a esta fonte energética (Salgueiro & Almeida, 2016). Assim, uma vaca em stresse térmico produz mais insulina que, sendo um importante regulador do metabolismo lipídico, terá um papel importante naquela resposta do organismo à temperatura elevada. De facto, sendo uma hormona antilipolítica, a insulina reduz a capacidade de a vaca mobilizar as suas reservas corporais de gordura, o que é crítico para a implementação dos mecanismos de poupança de glicose. Para além disso, também estimula os tecidos (principalmente muscular e adiposo) a captar glicose do meio extracelular, contribuindo para uma situação de hipoglicemia (Salgueiro & Almeida, 2016).

Devido à menor disponibilidade de NEFAs na corrente sanguínea, e também de ácidos gordos voláteis decorrentes da menor ingestão, os tecidos extra-mamários utilizam mais glicose como fonte de energia, desviando este nutriente da glândula mamária e limitando a sua capacidade de produção de leite (Baumgard & Rhoads, 2013).

As vacas secas, quando sujeitas a este stresse, apresentam uma diminuição do fluxo sanguíneo na glândula mamária relativamente às que se encontram em ambiente termoneutro, o que pode não só contribuir para o comprometimento do crescimento mamário neste período, mas ainda, através da menor perfusão sanguínea, condicionar a produção leiteira na lactação subsequente (Salgueiro & Almeida, 2016; Tao and Dahl 2013). No período pós-parto, a involução uterina destas vacas pode também estar comprometida, aumentando o tempo da mesma (Fabris et al, 2019).

Vacas a meio da lactação serão as mais prejudicadas pois são as que apresentam maiores produções de leite (Tao et al, 2020).

O aumento do THI causa diminuição da produção de leite segundo vários estudos (Bohmanova et al, 2007; West et al, 2003; Zimbelman et al, 2009) onde a perda de leite pode variar 0,13kg/dia a 0,88kg/dia, com THI compreendidos entre 72 e 83,6. Num outro estudo, vacas sujeitas a processo de refrigeração durante todo o período seco produziram

mais 4kg a 7,5kg de leite por dia do que vacas não sujeitas a esse processo (Dahl et al, 2017).

Collier et al. (1981) reportou um período de 24 a 48 horas de atraso entre temperaturas ambientais elevadas e diminuição da produção de leite. Já Linvill & Pardue (1992) indicaram que a produção de leite só começa a diminuir quando o THI excede consistentemente o valor de 74 durante 4 dias seguidos.

6.1.2. Impacto sobre os parâmetros reprodutivos

a) Problemas comportamentais:

Menores taxas de detecção de estro, por comportamentos menos exacerbados (hoje em dia cada vez menos utilizado em vacas de leite de sistema intensivo), consequência da menor produção de hormonas reprodutivas e mais apatia física decorrente do próprio mau estar causado pelo calor excessivo (Polsky & von Keyserlingk, 2017). O ST pode aumentar a secreção de ACTH, podendo bloquear o comportamento sexual induzido pelo estradiol, assim como a secreção de cortisol, o que poderia inibir a libertação de GnRH e LH, afetando o eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (Hein & Allrich, 1992). O aumento destas secreções podem levar a uma luteólise prejudicada, à dominância folicular alterada e ovulação interrompida (Hein & Allrich, 1992).

b) Alterações das ondas foliculares, dos folículos e do oócito:

Diminuição precoce do número de folículos dominantes durante a primeira onda folicular (Wolfenson et al, 1995), resultando em menos folículos passíveis de dominância mas com um tamanho superior ao normal. Assim, na segunda onda folicular, vacas em ST apresentam menos folículos pequenos e médios e também menor número de folículos médios em relação à primeira onda (Wolfenson et al, 1995).

Wilson et al (1998) concluiu que apenas 18% das vacas em ST apresentaram segunda onda folicular, em contraste com 91% em vacas termoneutras. Observa-se uma alteração do tamanho do folículo ovárico, expressa por um crescimento precoce e de duração prolongada, com aumento da fase de recrutamento e redução da dominância do folículo pré-ovulatório, havendo também um aumento no número de folículos grandes, principalmente na segunda onda folicular (Wolfenson et al, 1995).

Embriões menos competentes, por consequência de um atraso nas duas primeiras divisões embrionárias, de alterações na membrana lipídica do blastocisto (Zeron et al, 2001) e por serem originários de oócitos libertados por folículos mais velhos, resultando numa redução no número de embriões desenvolvidos até o estágio de blastocisto, no conjunto da exploração, como descreveu Roth (2020a).

Alguns estudos mostraram que uma pior qualidade dos oócitos está entre os principais fatores determinantes da infertilidade em vacas submetidas a ST (Ferreira et al, 2011; Gendelman et al, 2010; Shehab-El-Deen et al, 2010).

c) Perdas de gestação;

Mortalidade embrionária precoce, segundo Kasimanickam & Kasimanickam (2021), pode estar associada a um crescimento deficiente dos embriões, que se encontram em menores dimensões que o esperado para o 16º dia pós-concepção, e por isso são incapazes de produzir a quantidade necessária de interferon-tau, comprometendo desse modo o mecanismo de reconhecimento da gestação materno (De Rensis et al, 2015). Segundo De Rensis e Scaramuzzi (2003) e De Rensis et al (2015), a alteração do ambiente uterino provocada pelo ST pode comprometer o fluxo sanguíneo ao útero e aumentar a sua temperatura local. Como o embrião é muito sensível ao calor durante os primeiros dias após a fecundação, o choque de calor pode comprometer o seu desenvolvimento, nomeadamente a sua capacidade para inibir a secreção endometrial de PGF2 α , levando à destruição precoce do corpo amarelo e à consequente interrupção da gestação.

A mortalidade embrionária tardia, que geralmente atinge um pico pouco depois dos 50 dias de gestação (De Rensis et al, 2015), está muito associado a uma fraca interação e ligação entre o útero e o embrião na altura da implantação na parede uterina, por consequência do ST, que acabará por causar uma maior probabilidade de perda da gestação (De Rensis et al, 2015).

O risco de aborto na estação quente é 3,7 ou 5,4 vezes mais provável para vacas com filhos únicos ou gémeos, respetivamente, em comparação com o risco em período frio (López-Gatiús et al, 2004).

Segundo (Domínguez et al, 2005), por cada aumento de uma unidade de THI a partir de 72, a taxa de gestação decresce 1,03%, existindo uma forte relação entre o aumento do THI e a perda gestacional (Domínguez et al, 2005; Khan et al, 2013).

d) Alterações dos parâmetros reprodutivos e no parto/pós-parto;

Menores taxas de concepção (Hansen, 2019; Negrón-Pérez et al, 2019; Polsky & von Keyserlingk, 2017; Roth, 2020a; Schüller et al, 2014; Wang et al, 2020) observam-se na sequência das alterações ocorridas nos vários órgãos ou tecidos implicados nos processos reprodutivos, que foram descritos ao longo do trabalho, como as alterações nos folículos e oócitos, na alimentação e consequente aporte energético dos tecidos e células, alterações no ambiente uterino e na implantação do embrião na parede uterina e nos níveis das hormonas reprodutivas.

Podem ocorrer gestações mais curtas (a seguir ao período de stresse térmico), com bezerros de menor peso ao nascimento (Fabris et al, 2019), por consequência da dificuldade de aporte energético adequado por parte da vaca para suprimir as grandes necessidades recorrentes do maior crescimento do feto nos últimos dois meses de gestação, assim como menos ganhos diários do bezerro após o nascimento (Tao & Dahl, 2013).

Podem ocorrer aumentos de casos de distocia, paralisia pós-parto, do número de nados mortos ou bezerros fracos e inflamação da membrana mucosa uterina (Herbur et al, 2018), muito relacionados com um menor aporte sanguíneo através do cordão umbilical, resultando numa menor qualidade da placenta, com menores dimensões e consequentemente com menor aporte energético e sanguíneo (nutrientes e oxigénio) para o feto (Wang et al, 2020).

O ST também pode provocar perda de competência imunitária nos bezerros por falhas na transferência de imunidade passiva, resultante de uma possível menor quantidade de imunoglobulina G no colostro ou numa menor capacidade intestinal do bezerro de absorver (Monteiro et al, 2014). Também podem apresentar uma menor capacidade na proliferação dos linfócitos (Dahl et al, 2016).

e) Alterações nos espermatozoides:

Podem ocorrer algumas alterações nestas estruturas, nomeadamente a diminuição da concentração e motilidade dos espermatozoides (Rahman et al, 2018) e o aumento das anormalidades morfológicas e uma condensação anormal da cromatina (Negrón-Pérez et al, 2019; Roth, 2020a).

f) Alterações nas hormonas reprodutivas:

O stresse térmico pode afetar negativamente alguns tecidos e órgãos, impedindo-os de manter a normal produção de algumas proteínas e hormonas reprodutivas, resultando numa mais baixa fertilidade (Putney et al, 1988).

Pode também haver alterações na regulação hormonal do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, onde ocorre uma diminuição da produção de estradiol no folículo pré-ovulatório causando uma diminuição dos níveis de LH e um aumento dos folículos médios (6-9 mm) associado a perda de folículos dominantes, provocam uma redução da inibina e um aumento dos níveis de FSH (Roth, 2020a), que podem prejudicar a cascata de eventos que leva à ovulação, que por sua vez pode levar à formação de folículos persistentes e/ou quistos. Também poderá estar associada a maiores taxas de gestações gemelares durante o Verão (Roth, 2020a; Schüller et al, 2014).

Resumindo, o stresse térmico afeta o comportamento de cio, o normal desenvolvimento dos folículos e do embrião, a normal maturação do oócito e a desregulação endócrina das hormonas estrais, com consequentes perdas embrionárias, períodos de anestro pós-parto mais longos, menores taxas de conceção e gestação subsequente mais curta. Nos machos diminui a concentração espermática e a sua motilidade, assim como o aumento das anomalias morfológicas e uma condensação anormal da cromatina.

Neste caso em concreto, o foco será na influência que o stresse térmico tem na taxa de conceção, dando assim ênfase a esse tópico no próximo ponto.

6.1.2.1. Impacto na taxa de conceção no Verão

O principal impacto do stresse térmico na taxa de conceção é a sua diminuição, com consequentes perdas e ineficiências reprodutivas, que causarão prejuízos económicos às explorações (Schüller et al, 2014).

A TC pode ser afetada em diferentes alturas do manejo reprodutivo da vaca, podendo considerar-se dois referenciais, o parto e o dia da primeira inseminação, onde em cada um se considera o período anterior e posterior (Schüller et al, 2014)

Bittante et al (2020) verificaram que o stresse térmico não tem impacto significativo nas novilhas, possivelmente pela não existência de produção de leite e consequente balanço energético negativo. Em animais adultos, as taxas de concepção são cerca de 50% inferiores em Julho e Agosto comparativamente a Janeiro do mesmo ano.

O maior impacto negativo do stresse térmico sobre a taxa de concepção foi registado 21 a 1 dias antes da inseminação (Schuller et al, 2014); quando o índice médio de temperatura e humidade (medidor indireto) foi de 73 ou mais neste período, a taxa de concepção diminuiu de 31% para 12%.

Em Espanha, García-Ispuerto et al (2007) observaram uma redução média de 23% na TC no Verão em relação aos valores normais ou esperados. Estes autores apresentam ainda uma TC de 27,9% no período quente e 35% nos períodos mais frescos. Também Nanas et al (2021), num estudo realizado na Grécia, verificaram que a TC foi 10% a 15% maior no Inverno em relação ao Verão.

Schüller et al (2014), numa análise comparativa entre o índice temperatura-humidade e a taxa de concepção, mostraram que quanto maior for o THI, mais baixa será a TC. Neste estudo, o THI variou de 41 a 79 (tendo sido o limiar de 68 para definir stresse térmico), com uma TC de 30,4% e 10,5%, respetivamente. Esta queda é mais significativa a partir do THI de 72, onde ainda se registou uma TC de 24,02%. No mesmo estudo, também se verificou que quanto mais horas por dia eram passadas com valores THI elevados (o estudo considerou o valor de 73 por ser o mais relevante estatisticamente), maior era a diminuição da TC, variando de 31,9% a 19,61%, para exposição de 0 horas ou 24 horas, respetivamente, sendo que a queda se tornou mais relevante a partir das 9 horas. Também se afirma que basta 1 hora a valores de THI iguais ou superiores a 73 para o valor da TC descer 5% (Schüller et al, 2014).

Ainda segundo Schüller et al (2014), a TC varia de acordo com o período de tempo a que as fêmeas foram sujeitas a stresse térmico em relação ao dia da IA, ou seja, vacas sujeitas a THI médio de 73 no dia da inseminação/cobrição tiveram uma TC 39% menor que vacas

sujeitas a THI mais baixos. Assim como animais sujeitos a THI maior ou igual a 73 no período de 42 dias antes da inseminação/cobrição ou 31 dias após a mesma, tiveram uma TC 31% e 36% menor em relação a vacas sujeitas a valores de THI menores, respetivamente. Naquele estudo, os períodos mais sensíveis a este efeito negativo foram os de 21 dias antes até à inseminação/cobrição e desta até 21 depois, onde as taxas de conceção de vacas sujeitas a THI maiores ou iguais a 73 foram 61% e 48% menores, respetivamente, em relação a vacas sujeitas a valores de THI mais baixos.

Vacas sujeitas a THI maiores ou iguais a 73, durante o período de 2 dias antes e 3 dias depois da IA, obtiveram TC 36% a 43% menores, respetivamente, em relação a vacas sujeitas a THI menores (Schüller et al, 2014).

Outro estudo feito em Israel por Wolfenson & Roth (2019), mostrou que para um período de 18 anos (2000-2017), a TC média no Inverno foi de 42,6% e no Verão de 27,7% (gráfico 3).

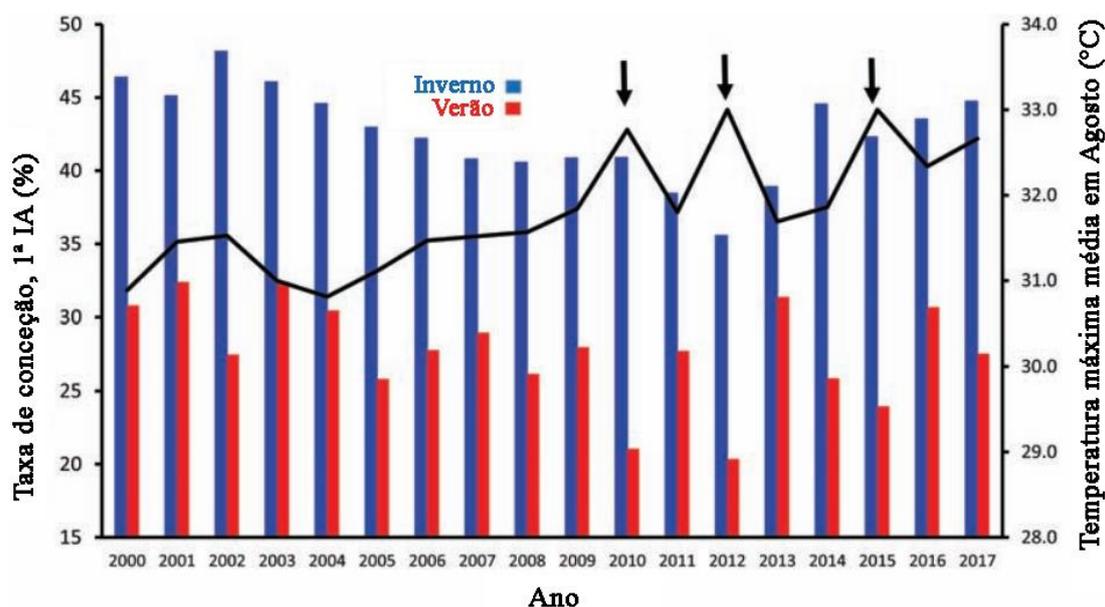


Gráfico 3 – Comparação de valores da taxa de conceção entre Inverno e Verão, entre 2000 e 2017 em vacas de leite.

Fonte: Traduzido de Wolfenson & Roth (2019).

Flamenbaum & Galon (2010) identificam vários estudos realizados em Israel que encontraram diferenças significativas nas taxas de conceção de Inverno e Verão, com registos de TC entre 36% e 56% e entre 3% a 34%, respetivamente. Foi também

demonstrado que o nível de produção da vaca não afeta muito a TC no Inverno, mas que exerce uma maior influência no Verão, onde até produções mais baixas provocam uma diminuição da TC. Ainda neste contexto, a TC é afetada pelo tipo sistema de arrefecimento utilizado; comparando estábulos sem sistema de refrigeração, estábulos com sistema de refrigeração por circulação de ar e estábulos com sistema de refrigeração por circulação de ar e aspersores de água, verificou-se que apresentavam uma TC de 15%, 34% e 34%, respectivamente (Flamenbaum & Galon (2010)).

6.1.2.2. Impactos na taxa de concepção no Outono

Alguns autores afirmam que a TC continua a ser afetada após os meses mais quentes, quando o stresse térmico já não se verifica, por consequência das alterações fisiológicas negativas a que os ovários e folículos foram sujeitos na altura do stresse térmico e também pelo fraco desenvolvimento e qualidade do blastocisto, como explicado anteriormente, sendo por isso necessário dar tempo ao sistema reprodutor para recuperar. Stojanov et al (2020) referem que são necessários 2 ou 3 ciclos éstricos para que os oócitos produzidos se tornem fisiologicamente e anatomicamente competentes novamente após o final do período de stresse térmico.

Tanto Negrón-Pérez et al (2019) e Roth et al (2001) defendem que são necessários cerca de dois meses (3 a 4 ciclos éstricos) após o ST para que a fertilidade do efectivo volte aos valores esperados. Roth et al (2001) referem ainda que as vacas do grupo de controlo ainda não tinham recuperado os parâmetros reprodutivos normais no início do Inverno (Dezembro).

No estudo Roth et al (2001), foram calculadas as taxas de concepção de Junho a Janeiro do ano seguinte, apresentando TC de 32% no primeiro mês e de 44% no último mês. Deve ainda destacar-se que o mês de Agosto, tipicamente o mais quente, apresentou uma TC de 6% e que apenas em Novembro, a TC alcançou valores semelhantes (30%), aos obtidos antes do Verão.

Segundo Wolfenson et al (2000), taxas de concepção de vacas leiteiras de alto rendimento caem de 45% no Inverno para cerca de 20% durante o Verão e para 23% e 29% em Outubro e Novembro, respectivamente.

6.1.2.3. Outros fatores com impacto na taxa de concepção

a) Paridade

Num estudo feito por Chebel et al (2004), as vacas primíparas obtiveram uma taxa de concepção 13% maior do que as vacas múltíparas (27,4 e 24,1, respetivamente). Noutro estudo feito por Tenhagen et al (2004), vacas primíparas obtiveram valores médios de TC 24,13% superiores em relação a vacas múltíparas. Esta ocorrência pode dever-se ao maior risco que estas últimas apresentam de problemas ou doenças no período pós parto inicial, como maior riscos de alterações metabólicas por balanço energético negativo e alterações reprodutivas, que afetam a fertilidade.

A paridade parece não afetar negativamente a taxa de concepção durante os períodos quentes (Astiz & Fargas, 2013). Segundo o mesmo autor, essa conclusão obtida num estudo por ele realizado é consistente com a informação disponível na época.

b) Fase de lactação

A fase de lactação também influencia a taxa de concepção. A curva de lactação pode ser dividida em quatro partes: 1- fase inicial (0 a 3 meses), onde ocorre o pico de lactação e onde a produção média é mais elevada; 2- fase intermédia (4 a 7 meses), onde começa a haver um pequeno decréscimo constante na produção e início de recuperação de peso corporal; 3- fase tardia (8 a 10/12 meses), onde a produção de leite baixa bastante e a condição corporal começa a aumentar. O seu final depende do estádio gestacional da vaca; 4- período seco (> 10/12 meses), onde a vaca é retirada da produção de leite (Tenhagen et al, 2004)

Segundo Spiers et al (2004), vacas de maior produção são mais desafiadas pelo stresse térmico do que animais de menor produção; também as vacas em lactação têm maior sensibilidade ao stresse térmico em comparação com vacas não lactantes ou secas (Chebel et al, 2004; Polsky & von Keyserlingk, 2017; Purwanto et al., 1990). O mesmo foi descrito por Flamenbaum & Galon (2010).

c) Tipo de protocolo de IA

Os diferentes protocolos de sincronização podem apresentar diferentes taxas de concepção, onde normalmente, protocolos com pré-sincronização são associados a TC mais elevadas

(Giordano et al, 2016). Neste trabalho, os protocolos utilizados foram um *Presynch* (G6G + *Ovsynch*) para primeira inseminação e o *Ovsynch* + CIDR para as restantes. Num estudo feito por Azevedo et al (2014b), a taxa de concepção obtida para um protocolo *Ovsynch* foi de 33,3% e para um *Ovsynch* + CIDR foi de 40,3%. Segundo Azevedo et al (2014b), a TC obtida com o *Ovsynch* foi de 19,8% a 33%, enquanto para o *Ovsynch* + CIDR variou entre 29,0% e 45,1%.

Num estudo publicado por Nowicki et al (2017), a taxa de concepção foi maior em vacas não tratadas com CIDR (45%) em relação ao grupo com CIDR (40,5%). No entanto, o mesmo autor cita outros estudos que mostram o contrário. Apesar de diferenças significativas nem sempre se verificarem, existe uma tendência geral para haver melhores resultados com a utilização do protocolo *Ovsynch* + CIDR progesterona (Azevedo et al, 2014b). Ainda neste estudo, a TC não foi influenciada negativamente pelas temperaturas mais elevadas no Verão.

Quanto à comparação entre o G6G + *Ovsynch* e o *Ovsynch* + CIDR, um estudo feito por Abdelrazek & Khalil (2019), não evidenciou diferenças significativas entre os dois protocolos, apresentando uma taxa de gestação de 34,57% para o primeiro e 36,98% para o segundo. No entanto, esta comparação é difícil de fazer porque um protocolo é usado apenas em vacas em anestro após o parto e o outro para novas inseminações após falha na primeira.

d) Número de serviços por vaca

O número de estudos encontrados a esse respeito é praticamente inexistente. Bittante et al (2020) não encontraram uma relação significativa entre o número de serviços (1, 2, 3 e 4 ou mais) com a taxa de concepção, apesar de poder ser eventualmente observada na prática porque quanto maior for o número de inseminações, menor tende a ser o nível de produção de leite da vaca, havendo assim uma errada interpretação dos dados (ou seja, o aumento da TC ocorreria pelo estado avançado na curva de lactação e não propriamente pelo número de serviços já realizados).

6.2. Soluções para atenuar o stresse térmico

Tendo em conta que o aumento da produção leiteira numa vaca, por consequência do desenvolvimento genético e do manejo animal e alimentar no setor, tem influência

negativa na capacidade da vaca atenuar fisiologicamente o stresse térmico a que está sujeita, foi e continua a ser essencial encontrar soluções para ajudar os animais a recuperarem a sua condição normal, a fim de manter e evoluir o sistema de produção leiteiro para patamares superiores em relação à eficiência e desenvolvimento do bem-estar animal e crescimento económico (Cartwright et al, 2023). Na figura 15, pode ser observado um esquema que resume as áreas de intervenção mais importantes a ter em conta para mitigar este problema. Alguns destes tópicos serão desenvolvidos a seguir.

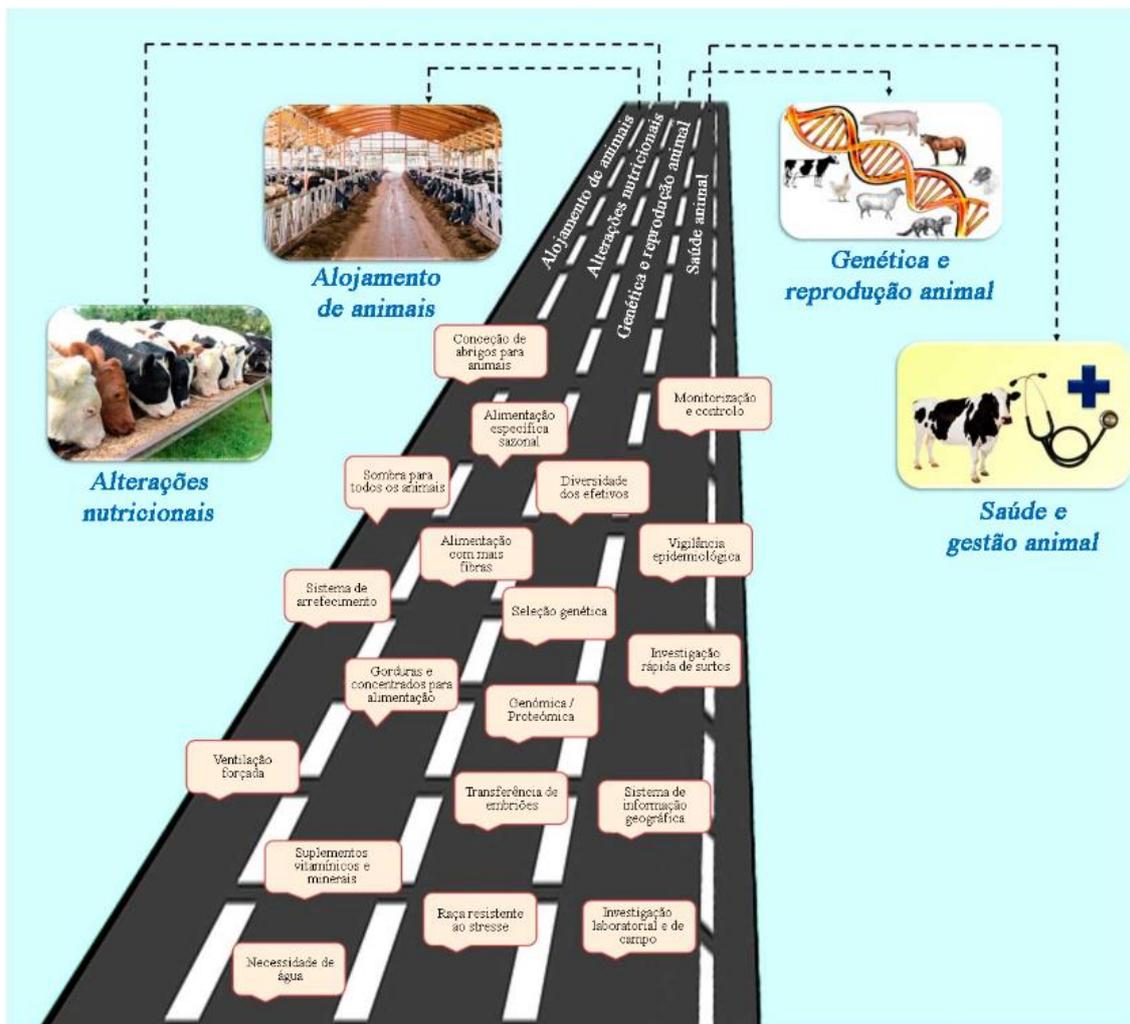


Figura 15 – Resumo de soluções para atenuar o stress térmico em vacas leiteiras.
 Fonte: Traduzido de Nguyen et al (2016).

6.2.1. Previsão de meteorologia local e histórico da exploração

Segundo Herbut et al (2018), é essencial a exploração acompanhar a meteorologia de forma preventiva, com o intuito de saber quando as condições temporais serão mais favoráveis à ocorrência de stresse térmico nos animais, possibilitando a tomada de medidas adequadas para mitigar os seus possíveis efeitos. Também a análise do histórico reprodutivo e produtivo da exploração nos anos anteriores, principalmente nos períodos onde a sua ocorrência é mais provável, podem permitir ao produtor prever que épocas poderão ser mais suscetíveis e o seu real impacto.

6.2.2. Melhoramento genético

Num estudo realizado por Nguyen et al (2016), foi demonstrado ser possível melhorar, através de seleção genética, a tolerância ao calor e humidade por parte de vacas leiteiras. No entanto, esta melhoria deve ser acompanhada da manutenção ou também da melhoria noutros aspetos de produção e reprodução, com fim a otimizar todo um sistema e não a melhorar um lado em detrimento de outro.

A seleção de vacas com pelo mais curto e pelagem mais clara pode ser importante (Hansen & Aréchiga, 1999).

6.2.3. Sistemas de refrigeração

O recurso a sistemas de refrigeração e a combinação de vários tipos de sistemas são das práticas mais utilizadas nas vacarias porque têm uma boa capacidade de renovação de ar e de o manter a circular, permitindo diminuir a sua temperatura.

Telhado e sombreamento

É muito importante ter áreas de sombra extensas (Ji et al, 2020), e que assim estejam todo o dia, de modo a que o solo se mantenha fresco com o decorrer das horas. Esta medida é apenas aplicável em vacarias semi-intensivas, onde as vacas podem estar em lotes exteriores.

O fornecimento de sombra às vacas sob condições de stresse térmico é um componente essencial para atenuar o calor e resulta num aumento de 19 para 24% de animais a

ruminar, maior produção de leite e diminuição da temperatura corporal em comparação com animais sem sombra (Polsky & von Keyserlingk, 2017).

Também a arquitetura dos edifícios, assim como o *design* do telhado (com aberturas para saída de ar quente) e o tipo de material do teto são fatores a ter em conta (Shoshani & Hetzroni, 2013). A direção habitual do vento e da luz solar também são pontos importantes num projeto de uma instalação.

Arrefecimento das camas

Visto que as vacas passam grande parte do tempo deitadas nas camas, o arrefecimento das mesmas permite uma maior transferência de calor da vaca para o material da cama. Assim, Ji et al (2020), referem que as vacas preferiram deitar-se em calcário moído, ao invés de areia, tapetes de borracha ou aparas de madeira, pelo facto do mesmo ser mais frio. Noutro estudo de Herbut et al (2018), que as vacas preferiam estar deitadas no estrume do chão da vacaria do que nos tapetes de borracha. No entanto, situações destas devem ser evitadas por causa da exposição do úbere, da vulva/vagina e dos cascos, a condições de higiene precárias que podem originar o aparecimento de doenças nos animais.

Uma alternativa referida, foi um estudo apresentado por Perano et al (2015), onde se implementou um sistema de refrigeração das camas através de água fria, tendo sido obtida uma produção de leite quase 5% superior, uma ingestão de matéria seca 14% maior e uma diminuição da frequência cardíaca em 18 bpm, em relação a vacas sem acesso a esse sistema.

Ventilação e refrigeração por evaporação

Uma boa ventilação ajuda a manter um ambiente mais fresco dentro da vacaria e também melhora a qualidade do ar. Pode ser natural, com sistema de pressão positiva, de pressão negativa ou uma combinação de ambos (Mondaca, 2019). A velocidade de circulação de ar de 0,85 a 1,5 metros por segundo parecem ser as mais adequadas (Mondaca, 2019).

Também podem ser utilizados aspersores, sobretudo junto às áreas de alimentação ou em locais onde as vacas estejam em pé, para não se molharem as camas. Este sistema tem a desvantagem de aumentar a humidade do ar e de gastar uma quantidade de água muito

grande, podendo chegar de 3.650 a 15.500 litros por vaca no Verão (Ji et al, 2020) ou 14 000 litros de água/dia (com um caudal de 2L/min durante 5 minutos para um pavilhão de 40 metros) para refrescar 60 vacas (Toledo et al, 2021).

Num estudo comparativo entre sistemas, concluiu-se que sistemas de refrigeração por ventilação e aspersão eram os mais eficazes, tendo um aumento médio de 4,1kg de leite por vaca por dia, enquanto sistemas apenas com ventilação se ficaram por 0,4/0,8 kg de leite por vaca por dia. Sistemas com resfriamento das camas por água obtiveram um aumento de 2,1kg de leite por vaca por dia (Grant, 2012).

Segundo Toledo et al (2021), os sistemas de ventilação em túnel ao nível dos animais são melhores que os sistemas de ventilação e aspersão, para reduzir os efeitos negativos do stresse térmico. No entanto, essa diferença só é significativa se o pavilhão com a ventilação em túnel for original, visto que adaptações desse sistema parecem não surtir diferenças positivas. Assim, o próprio *design* dos pavilhões também é importante para dispersar o calor mais facilmente.

6.2.4. Maneio alimentar

Um manejo nutricional adequado em conjunto com sistemas de refrigeração torna-se uma estratégia mais eficaz para combater o stresse térmico (Min et al, 2019).

Segundo Min et al (2019), existem sete tipos de estratégias nutricionais mais interessantes, onde se inclui a gordura dietética, fibra dietética, aditivos microbianos dietéticos, minerais, vitaminas, tampão de iões metálicos e extratos de plantas.

Gordura dietética

Pode-se substituir parte dos carboidratos fermentescíveis por algumas gorduras, como ácidos gordos saturados (AGS), gordura de peixe hidrogenada (GPH), sais de cálcio de ácidos gordos ou óleo de sementes. Neste mesmo estudo, a adição de AGS na dieta reduziu a temperatura retal nas horas mais quentes do dia, aumentou a produção de leite em 2,2kg/dia/vaca e melhorou os níveis de proteína e gordura do leite.

A adição de 200g/vaca/dia de GPH, aumentou a produção de leite em 2,5l/vaca/dia, assim como os níveis de proteína e gordura no leite (Gallardo et al, 2001).

A adição de sais de cálcio de ácidos gordos poderia ajudar na resposta imunitária e na redução do calor produzido pelo animal (Moallem et al, 2010). Assim como óleo de sementes (como a linhaça), poderia também melhorar as respostas do sistema imunitário (Caroprese et al. 2009).

Fibra dietética

Deve ser aumentada a quantidade de fibra de detergente neutro (NDF) não volumosa na dieta (por exemplo pela adição de polpa de beterraba ou milho triturado), para melhorar a digestibilidade da mesma sem alterar muito o volume total. Também aumenta a produção de leite e de gordura no mesmo (4%) (Kanjanapruthipong et al, 2010).

Aditivos microbianos

Podem melhorar a fermentação ruminal e a aumentar digestibilidade da comida, permitindo absorver mais nutrientes para a produção de leite. A suplementação com culturas de *Saccharomyces cerevisiae* pode reduzir a temperatura retal e melhorar a produção de leite (Dias et al, 2018). Noutro estudo, a suplementação com leveduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae*), na dose de 1g/dia/vaca, no início da lactação aumentou a eficiência de conversão alimentar, traduzindo-se numa maior quantidade de leite produzido (Perdomo et al, 2020).

Minerais e vitaminas

A suplementação com 4-6g/vaca/dia de crómio (Cr) pode melhorar a produção de leite e a performance reprodutiva. O selénio (Se), numa dose de 278mg/kg/vaca/dia pode equilibrar o potencial redox e melhorar o metabolismo, resultando numa melhor função imunitária, qualidade do leite e saúde da vaca (Sejian et al, 2012). O zinco (Zn), em doses de 35/40 mg/kg/vaca/dia pode promover uma melhor integridade do epitélio da glândula mamária.

A vitamina A, em doses de 100.000 UI/vaca/dia, pode melhorar o sistema imunitário, reduzir as células somáticas no leite e diminuir o número de IA até a vaca conceber (Min et al, 2019). A niacina (vitamina B3), aumenta a resistência ao stresse térmico por induzir maior vasodilatação cutânea e fluxo sanguíneo (Di et al, 1997). Em doses de 12g/vaca/dia,

pode melhorar a produção de leite e diminuir os efeitos de ST no animal (Wrinkle et al, 2012).

Tampão de iões metálicos

É necessário adicionar sódio (Na⁺) e potássio (K⁺) na dieta (na forma de um tampão) para compensar uma redução no consumo de ração (quando os animais não atingem o mínimo de ingestão diária destes iões) e perdas por aumento da sudorese (Sanchez et al, 1994).

Extratos de plantas

A suplementação com 0.25 g/kg/vaca/dia de *Radix bupleuri* pode diminuir a temperatura corporal eficazmente e aumentar a produção de leite (Pan et al. 2014).

Em qualquer situação, o acesso a água *ad libitum*, em boa quantidade e de qualidade, é essencial.

As vacas estabuladas em pavilhões de laterais abertas com iluminação natural preferem comer nas horas imediatamente antes e depois do amanhecer, bem como nas horas imediatamente antes do anoitecer, principalmente no Verão. Assim, para maximizar a ingestão de matéria seca, dever-se-á fornecer a alimentação quando os animais querem comer e não só quando é conveniente alimentá-los. Deste modo, a ingestão de matéria seca será maximizada e a maior parte do calor de fermentação irá ser produzido durante as horas mais frescas da manhã e no início da noite (West, 1999).

6.2.5. Maneio hormonal

A redução da fertilidade nas vacas leiteiras durante os períodos de ST pode estar associada com a baixa concentração de progesterona plasmática. O alívio do stresse térmico através dos métodos de arrefecimento é um pré-requisito para melhorar a fertilidade recorrendo ao tratamento hormonal (Friedman et al, 2012).

O stresse térmico afeta o sucesso reprodutivo da vaca por causa dos seus efeitos diretos no ovário, útero, embrião e nas fases inicial de desenvolvimento do feto. Quando o controlo ambiental não está acessível ou disponível, podem ser aplicados tratamentos

hormonais para estimular a função ovárica, favorecendo assim a fertilidade e a manutenção da gestação (De Rensis, 2015).

O tratamento hormonal ideal para combater os efeitos do ST deve ter três características básicas: deve ser adequado para uso em vacas em programa de inseminação em tempo fixo, deve resolver o anestro (incluindo quistos ováricos) e deve ser de curta duração (De Rensis, 2015).

A colocação de um dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR), a partir do dia 5 ± 1 após IA, durante duas semanas, teve um efeito substancial sobre a taxa de concepção de subpopulações de vacas, em especial nos animais com baixo nível de condição corporal ou com problemas reprodutivos no pós-parto, particularmente no Verão (Roth, 2020b).

Num estudo realizado por Stojanov et al (2020), uma injeção de GnRH 5 dias após IA permitiu criar uma ovulação e desenvolver um corpo lúteo acessório, que secretaria progesterona naturalmente, podendo assim aumentar a taxa de concepção e reduzir o número de perdas gestacionais.

Tem sido sugerida a administração de uma dose única de GnRH no início do estro, isto é, coincidindo com a secreção do pico endógeno de LH, para formar um pico pré-ovulatório de LH. Uma única dose de análogo de GnRH administrada 2 a 3 h após o início de estro aumentou as taxas de concepção em vacas com ST (Kaim et al, 2003).

A indução de três ondas foliculares consecutivas através de injeções de GnRH e $\text{PGF2}\alpha$, antes da IA, melhorou a taxa de concepção durante o Verão e Outono. O efeito foi maior em vacas primíparas e em vacas com alto nível de condição corporal pós-parto (Friedman et al., 2011). Outro estudo semelhante mostrou que quando vacas primíparas com 50 a 60 dias de lactação foram tratadas com administração repetida de GnRH e $\text{PGF2}\alpha$ para induzir três ondas foliculares consecutivas de 9 dias, o tratamento aumentou a taxa de concepção e a percentagem de vacas gestantes aos 120 dias de lactação (Roth et al, 2004). Esses resultados indicam que o controlo das ondas foliculares com GnRH e $\text{PGF2}\alpha$ pode melhorar a reprodução de vacas leiteiras durante o Verão e Outono subsequente (De Rensis, 2015).

Iniciar o protocolo *Ovsynch* 6 dias após o estro durante os primeiros 40 dias pós-parto em vacas leiteiras sob ST resultou numa maior taxa de concepção em comparação com vacas

recebendo um protocolo *Ovsynch* iniciado em estádios aleatórios do ciclo éstrico (Dirandeh, 2014).

O uso de gonadotrofina coriônica humana ou equina nos protocolos de IA ou alguns dias após a mesma podem melhorar as taxas de concepção, de gestação e diminuir o número de gestações gemelares (De Rensis, 2015).

Tratamentos com antioxidantes, como a melatonina, no Verão anterior ao parto, melhorou o desempenho reprodutivo na lactação subsequente (De Rensis, 2015; Garcia-Ispuerto et al, 2013).

Também se pode utilizar a transferência de embriões no dia 8 após IA, quando o embrião já não é tão sensível ao calor, com a ressalva de que a vaca recetora tem de estar com normotermia (Roth, 2020b).

Resumindo, o manejo para atenuar as consequências negativas do stresse térmico durante o Verão deve passar por combinações de sistemas de refrigeração eficazes com manejo alimentar e hormonal adequados, bem como seleção genética de animais mais resistentes ao calor que não percam capacidades para outros parâmetros reprodutivos.

7. Evolução da Temperatura Global

A temperatura média global tem aumentado mais regularmente desde cerca de 1960, sendo em 2020, 1,26°C (intervalo de 1,12 a 1.37 °C) mais elevada. No entanto, como a superfície terrestre aquece mais que os oceanos, o aumento real da temperatura terrestre foi de 1.59 (1.34 a 1.83) °C (Intergovernmental Panel on Climate Changes [IPCC], 2021).

No gráfico 4, podem observar-se os incrementos de temperatura para este intervalo de tempo.

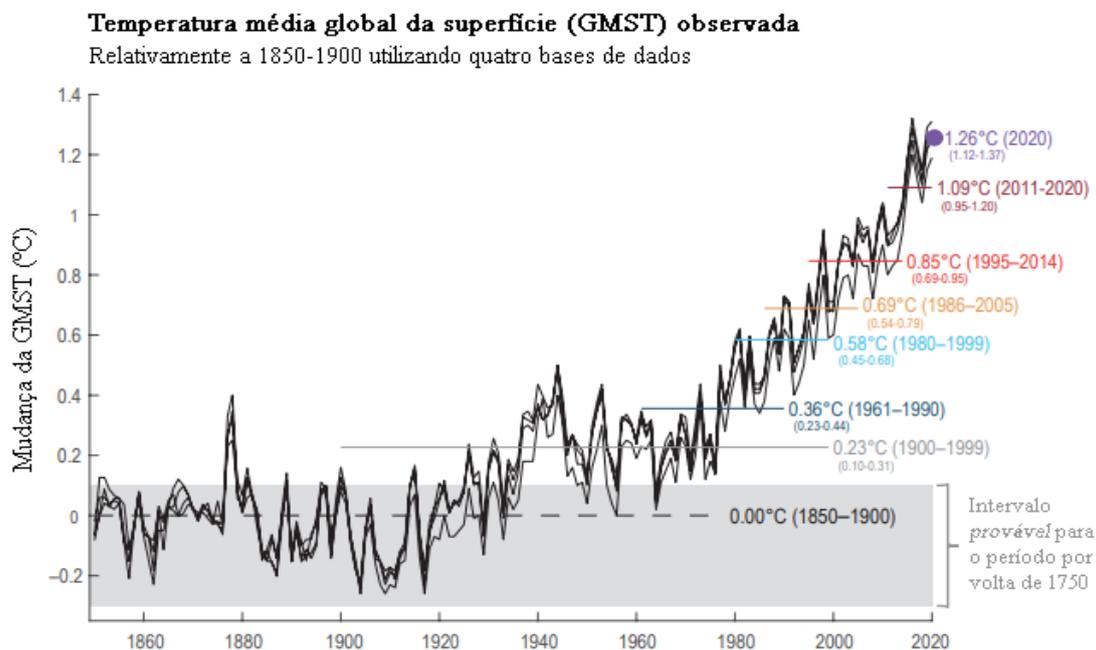


Gráfico 4 – Anomalias da temperatura média da superfície do planeta desde 1850.
Fonte: Traduzido de IPCC (2021).

O aumento da temperatura média global pode ter impactos negativos na produção animal, nomeadamente na menor facilidade ao acesso de água e alimento, aumento de vetores transmissores de doenças e microrganismos patogénicos, aparecimento de novas doenças e aumento do stress térmico, causador de uma diminuição das taxas de concepção, de um metabolismo alterado e de mortalidade aumentada (FAO, 2018).

A vulnerabilidade deste setor depende sobretudo do nível de exposição a que está sujeito, ou seja, depende do país onde está e do tipo de clima onde se encontra, da sua capacidade económica e tecnológica, assim como do seu nível de desenvolvimento (FAO, 2018).

Estes prejuízos na produção, refletir-se-ão invariavelmente numa menor disponibilidade de alimentos para consumo humano, que pode dificultar o acesso a alimentos em quantidade e qualidade suficientes por parte das pessoas, dependendo do país e do nível económico de cada um, e num aumento de certas doenças zoonóticas que contribuirão para uma pior qualidade de vida e diminuição do bem-estar, quer humano quer animal.

7.1. Evolução da Temperatura em Portugal

Em 1931, a temperatura média anual em Portugal foi de 14,21°C. Em 2020, foi de 17,12°C, como se pode ver no gráfico 5.

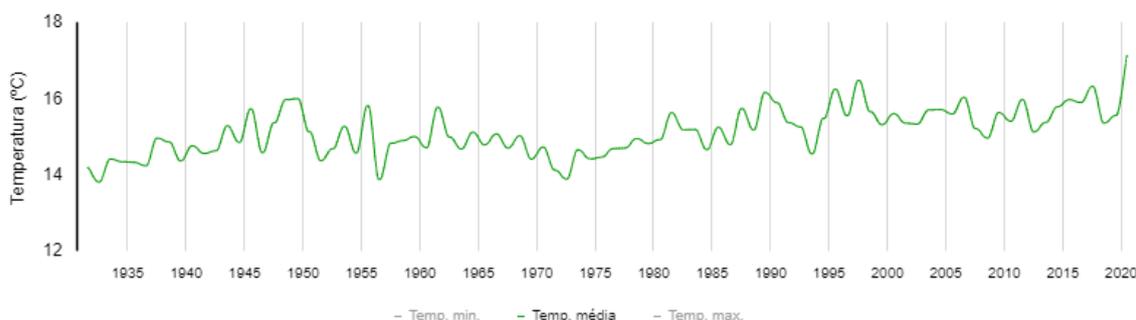


Gráfico 5 – Evolução da temperatura da superfície terrestre em Portugal desde 1931.
Fonte: IPMA.

No entanto, para observar se a temperatura tem aumentado nos últimos anos, importa analisar as variações de temperatura em relação à média reportada para 1971-2000, indicada pelo IPMA (2023a). Assim, pode constatar-se no gráfico 6, que tem sido notada uma tendência para variações positivas de temperatura desde 1986 até 2020, indicando anos mais quentes em relação à média da anomalia.

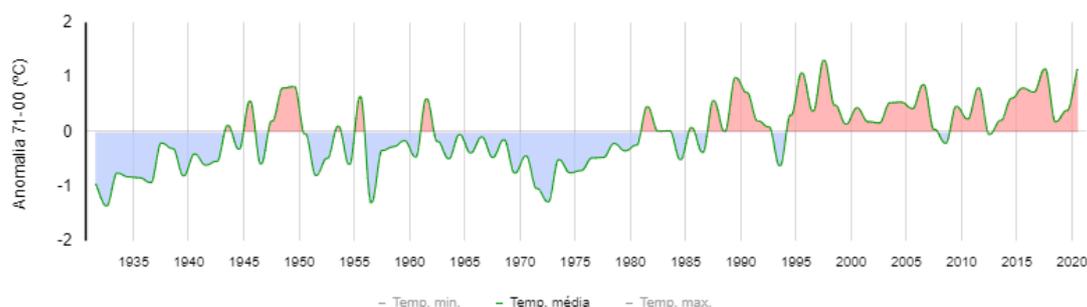


Gráfico 6 – Anomalias da temperatura da superfície terrestre em Portugal desde 1931.
Fonte: IPMA.

No entanto, para o tema deste trabalho, importa mais realçar as temperaturas durante o Verão, no qual se engloba os meses mais quentes (consideremos os meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro) para o Distrito de Castelo Branco, onde está inserida a exploração analisada neste trabalho. Segundo dados do IPMA (2023a), o Distrito de Castelo Branco acompanha a tendência nacional em relação ao aumento de temperatura

média anual, principalmente desde 1994 até 2018, o último ano com dados disponíveis, sendo que durante os meses de Verão, existe uma tendência para a temperatura média máxima ser superior à média máxima anual da anomalia, onde de 2000 até 2018, a variação das temperaturas máximas anuais foi, em média, 0,826°C, enquanto a variação de temperatura máximas anuais dos meses de Verão foi, em média, 1,248°C. Com isto, pode deduzir-se que existe uma tendência nos últimos anos (pelo menos até 2018) para um maior aumento de temperaturas máximas nesses meses, no distrito de Castelo Branco.

7.2. Evolução da Temperatura no Concelho de Castelo Branco

Sendo 2022 o ano estudado neste trabalho, importa mostrar a evolução da sua temperatura no Concelho de Castelo Branco, local onde se insere a exploração em estudo.

No gráfico 7, pode observar-se a temperatura média mensal ao longo do ano.

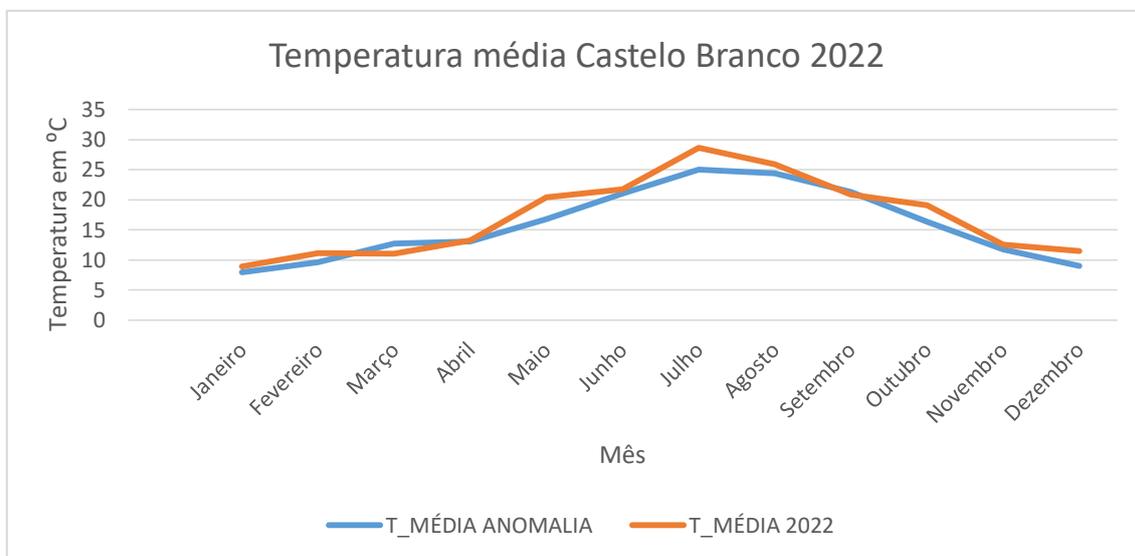


Gráfico 7 – Variação da temperatura média em Castelo Branco no ano de 2022.

Podemos observar que a temperatura média de 2022 acompanha a média da normal climatológica 1971-2000, ao longo da maior parte dos meses do ano, sendo exceção os meses de Maio, Julho e Outubro (principalmente os dois primeiros), cujas anomalias são apresentadas na tabela seguinte (tabela 4).

Tabela 4 – Anomalias de temperatura média para os meses de Junho, Julho e Agosto de 2022, na vacaria em estudo.

MÊS	Maio	Julho	Outubro
T_MÉDIA ANOMALIA (°C)	16,8	25	16,3
T_MÉDIA 2022 (°C)	20,43	28,62	19,08
ANOMALIA (°C)	3,63	3,62	2,78

Segundo o IPMA (2023b), 2022 foi o 5º ano mais quente a nível global, com uma anomalia de 0.49 °C em relação à normal de 1981-2010 e o 2º ano mais quente na Europa (2020 foi o mais quente com uma anomalia de 1.6°C), ficando a temperatura média do ar num valor de 1.32°C superior à normal 1981-2010.

Em Portugal, 2022 foi o ano mais quente desde 1931 (início dos registos), com um valor de 1,38°C superior à temperatura média de 1971-2000, tendo também registado 6 ondas de calor, 1 em Maio, 4 no Verão e 1 no Outono (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2023).

No mesmo ano, no Concelho de Castelo Branco, registaram-se três períodos de temperaturas muito acima da média, um em Maio (dias 8 a 14), outro em Junho (dias 9 a 15) e outro em Julho (dias 9 a 17), sendo que segundo o IPMA (2023c), destes três foram registados como ondas de calor (por definição) dois deles.

II – Objetivos do trabalho

A origem desta dissertação centra-se nas atividades e na experiência adquirida ao longo do estágio curricular feito para a componente curricular do Curso, sendo que o mesmo tinha como objetivos uma maior compreensão e perceção da realidade numa área onde se pode inserir um futuro emprego ou carreira profissional, assim como uma assimilação de conhecimentos obtidos durante os anos anteriores do curso. Assim, o estágio centrou-se na clínica, cirurgia, reprodução e saneamento de espécies pecuárias, nomeadamente bovinos de carne e leite, ovinos e caprinos. O tema da dissertação foi-me proposto pelo orientador interno, visto que na vacaria onde o mesmo exercia reprodução estava com taxas de conceção muito baixas desde o Verão de 2022. Assim, aliando o meu gosto pessoal no estudo das interações que o ambiente tem com os animais e com o ser humano, foi decidido aprofundar este tema. O objetivo principal passou por trabalhar os dados reprodutivos inseridos no programa da vacaria, neste caso, com foco na taxa de conceção mensal ao longo do ano de 2022, e compará-los com a temperatura e humidade ambientais para o mesmo espaço temporal, a fim de observar se os animais são sujeitos a stresse térmico durante alguma fase do ano (medido pelo Índice de Temperatura e Humidade - THI) e caso isso seja verificado, se esse problema pode ter impacto negativo nas vacas de leite, que se poderá repercutir numa perda de eficiência reprodutiva (parâmetros reprodutivos) e produtiva (na produção de leite e vitelos), que por sua vez se iriam traduzir em mais gastos e menos retornos económicos, contribuindo negativamente para a evolução do sistema pecuário de produção de leite em Portugal, o qual é responsável pela disponibilização de um dos alimentos essenciais para a saúde e desenvolvimento normal dos seres humanos.

Assim, este trabalho teve como objetivo principal avaliar o efeito do stresse térmico na taxa de conceção ao longo do ano em vacas raça Holstein-Frísia em sistema intensivo e como objetivos secundários avaliar se esse mesmo efeito diverge com a quantidade de partos (primíparas ou multíparas), com a fase de lactação em que se encontram, com o tipo de protocolo de IA utilizado e com o número de serviços por animal.

Como objetivos específicos para esta dissertação, procurou-se reunir informação que permitisse responder às seguintes questões:

- 1 - A taxa de concepção diminui significativamente durante os meses quentes (Junho, Julho, Agosto) por consequência do stresse térmico a que os animais ficam sujeitos?
- 2 - Caso se verifique uma diminuição da taxa de concepção nos meses de Verão, esta poderá permanecer mais baixa durante os dois meses seguintes (Setembro e Outubro), na transição para o Outono?

Foram levantadas ainda as seguintes questões secundárias:

- 1 - Caso o stresse térmico comprometa a taxa de concepção, este efeito é mais importante em vacas multíparas do que primíparas?
- 2 - Caso o stresse térmico comprometa a taxa de concepção, este efeito reduz-se à medida que diminui a produção de leite, ou seja, em fases mais avançadas da curva de lactação?
- 3 - Caso o stresse térmico comprometa a taxa de concepção, este impacto é maior na resposta ao protocolo *Presynch* (G6G + *Ovsynch*) do que no protocolo *Ovsynch* + CIDR?
- 4 - Caso o stresse térmico comprometa a taxa de concepção, será que o efeito se reduz à medida que o número de serviços aumenta?

III – Parte prática

Este trabalho foi realizado no Concelho de Castelo Branco.

O Concelho de Castelo Branco localiza-se no Interior Centro de Portugal, no distrito de Castelo Branco. Faz parte da Unidade Territorial da Beira Baixa, correspondente à NUT III e também da Comunidade Intermunicipal da Beira Baixa (CIMBB), conforme o mapa de enquadramento regional, representado na figura 16 (Câmara Municipal de Castelo Branco [CMCB], 2020).

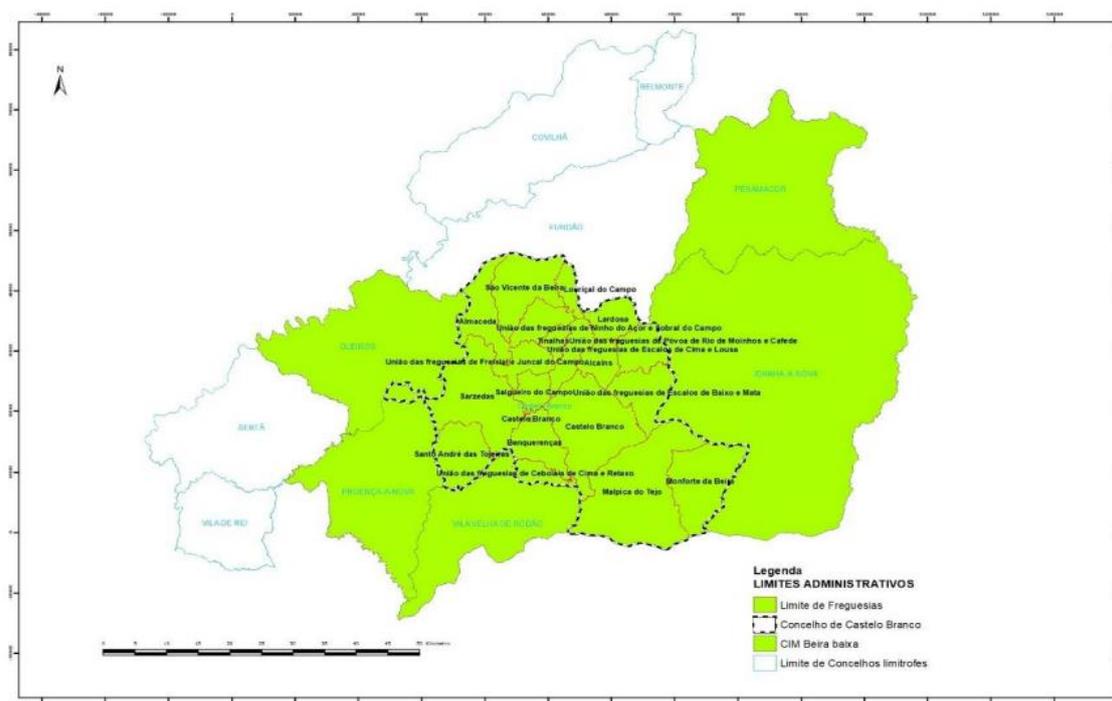


Figura 16 – Enquadramento geográfico do concelho de Castelo Branco.
Fonte: DGT (2020). SMPC (2020), retirado por CMCB, 2020.

O clima caracteriza-se, segundo o IPMA (2023d), por um clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente.

1. Material e métodos

1.1. Caracterização da exploração

Infraestruturas

A exploração comporta 6 pavilhões (abertos nas laterais e com escapatórias de ar no teto); 4 dos pavilhões são destinados às vacas em fase de produção (estando subdivididos em 17 lotes), outro serve como maternidade e um é utilizado para armazenamento de alimento. Tem duas salas de ordenha de 24 lugares cada uma, sala de sêmen, farmácia e vários escritórios.

Cada pavilhão das vacas adultas possui um sistema de refrigeração constituído pela conjugação de ventoinhas em túnel com aspersores na zona dos *cornadis*, sendo ativado quando a temperatura ambiente atinge os 28°C. No geral, cada lote tem vários bebedouros de cimento com entrada de água automática, camas de borracha, piso de betão e escovas rotadoras de bem-estar. Os lotes que correspondem a maternidades têm piso composto por terra e palha seca.

Maneio geral do efetivo

Na altura da recolha de dados, a vacaria era composta por um efetivo total de 743 animais, dos quais 70 vitelos, 260 novilhas, 409 vacas adultas e 4 touros (a campo).

Nos pavilhões, as vacas estavam divididas por 12 lotes ativos, segundo a fase de produção de leite (0-3 meses; 4-7 meses; ≥ 8 meses em leite). Como exceção, existiam 2 lotes que correspondiam a duas maternidades (nulíparas e primíparas/multíparas), um lote para vacas com mastites, um lote para vacas de refugio e um lote para novilhas que vieram do campo. As vacas eram secas cerca de dois meses antes da data prevista do parto.

Ao nascimento, os vitelos eram alojados em casotas individuais até deixarem de beber leite, passando depois para pequenos parques, conforme o seu tamanho. Posteriormente, eram colocados numa exploração de engorda e passado alguns meses os machos eram vendidos e as fêmeas colocadas a campo quando atingem idades próximas de serem beneficiadas (por volta dos 15 meses).

A alimentação consistia em racionamentos com base em silagem de milho, palha de trigo e polpa de maçã, podendo ser acrescentado mais nutrientes específicos (como gordura ou

vitaminas/minerais) conforme a fase de lactação. É criada uma mistura de todos os ingredientes no *Unifeed*, sendo a partícula maior ou menor conforme o estado de lactação.

A ordenha era realizada duas vezes por dia, às 7h e às 16h.

Manejo reprodutivo

As novilhas eram cobertas a campo pelos touros da exploração. As vacas eram maioritariamente sujeitas a protocolos de inseminação a tempo fixo, embora se for registada atividade nos podómetros existentes em algumas vacas, ou detetadas em cio (com base em sinais comportamentais), estas podiam ser inseminadas caso a mesma não interfira com um protocolo de IA já em curso.

Semanalmente, o médico veterinário assistente da exploração realizava diagnósticos de gestação, a avaliação das vacas doentes e em pós-parto e o tratamento das mesmas quando necessário. As cirurgias podem ser feitas em qualquer dia, conforme a urgência e disponibilidade.

1.2. Metodologia da recolha de dados

Os dados reprodutivos gerais e individuais das vacas foram obtidos através do programa ALPRO Windows utilizado pela vacaria e dos registos manuais utilizados pelos seus trabalhadores, referentes ao ano de 2022. Os dados recolhidos foram posteriormente organizados e tratados em folhas de dados em *Excel* (Microsoft Office Professional Plus 2013). Do total de 409 vacas adultas, foram excluídas dos dados 95, das quais 27 por refugo, 5 por doença, 57 recém-paridas e sem registos de inseminação em 2022, e ainda 6 por registos inválidos.

Os dados da temperatura e humidade relativa do ar necessários para o cálculo do THI foram cedidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), a pedido. Cada THI foi calculado a partir da temperatura e humidade relativa médias de cada dia, sendo depois estes valores utilizados para o cálculo da média semanal e mensal em programa *Excel* 2013.

A análise estatística dos dados foi realizada com o programa SPSS (IBM® SPSS® Statistics, versão 27). Para todos os dados foram calculadas as médias e desvios padrão, e foi avaliada a sua normal distribuição através do teste de Shapiro-Wilk. Depois de

computada a estatística descritiva, a análise inferencial foi realizada em duas partes, para obter resultados gerais e específicos. Para o primeiro, foi utilizada a correlação de Pearson. Para o segundo, foi utilizado o teste T para amostras independentes considerando-se os seguintes fatores: paridade e tipo de protocolo de inseminação. O teste ANOVA de 1 fator foi o usado para comparar os grupos para a fase de lactação e o número de serviços. O nível de significância estabelecido foi $p < 0,05$.

2. Resultados

Os resultados serão apresentados de acordo com a sua especificidade, ou seja, serão mostrados em primeiro lugar os resultados gerais: taxa de concepção mensal, valores de THI semanais/mensais e relações entre si. De seguida, os resultados gerais serão desdobrados por temas que podem influenciar os resultados gerais: influência da paridade, a curva de lactação, o tipo de programa de inseminação e o número de serviços por vaca e índice de inseminação.

2.1. Taxa de concepção mensal

Para este cálculo, foi necessário contabilizar o número de inseminações e o número de diagnósticos de gestação positivos, para cada mês (tabela 5).

Tabela 5 – Distribuição das inseminações totais e diagnósticos de gestação positivos ao 35º dia, e correspondente taxa de concepção, ao longo do ano de 2022, na vacaria em estudo.

Mês	Nº de inseminações	Diagnósticos de gestação positivos ao 35º dia	Taxa de concepção (%)
Janeiro	45	21	46,7
Fevereiro	60	22	36,7
Março	28	7	25,0
Abril	110	35	31,8
Mai	58	16	27,6
Junho	61	9	14,8
Julho	82	8	9,8
Agosto	60	4	6,7
Setembro	141	41	29,1
Outubro	49	15	30,6
Novembro	84	30	35,7
Dezembro	43	30	69,8
Total	821	238	28,9

Das 821 inseminações registadas, 238 originaram gestação aos 35 dias, o que representa uma taxa de conceção global de cerca de 28,9%. O número médio mensal de IA realizadas foi de 68,42 IA. As IA não se distribuíram uniformemente pelos meses do ano, sendo que se registaram valores bastante superiores nos meses de Abril e Setembro (110 e 148, respetivamente), enquanto em Março se registou o valor mais baixo (28). Das 821 inseminações realizadas, 280 foram realizadas na sequência do protocolo *Presynch* e 541 do protocolo *Ovsynch* + CIDR.

A taxa de conceção média mensal teve o seu pico máximo ocorrido em dezembro (69,8%) e o pico mínimo em agosto (6,7%). Os meses de abril, maio, setembro e outubro apresentaram valores próximos da média global. Pequenas flutuações em relação à média global foram encontradas nos meses de fevereiro e novembro (mais 6,3% e 5,3%, respetivamente), e em março (-5,4%). Em junho registou-se uma descida acentuada que terminou em agosto, com setembro a recuperar para valores próximos da média anual (gráfico 8).

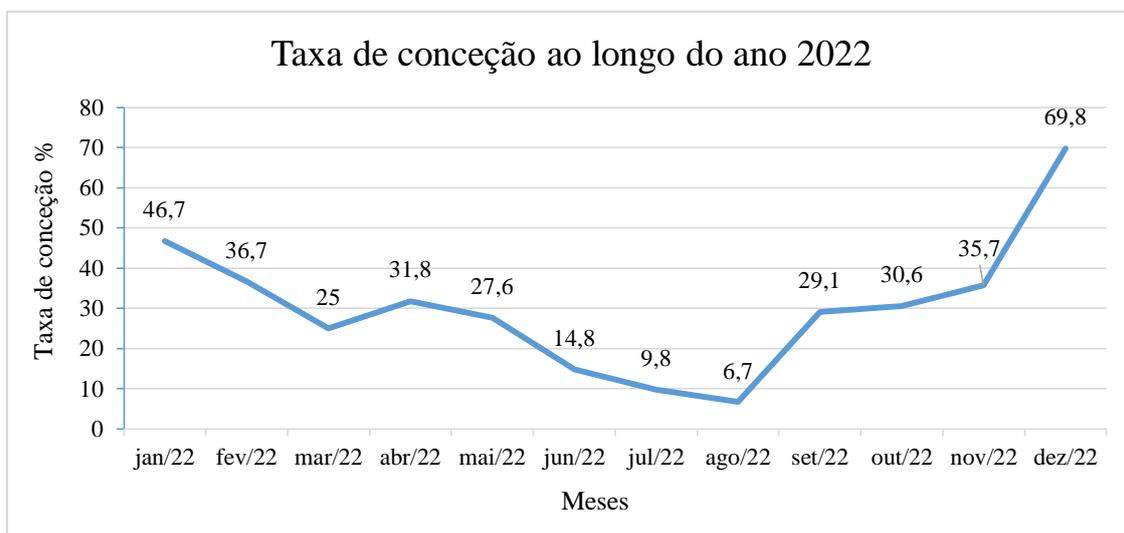


Gráfico 8 – Evolução da taxa de conceção mensal para o ano de 2022, na vacaria em estudo.

2.2. Valores THI

A tabela 6 sumaria os valores THI médios mensais para o ano em estudo. Apresenta-se também uma representação semanal (gráfico 9), com o objetivo de precisar períodos de calor que possam ter influenciado a taxa de conceção.

Tabela 6 – Valores de THI médio por mês no ano de 2022, na vacaria em estudo.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
THI	50	53	53	56	66	67	74	72	67	64	55	53

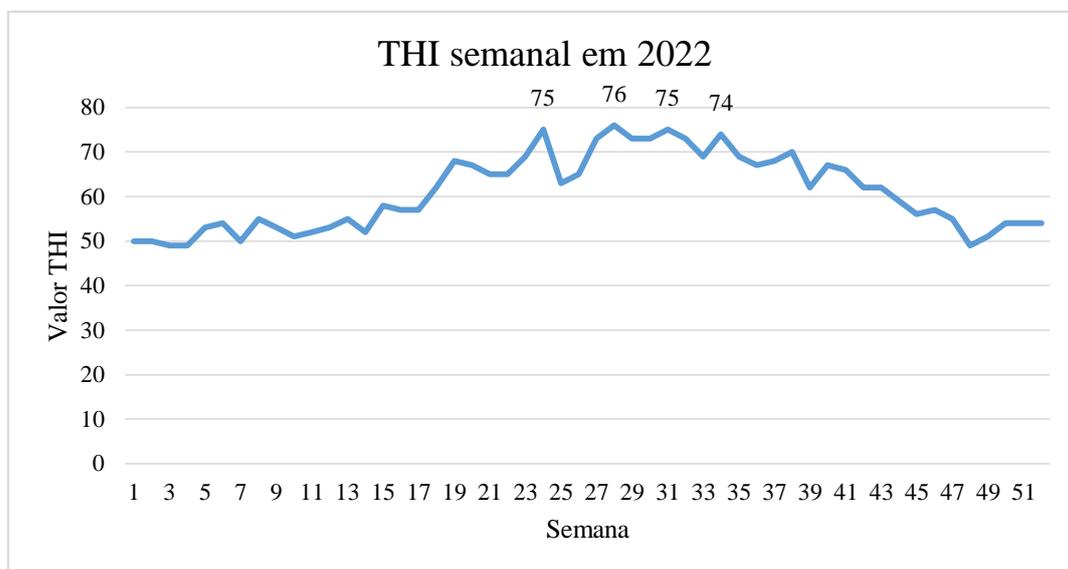


Gráfico 9 – Valores de THI semanais em 2022, na vacaria em estudo.

Considerando os valores de $\text{THI} \geq 72$ indicadores de stress térmico (Schüller et al, 2014), podemos observar que, estes se centraram em julho e agosto. Todos os outros meses obtiveram uma média de THI inferior. Analisando o THI semanal verificou-se que existem semanas com valores elevados mais marcados, das quais se pode destacar a semana 24 (em junho) com valor de 75 (1ª onda de calor em Castelo Branco em 2022), todas as semanas de julho, em especial a semana 28, com um THI de 76, e 3 semanas de agosto, com mais ênfase nas semanas 30 e 33, onde foram obtidos valores de 75 e 74, respetivamente (gráfico 9).

2.2.1. Relação do THI com a taxa de concepção

Esta relação pode ser vista no gráfico 10.

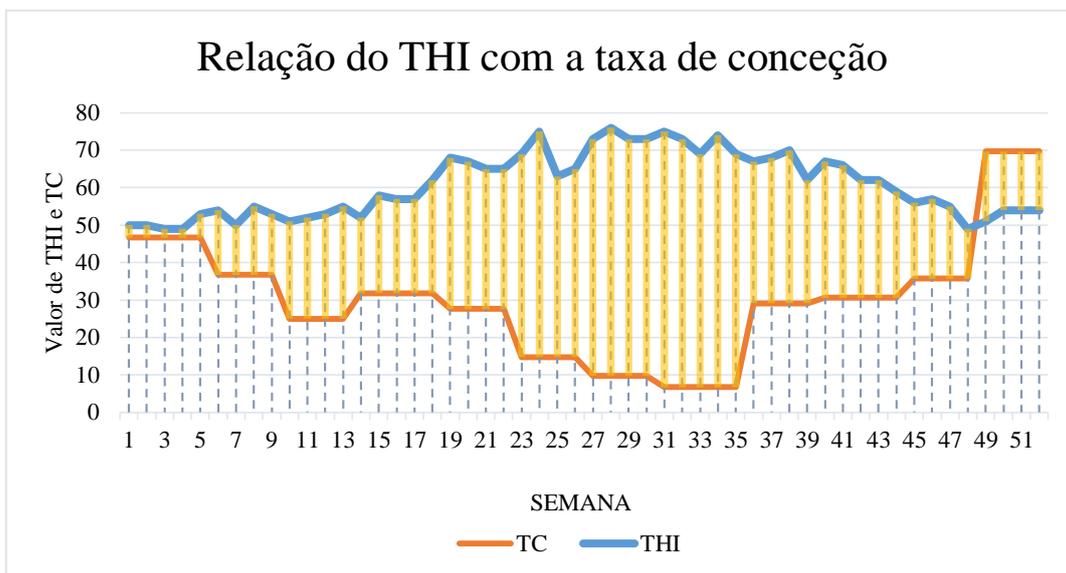


Gráfico 10 – Comparação entre valores de THI semanais e de taxa de concepção mensais em 2022, na vacaria em estudo.

O aumento do THI ao longo do ano afetou significativamente o valor da taxa de concepção ($p < 0,05$, com $p = 0,004$), sendo esta relação estatisticamente significativa. Pode ver-se ao longo do gráfico 3 uma relação inversa entre o THI e a TC. Esse impacto foi mais significativo nos meses de Verão (aqui considerados Junho, Julho e Agosto), onde se obtiveram os valores semanais médios máximos de THI e os valores mensais médios mínimos para a taxa de concepção, extrapolados e analisados no ponto 4.1.1.

2.3. Fatores de variação na taxa de concepção

Neste ponto, serão apresentados os resultados relativos a alguns fatores que podem influenciar ou causar variação na taxa de concepção em vacas de leite. Os fatores aqui explorados serão: a paridade (vacas primíparas vs. multíparas), a fase da curva de lactação, o tipo de protocolo de IA (*Presynch* vs *Ovsynch* CIDR), o número de serviços por vaca (1, 2, 3, 4 ou mais) e a raça de touro que origina o sêmen.

2.3.1. Fator paridade

Na exploração em causa, apenas eram sujeitas a IA vacas com um ou mais partos, ou seja, primíparas ou multíparas, respetivamente. As nulíparas são colocadas à cobrição natural. A tabela 7 sumaria os dados relativos ao ano de 2022, e mostra que no geral, a TC média

foi cerca de 12,5% mais elevado nas vacas primíparas em relação às vacas multíparas, no entanto, este valor não apresenta significado estatístico ($p=0,698$).

Tabela 7 – Valores de taxa de concepção média anual por fator paridade, em 2022, na vacaria em estudo.

Paridade	Primíparas	Multíparas	Valor de p
Nº de inseminações	322	499	
Nº de diagnósticos positivos ao 35º dia	101	137	
Taxa de concepção	31,4	27,5	0,698

A paridade não afetou a taxa de concepção ($p > 0,05$) durante os meses de Verão, ou seja, as diferenças apresentadas não são estatisticamente significativas. Ainda assim, para este período, a média da TC para primíparas foi 10,1% inferior em relação às multíparas, contrariando o resultado geral de 2022, registado na tabela 7. A diferença na taxa de concepção nos meses de Verão entre primíparas e multíparas está evidenciado no gráfico 11.

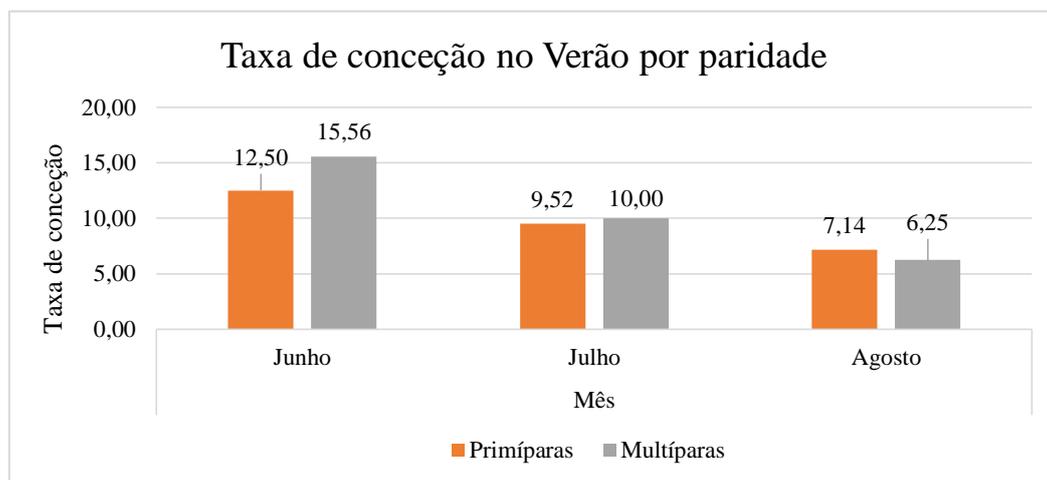


Gráfico 11 – Valores de taxa de concepção média por mês no período de Verão por fator paridade, em 2022, na vacaria em estudo, com $p=0,414$.

2.3.2. Fator curva de lactação

Ao longo da curva de lactação, o nível de produção de leite vai variando, o que implica ao mesmo tempo um manejo nutricional adaptado às variações nas exigências metabólicas da vaca, a fim de otimizar essa produção. Assim, foi feita uma divisão das vacas em três fases (0-3 meses; 4-7 meses; ≥ 8 meses em leite), de acordo com a fase de lactação em que se encontravam. O resultado médio para 2022 está plasmado na tabela 8.

Tabela 8 – Valores de taxa de concepção média anual por fator curva de lactação, em 2022, na vacaria em estudo.

Fase de lactação	0-3 meses	4-7 meses	≥8 meses	Valor de p
Nº de inseminações	275	395	151	
Nº de diagnósticos positivos ao 35º dia	69	114	55	
Taxa de concepção	25,1	28,9	36,4	0,701

Comparando em particular a TC entre as diferentes fases de lactação consideradas para meses de Verão, registaram-se algumas variações (gráfico 12).

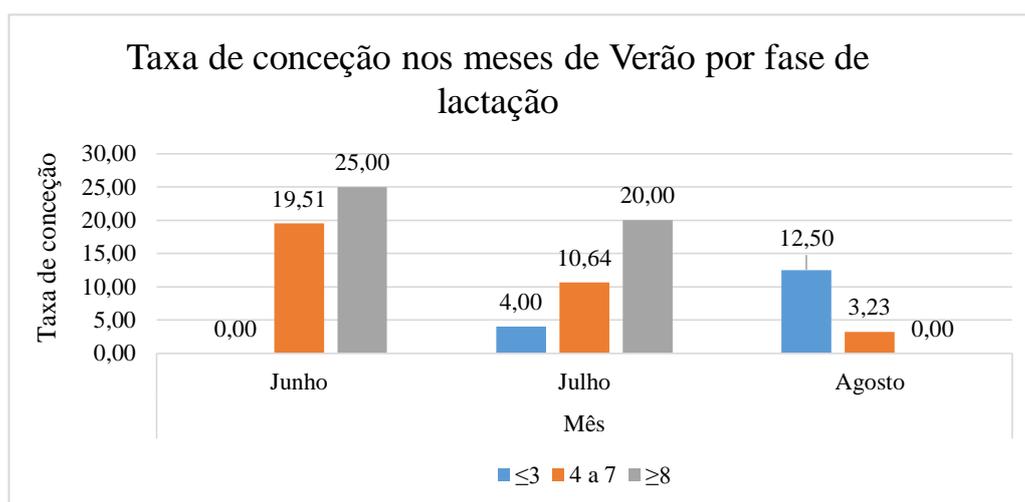


Gráfico 12 – Valores de taxa de concepção média mensal no período de Verão por fator curva de lactação, em 2022, na vacaria em estudo, com $p=0,521$.

A fase de lactação não afetou a taxa de concepção ($p > 0,05$) durante os meses de Verão. Ainda assim, para este período, a média da TC para cada fase (≤ 3 , 4 a 7 e ≥ 8) foi 6,14%, 11,8% e 15,8%, respetivamente, o que acompanha a tendência geral de a TC aumentar com o aproximar do final da lactação.

2.3.3. Fator tipo de protocolo de IA

A exploração em estudo usava dois tipos de protocolos de inseminação artificial, um *Presynch* para a primeira IA pós parto (*G6G* + *Ovsynch*) e outro para as inseminações posteriores (*Ovsynch* + *CIDR*). O resultado médio da TC para 2022 pode ser visto na tabela 9.

Tabela 9 – Valores de taxa de concepção média anual por fator tipo de protocolo de IA, em 2022, na vacaria em estudo.

Tipo de protocolo	<i>Presynch</i>	<i>Ovsynch + CIDR</i>	Valor de p
Nº de inseminações	280	541	
Nº de diagnósticos positivos ao 35º dia	75	163	
Taxa de concepção	26,8	30,1	0,557

A TC média foi cerca de 12,5% superior com o *Ovsynch + CIDR* em relação ao *Presynch*, mas sem apresentar significado estatístico ($p > 0,05$).

Em relação aos meses de Verão, calcularam-se as TC para cada um dos fatores por cada mês, com o objetivo de analisar a existência de potenciais efeitos mediados pelo THI (gráfico 13).

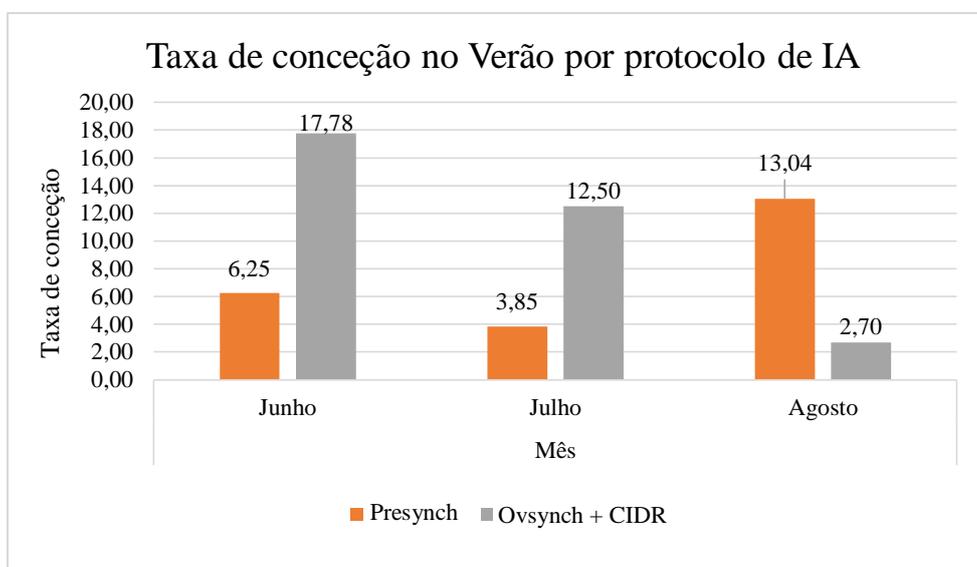


Gráfico 13 – Valores de taxa de concepção média mensal no período de Verão por fator tipo de protocolo de IA, em 2022, na vacaria em estudo, com $p=0,447$.

O tipo de protocolo de IA não afetou a taxa de concepção ($p > 0,05$) durante os meses de Verão. Ainda assim, para este período, a média da TC para o *Presynch* foi 7,7% e para o *Ovsynch + CIDR* foi 11,6%, acompanhando a tendência geral para este fator, onde o valor de TC para o *Ovsynch + CIDR* foi superior ao do *Presynch*.

2.3.4. Fator número de serviços por vaca

O número médio de inseminações por vaca, até um primeiro diagnóstico positivo aos 40 dias foi de 2,6.

Neste ponto foi feita uma divisão das vacas por número de serviços (1, 2, 3 e 4 ou mais), com o objetivo de avaliar alterações ou variações entre os vários pontos. O resultado médio para 2022 pode ser visto na tabela 10.

Tabela 10 – Valores de taxa de concepção média anual por fator número de serviços por vaca, em 2022, na vacaria em estudo.

Nº de serviços	1	2	3	4 ou mais	Valor de p
Nº de inseminações	280	209	141	191	
Nº de diagnósticos positivos ao 35º dia	75	61	33	69	
Taxa de concepção	26,8	29,2	23,4	36,13	0,895

No geral, existe uma tendência para que a taxa de concepção média anual seja superior em fêmeas com 4 ou mais serviços, não sendo, no entanto, significado estatístico ($p=0,895$).

Em relação aos meses de Verão, calcularam-se as TC para cada um dos fatores por cada mês, com o objetivo de testar a sua influência (gráfico 14).

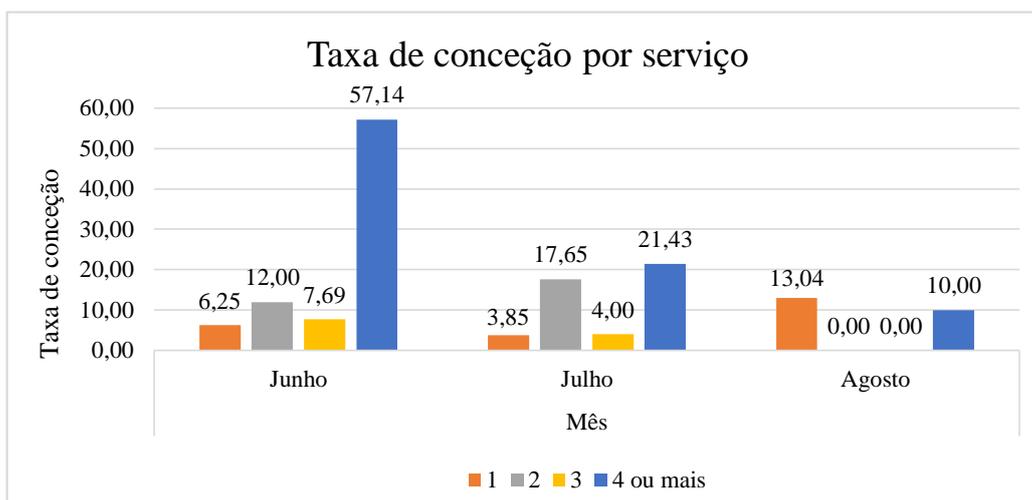


Gráfico 14 – Valores de taxa de concepção média mensal no período de Verão por fator número de serviços por vaca, em 2022, na vacaria em estudo, com $p=0,169$.

O número de serviços não afetou a taxa de concepção ($p > 0,05$) durante os meses de Verão. Ainda assim, para este período, a média da TC para cada serviço (1, 2, 3 e ≥ 4) foi 7,7%, 10,7%, 3,9% e 25,8%, respectivamente, situação similar ao observado ao longo do ano para este fator, onde o valor de TC para 3 serviços foi o menor e para 4 ou mais foi o maior, sendo no período do Verão o mais afetado.

3. Discussão

Este trabalho teve como objetivo estudar como o estresse térmico compromete o bem-estar animal e analisar as implicações que pode ter na eficiência na taxa de concepção, um dos marcadores reprodutivos mais importantes para avaliar a eficiência reprodutiva. O tempo de estudo foi de 1 ano (dados de 2022).

Para a região de Castelo Branco, verificou-se que os meses de verão (junho, julho e agosto) afetam negativamente a taxa de concepção das vacas leiteiras, em particular nos animais múltiparos, na fase inicial da curva de lactação, nos inseminados com o protocolo *Presynch* e naqueles que tiveram 3 tentativas de inseminação, ainda que não fosse estatisticamente significativo. Esta evidência está de acordo com a bibliografia, que mostrou que o THI causa sobretudo perdas reprodutivas, queda da produção de leite e mau estar animal, com consequentes perdas econômicas (Bin-Jumah et al, 2019; Herbut et al, 2018; Salgueiro & Almeida, 2016).

Neste trabalho, também se verificou uma quebra significativa nas taxas de concepção durante o Verão em relação ao resto do ano. A taxa de concepção mínima encontrada foi de 6,7% em Agosto, sendo a média do Verão 10,4%. Normalmente apenas se faz distinção entre estações do ano e não entre meses. As taxas de concepção médias no Verão variam entre 3% e 34% (García-Ispuerto et al, 2007; Schuller et al, 2014; Wolfenson & Roth, 2019), estando a taxa encontrada neste trabalho em concordância com as mesmas. As razões para esta grande variação são várias, depende do tipo de manejo alimentar, do bem-estar, da intensidade da produção, das temperaturas na exploração, da latitude da região, do tipo de sistema de refrigeração, da capacidade das vacas se adaptarem ao calor, do tipo de protocolos de inseminação utilizados, da técnica de inseminação, das capacidades de detecção de cio ou de detecção de gestação, das doenças inerentes a cada exploração, entre outras.

Quanto ao rácio encontrado na bibliografia entre o período quente e o período frio, encontramos variações que vão de 20,3% a 65,4% de perdas na taxa de concepção do Verão em relação à do Inverno (Bittante et al, 2020; Flamenbaum & Galon, 2010; García-Ispuerto et al, 2007; Schüller et al, 2014; Wolfenson & Roth, 2019). No trabalho aqui descrito, essa variação foi de 79%, estando fora do intervalo encontrado na bibliografia, significando que essa discrepância é ainda pior do que qualquer uma encontrada em

estudos anteriores. As razões para essa tão grande diferença podem estar relacionadas com as altas temperaturas sentidas na região onde se encontra a exploração, principalmente numa onda de calor ocorrida na primeira metade de Junho, assim como outra onda de calor a meio de Julho, com consequentes valores de THI médios diários e semanais acima do valor limite de conforto térmico. Para além disso, o mês de Agosto também registou valores de THI elevados, mas não se observaram ondas de calor, pelo que temperaturas extremas não foram sentidas. Segundo Schüller et al (2014), quanto maior for o valor de THI e quanto mais horas forem passadas nesses valores, mais baixas serão as taxas de concepção.

A taxa de concepção máxima registada neste trabalho foi de 69,7% em Dezembro, sendo a média do Inverno de 49,3%. O elevado valor registado em Dezembro foi um achado inesperado, não se encontrando na bibliografia taxas tão altas com o tipo de manejo utilizado na exploração em causa. Uma possibilidade seria uma acumulação de vacas não gestantes nos meses anteriores que acabaram por ficar positivas no mesmo período, no entanto, num estudo feito por Bittante et al (2020), essa observação não ocorreu, sendo necessário mais estudos para avaliar essa possibilidade. Quanto aos valores encontrados na bibliografia, estes variam de 30,4% a 56% (Flamenbaum & Galon, 2010; García-Ispuerto et al, 2007; Schüller et al, 2014; Wolfenson & Roth, 2019), estando o resultado deste trabalho em concordância com os mesmos. Deve salientar-se o facto de que todos os estudos citados são de países da bacia mediterrânea, os quais apresentam um clima mais semelhante com o de Portugal, principalmente Espanha, Itália, Grécia e Israel.

Alguns autores (Negrón-Pérez et al, 2019; Roth et al, 2021; Stojanov et al, 2020) também afirmam que os efeitos do stresse térmico se podem prolongar por mais dois meses após o fim do mesmo, recuperando para valores normais por volta de Novembro desse ano. Neste trabalho, esse efeito não se verificou visto que a taxa de concepção de Setembro foi de 29,1%, sendo inclusivamente superior à de Maio (27,6%), altura onde os valores de THI não eram suscetíveis de indicar stresse térmico. No entanto, importa realçar que a taxa de concepção foi sempre aumentando entre Setembro a Dezembro, atingindo valores normais e até superiores ao esperado.

Posteriormente, foi decidido avaliar outros possíveis fatores que podem ter efeito nos valores da taxa de concepção. Os fatores avaliados foram: a paridade, a fase da curva de lactação, o tipo de protocolo de inseminação e o número de inseminações.

Quanto à paridade, a maioria dos autores indica que vacas primíparas têm taxas de concepção mais altas em relação a multíparas. Neste trabalho, esse efeito também se verificou, sendo a TC 12,5% mais elevada nas primíparas, estando em concordância com valores encontrados noutros estudos, de 13%, 15% e 24,1% (Bittante et al, 2020; Chebel et al, 2004; Tenhagen et al, 2004). Em relação a este efeito no Verão, a mesma discrepância não ocorreu neste trabalho, e os valores encontrados não foram estatisticamente significativos, sendo a TC ligeiramente superior nas multíparas. Este resultado está alinhado com um estudo feito por Astiz & Fargas (2013).

Quanto à fase da curva de lactação, a maioria dos autores indica que quanto mais afastada estiver a vaca do pico de produção de leite, mais elevada será a taxa de concepção. Neste trabalho, verificou-se essa premissa, estando de acordo com outros autores (Flamenbaum & Galon, 2010; Polsky & von Keyserlingk, 2017; Tenhagen et al, 2004;), existindo um crescimento gradual da TC, de cerca de 45% (25,1% a 36,4%) desde a primeira fase até à última. Em relação a este efeito nos meses de Verão, a mesma discrepância não ocorreu neste trabalho, e os valores encontrados não foram estatisticamente significativos.

Quanto ao tipo de protocolo utilizado, segundo (Azevedo et al, 2014b), existe uma tendência para protocolos *Ovsynch* com CIDR serem melhores para aumentar as taxas de concepção em relação ao *Ovsynch* normal. Neste trabalho, a TC foi 12,5% superior no protocolo que utiliza dispositivo de progesterona em comparação ao *presynch*. Em relação a este efeito nos meses de Verão, a mesma relação ocorreu, mas não foi estatisticamente significativa. Um resultado semelhante foi encontrado por Abdelrazek & Khalil (2019), onde obteve resultados ligeiramente melhores (para a taxa de gestação) com o protocolo com CIDR mas não sendo essas diferenças estatisticamente significantes. Não se encontraram referências que estudassem especificamente essa interação nos meses mais quentes. A diferença entre protocolos é difícil de quantificar nas condições apresentadas neste trabalho uma vez que o primeiro se usa apenas para o primeiro serviço de cada vaca, havendo fatores inerentes ao próprio animal (como o tempo de involução uterina, lesões nos órgãos reprodutivos, doenças pós-parto, produção

de leite) e ao manejo (como o inico da aplicação do protocolo) que podem afetar mais negativamente a taxa de concepção no primeiro serviço em relação aos outros.

Quanto ao número de serviços por vaca, não se verificou significativa quer em termos anuais quer apenas em relação aos meses de Verão. Além disso, o número de estudos encontrados a esse respeito é praticamente inexistente, tendo sido apenas encontrado um (Bittante et al, 2020) que indica que não existe uma associação significativa (estando de acordo com este trabalho) mas que pode por vezes ser observada na prática porque tendencialmente quanto maior for o número de inseminações, menor será o produção de leite da vaca, havendo assim uma errada interpretação dos dados, onde o aumento da TC ocorreria pelo estado avançado na curva de lactação e não propriamente pelo número de serviços já realizados, facto que também se verificou parcialmente neste trabalho, onde a taxa de concepção para 4 ou mais serviços foi superior às restantes, principalmente no Verão.

Após a discussão dos resultados obtidos, é importante realçar que a taxa de concepção depende de vários fatores, principalmente do tipo tecnologia e tipo de armazenamento de sémen, a qualidade do mesmo, (Consentini et al, 2021; Masello et al, 2018; Ukita et al, 2022; Ungerfeld et al, 2021), a experiencia do inseminador, o *timing* de inseminação, as condições higiénicas da vacaria, as doenças existentes (Givens & Marley, 2008; Moore et al, 2005), o manejo alimentar e condição corporal (Gobikrushanth et al, 2019), o manejo dos animais e o seu bem-estar (Scheffers et al, 2010), as condições onde habitam, o tipo de sistema de refrigeração usado (Ji et al, 2020; Mondaca, 2019) e o histórico reprodutivo e produtivo da exploração (Roth, 2020b; Salgueiro & Almeida, 2016; Schüller et al, 2014). Assim, qualquer má prática numa vacaria poderá diminuir as taxas de concepção, sendo que essas mas práticas aliadas a fatores externos independentes como a temperatura ambiente e humidade, poderão provocar um exacerbamento dessa negatividade.

Na exploração analisada neste estudo, não se verificaram grandes desvios às boas práticas que pudessem estar diretamente a causar taxas de concepção mais baixas, visto que a média anual foi de 28,9%, encontrando-se dentro do intervalo encontrado na bibliografia (20,5% a 35,2%) referente a explorações em condições climáticas semelhantes. Se retirarmos os meses de Verão, essa média da taxa de concepção subiria para 37%. No ano em estudo,

não existiram alterações abruptas ou radicais em relação aos fatores mencionados em cima, que são suscetíveis de baixar a TC. No entanto, podem e devem ser destacadas algumas situações.

A exploração recorre a um fornecedor de sémen ao qual compra esse produto. Ao longo do tempo, ocorre a compra de várias doses de vários touros e à medida que acabam, são compradas mais de outros touros, ou seja, um fator que vai variando é o touro que origina o sémen. Para avaliar se esse fator poderia estar a baixar os níveis da taxa de concepção, ou outro inerente a ele como o armazenamento, foram feitas análises aos parâmetros principais do sémen (motilidade massal, individual, concentração e percentagem de mortos). Os resultados obtidos pelo laboratório não mostraram grandes diferenças na qualidade de cada um, sendo os resultados médios os seguintes: motilidade massal de 2; motilidade individual de 40%, concentração de 35 milhões/ml; percentagem de mortos de 15%. É importante realçar que a motilidade massal e a percentagem de mortos não foram contabilizados para todos, tornando assim a comparação pouco fiável. Os resultados não são muito positivos, mas também podem estar prejudicados pela criopreservação, pelo transporte e própria manipulação e análise (Parkinson & Morrell, 2019). Ainda assim, convém lembrar que em termos práticos, a taxa de concepção obtidas de diferentes touros não foi muito diferente, o que pode mostrar um indicador indireto da qualidade do sémen.

Outro ponto importante é a sistema de refrigeração dos pavilhões. Na exploração avaliada, o sistema de refrigeração é composto por ventilação em fila a cerca de 3,5 metros de altura associada a aspersores. Este é ativado sempre que a temperatura ambiente atinge 28°C e desligado quando a mesma baixa desse patamar. Segundo Toledo et al (2020), os sistemas desse género mais modernos ativam-se aos 21°C, visto que a temperatura ideal limite para as vacas de leite é de 25°C. Assim, na exploração a ativação do sistema está a uma temperatura mais alta do que deveria, causando aumento do tempo de exposição dos animais a desconforto ambiental, podendo contribuir para resultados de produção de leite e taxa de concepção mais baixos, tendo em conta ainda que o concelho onde se localiza a vacaria é muito quente durante o Verão. O principal problema deste tipo de sistemas é a grande quantidade de água usada para arrefecer eficazmente, onde segundo Toledo et al (2020), são necessários 14 000 litros de água/dia (com um caudal de 2l/min durante 5 minutos para um pavilhão de 40 metros) para refrescar 60 vacas,

pondo-se assim em causa a sustentabilidade económica da exploração e até dos gastos de água.

Finalizando, o único fator que pôde influenciar a taxa de concepção de forma significativa e que se alterou consideravelmente no ano de 2022, naquela exploração, foi a temperatura ambiente, visto que os outros fatores suscetíveis de uma mesma possibilidade não foram alterados com relevância em relação aos anos anteriores. Não obstante, o ano de 2022 foi o mais quente em Portugal desde 1931, sendo os meses de Junho o Julho muito quentes, o que poderá ter prejudicado ainda mais os resultados da taxa de concepção em relação as perdas que ocorriam normalmente nos anos anteriores.

4. Considerações finais

Após análise e discussão dos resultados obtidos, pode-se concluir que existe uma forte correlação entre o aumento de THI e a diminuição da taxa de concepção, que não está homogeneamente distribuída ao longo do ano, sendo essa incidência mais observável nos meses de Verão, como seria de esperar, confirmando-se a primeira hipótese principal. Quanto há segunda hipótese principal que consistia na manutenção de valores de taxa de concepção baixos ou com subidas ligeiras nos meses a seguir ao período de ST, neste caso Setembro e Outubro, a mesma não se verificou, visto que logo em Setembro se observou uma taxa de concepção de 29,1%, um valor similar aos meses de Abril e Maio do mesmo ano.

Quanto às quatro hipóteses secundárias colocadas, todas incidem na questão de num cenário onde as vacas estejam sujeitas a stresse térmico na maior parte do tempo (sendo um cenário realista o Verão), se existem alguns fatores que podem influenciar significativamente de forma negativa a taxa de concepção nesse período. Neste trabalho foram abordados os seguintes fatores: 1- paridade; 2- fase da curva de lactação; 3- tipo de protocolo de IA; 4- número de serviços por vaca. Concluiu-se que para qualquer um dos fatores, as diferenças observadas não foram estatisticamente significativas. Ainda assim, importa realçar que os fatores mais importantes são os dois primeiros, sendo também aqueles mais estudados. Quanto ao fator 1, apesar da literatura mostrar que as vacas primíparas têm TC mais altas que as multíparas, isso não transpareceu dos resultados obtidos no Verão. Quanto ao fator 2, o aumento da TC ao longo da curva de lactação

verificou-se quer para o ano todo quer para o Verão. Quanto aos fatores 3 e 4 a sua análise no período de Verão é pouco relevante.

Podem ser definidas algumas limitações mais importantes para este trabalho. A utilização de um medidor indireto de stresse térmico (o THI), que dá uma probabilidade e não uma garantia de que esse fenómeno ocorra, diminuindo assim a precisão e rigor dos dados avaliados, pois não temos acesso à temperatura e humidade relativas reais dentro da vacaria nem de dados fisiológicos dos animais, como a temperatura retal e frequência respiratória. A irregularidade da distribuição do sémen de diferentes touros ao longo do ano, sendo alguns mais usados nos períodos mais frios e outros nos mais quentes, que apesar de se ter concluído que no espermograma não diferiam muito, a simples utilização de um sémen em piores condições no Verão pode propiciar a taxas de conceção mais baixas do que com a utilização de um sémen melhor, ou vice-versa.

Concluindo, o stresse térmico é um fator muito prejudicial no Verão, em especial para explorações de vacas de leite em países à volta do Mar Mediterrâneo, devendo haver no futuro, maior preocupação e cuidados para colmatar esse problema, assim como uma maior sensibilização dos produtores e agentes envolvidos, com fim a minimizar este problema para permitir que o bem-estar animal esteja salvaguardado o mais possível, assim como uma maior eficiência das explorações e consequentemente do setor, com o objetivo final de o valorizar cada vez mais e demonstrar a importância que o leite tem na alimentação do ser humano.

IV – Referências bibliográficas

- Abdelrazek, A., & Khalil, Y. (2019). Fertility response of lactating dairy cows subjected to three different breeding programs under subtropical conditions. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 8(6), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s43088-019-0008-x>
- Abdisa, T. (2018). Review on the Reproductive Health Problem of Dairy Cattle. *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*, 5(1), 2573-2196. <https://doi.org/10.19080/JDVS.2018.05.555655>
- Adesogan, A., Havelaar, A., McKune, C., Eilittä, M., & Dahl, G. (2020). Animal source foods: Sustainability problem or malnutrition and sustainability solution? Perspective matters. *Global Food Security*, 25, 100325. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100325>
- Alagawany, M., Farag, M., El-hack, M., & Patra, A. (2017). Heat stress: Effects on productive and reproductive performance of quail. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 747-756. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135996>
- Astiz, S., & Fargas, O. (2013). Pregnancy per AI differences between primiparous and multiparous high-yield dairy cows after using Double Ovsynch or G6G synchronization protocols. *Theriogenology*, 79(7), 1065–1070. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.01.026>
- Austin, E., Mihm, M., Ryan, M., Williams, D., & Roche, J. (1999). Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers. *Journal of animal science*, 77(8), 2219–2226. <https://doi.org/10.2527/1999.7782219x>
- Azevedo, C., Canada, N., Simões, J. (2014a). O protocolo hormonal Ovsynch e suas modificações em vacas leiteiras de alta produção: uma revisão. *Archivos de Zootecnia*, 63, 173–187. <https://doi.org/10.21071/az.v63i241.597>
- Azevedo, C., Maia, I., Canada, N., & Simões, J. (2014b). Comparison of fertility, regular returns-to-estrus, and calving interval between Ovsynch and CO-synch + CIDR protocols in dairy cows. *Theriogenology*, 82(6), 910–914. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.07.006>

- Bailey, R., West, K., Jr, & Black, R. (2015). The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 66 (Suppl 2), 22-33. <https://doi.org/10.1159/000371618>
- Baumgard, L., & Rhoads, R. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*, 1, 311–337. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>
- Bin-Jumah, M., El-Hack, M., Abdelnour, S., et al., (2019). Potential use of chromium to combat thermal stress in animals: A review. *Science of the Total Environment*, 707, 135996. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135996>
- Bittante, G., Negrini, R., Bergamaschi, M., Cecchinato, A., & Toledo-Alvarado, H. (2020). Pure-breeding with sexed semen and crossbreeding with semen of double-muscled sires to improve beef production from dairy herds: Factors affecting heifer and cow fertility and the sex ratio. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5246-5257. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17932>
- Bohmanova, J., Misztal, I., & Cole, J. (2007). Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of dairy science*, 90(4), 1947–1956. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>
- Brito, A., Hertrampf, E., Olivares, M., Gaitán, D., Sánchez, H., Allen, L., & Uauy, R. (2012). Folatos y vitamina B12 en la salud humana. *Revista médica de Chile*, 140(11), 1464–1475. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872012001100014>
- Brozos, C., Kiossis, E., Hatzieffraimidis, S., Praxitelous, A., Gouvias, I., Kanoulas, V., & Tsousis, G. (2021). Comparison of 5 Versus 7-Day Ovsynch + Progesterone Releasing Intravaginal Device Protocols (PRID) and a Modified G7G with an Option of Heat Detection Protocol for 1st Service in Lactating Dairy Cows. *Animals*, 11(10), 2955. <https://doi.org/10.3390/ani11102955>
- Burrow, K., Young, W., McConnell, M., Carne, A., Barr, D., Reid, M., & Bekhit, A. (2020). The Effect of Sheep and Cow Milk Supplementation of a Low Calcium Diet on the Distribution of Macro and Trace Minerals in the Organs of Weanling Rats. *Nutrients*, 12(3), 594. <https://doi.org/10.3390/nu12030594>

- Câmara Municipal de Castelo Branco (2020). Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (2020 – 2029): CADERNO I Informação Base. Retirado de <https://www.cm-castelobranco.pt/municipio/areas-de-acao/gabinete-florestal/plano-municipal-de-defesa-da-floresta-contra-inc%C3%AAndios/>
- Caroprese, M., Marzano, A., Entrican, G., Wattededera, S., Albenzio, M., & Sevi, A. (2009). Immune response of cows fed polyunsaturated fatty acids under high ambient temperatures. *Journal of dairy science*, 92(6), 2796–2803. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1809>
- Cartwright, S., Schmied, J., Karrow, N., & Mallard, B. (2023). Impact of heat stress on dairy cattle and selection strategies for thermotolerance: a review. *Frontiers in veterinary science*, 10, 1198697. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1198697>
- Carvalho, P., Fuenzalida, M., Ricci, A., Souza, A., Barletta, R., Wiltbank, M., & Fricke, P. (2015). Modifications to Ovsynch improve fertility during resynchronization: Evaluation of presynchronization with gonadotropin-releasing hormone 6 d before initiation of Ovsynch and addition of a second prostaglandin F2 α treatment. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8741–8752. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9719>
- Carvalho, P., Guenther, J., Fuenzalida, M., Amundson, M., Wiltbank, M., & Fricke, P. (2014). Presynchronization using a modified Ovsynch protocol or a single gonadotropin-releasing hormone injection 7 d before an Ovsynch-56 protocol for submission of lactating dairy cows to first timed artificial insemination. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6305–6315. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8222>
- Cerqueira, J. (2013). *Avaliação de bem-estar animal em bovinos de leite na região Norte de Portugal* [Tese de Doutoramento, Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. https://sigarra.up.pt/icbas/pt/pub_geral.pub_view?pi_pub_base_id=30736
- Chauhan, S., Powar, P., & Mehra, R. (2021). A review on nutritional advantages and nutraceutical properties of cow and goat milk. *International Journal of Applied Research*, 7(10): 101-105. <https://doi.org/10.22271/allresearch.2021.v7.i10b.9025>
- Chebel, R., Santos, J., Reynolds, J., Cerri, R., Juchem, S., & Overton, M. (2004). Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 84(3-4), 239–255. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.012>

- Collantes, R. (2022). *Estrategias para optimizar la eficiencia de las granjas intensivas de vacas de leche* [Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio Institucional de la UCM. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/76424/>
- Consentini, C., Wiltbank, M., & Sartori, R. (2021). Factors That Optimize Reproductive Efficiency in Dairy Herds with an Emphasis on Timed Artificial Insemination Programs. *Animals*, 11(2), 301. <http://dx.doi.org/10.3390/ani11020301>
- Crowe M. (2008). Resumption of ovarian cyclicity in post-partum beef and dairy cows. *Reproduction in domestic animals*, 43(5), 20–28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01210.x>
- Dahl, G., Tao, S., & Laporta, J. (2017). TRIENNIAL LACTATION SYMPOSIUM/BOLFA: Late gestation heat stress of dairy cattle programs dam and daughter milk production. *Journal of animal science*, 95(12), 5701–5710. <https://doi.org/10.2527/jas2017.2006>
- Dahl, G., Tao, S., & Monteiro, A. (2016). Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves. *Journal of dairy science*, 99(4), 3193–3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9990>
- De Rensis, F., & Scaramuzzi, R. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow--a review. *Theriogenology*, 60(6), 1139–1151. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(03\)00126-2](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(03)00126-2)
- De Rensis, F., Garcia-Ispierro, I., & López-Gatius, F. (2015). Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology*, 84(5), 659–666. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.021>
- Dewey, S., Mendonça, L., Lopes, G., Rivera, F., Guagnini, F., Chebel, R., & Bilby, T. (2010). Resynchronization strategies to improve fertility in lactating dairy cows utilizing a presynchronization injection of GnRH or supplemental progesterone: I. Pregnancy rates and ovarian responses. *Journal of dairy science*, 93(9), 4086–4095. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3233>
- Di Costanzo, A., Spain, J., & Spiers, D. (1997). Supplementation of nicotinic acid for lactating Holstein cows under heat stress conditions. *Journal of dairy science*, 80(6), 1200–1206. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76048-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76048-X)

- Dias, J., Silva, R., Fernandes, T., Barbosa, E., Graças, L., Araujo, R., Pereira, R., & Pereira, M. (2018). Yeast culture increased plasma niacin concentration, evaporative heat loss, and feed efficiency of dairy cows in a hot environment. *Journal of dairy science*, *101*(7), 5924–5936. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14315>
- Dirandeh E. (2014). Starting Ovsynch protocol on day 6 of first postpartum estrous cycle increased fertility in dairy cows by affecting ovarian response during heat stress. *Animal reproduction science*, *149*(3-4), 135–140. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.07.018>
- Diskin, M., Parr, M., & Morris, D. (2011). Embryo death in cattle: an update. *Reproduction, Fertility and Development* *24*(1), 244-251. <https://doi.org/10.1071/RD11914>
- Domínguez, R., Peláez, C., & Padilla, E., (2005). Effect of heat stress and its interaction with other management and productive variables on pregnancy rate in dairy cows in Aguascalientes, Mexico. *Veterinária México*, *36*(3), 245-260. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=4573>
- Duarte, C., Maria, J., & Sazedj, S. (2019). Produto potencial e contabilidade do crescimento. In Banco de Portugal (Ed.). *O crescimento económico português: Uma visão sobre questões estruturais, bloqueios e reformas*. Departamento de estudos económicos. https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf-boletim/cep_pt.pdf
- Dunshea, F., Leury, B., Fahri, F., DiGiacomo, K., Hung, A., Chauhan, S., Clarke, I., Collier, R., Little, S., Baumgard, L., & Gaughan, J. (2013). Amelioration of thermal stress impacts in dairy cows. *Animal Production Science*, *53*(9), 965-975. <https://doi.org/10.1071/AN12384>
- Dutta, S., & Lanvin, B. (2022). *The Network Readiness Index 2022*. Portulans Institute. <https://networkreadinessindex.org/countries/>
- Dutta, S., Lanvin, B., León, L., & Wunsch-Vincent, S. (2022). *Global Innovation Index 2022 What is the future of innovation-driven growth?* World Intellectual Property Organization. https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2022/
- Endres, M., & Schwartzkopf-Genswein, K. (2018). Overview of cattle production systems. In C. Tucker (Ed.), *Advances in Cattle Welfare*, (pp. 1–26). Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100938-3.00001-2>

- Evans, R., Wallace, M., Garrick, D., Dillon, P., Berry, D., & Olori, V. (2006). Effects of calving age, breed fraction and month of calving on calving interval and survival across parities in Irish spring-calving dairy cows. *Livestock Science*, *100*(2–3), 216–230. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.09.003>
- Fabris, T., Laporta, J., Skibiel, A., Corra, F., Senn, B., Wohlgemuth, S., & Dahl, G. (2019). Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. *Journal of dairy science*, *102*(6), 5647–5656. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15721>
- Fernandez-Novo, A., Santos-Lopez, S., Barrajon-Masa, C., Mozas, P., de Mercado, E., Caceres, E., Garrafa, A., Gonzalez-Martin, J., Perez-Villalobos, N., Oliet, A., Astiz, S., & Perez-Garnelo, S. (2021). Effects of Extender Type, Storage Time, and Temperature on Bull Semen Parameters. *Biology*, *10*(7), 630. <https://doi.org/10.3390/biology10070630>
- Ferreira, R., Ayres, H., Chiaratti, M., Ferraz, M., Araújo, A., Rodrigues, C., Watanabe, Y., Vireque, A., Joaquim, D., Smith, L., Meirelles, F., & Baruselli, P. (2011). The low fertility of repeat-breeder cows during summer heat stress is related to a low oocyte competence to develop into blastocysts. *Journal of Dairy Science*, *94*(5), 2383–2392. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3904>
- Flamenbaum, I., & Galon, N. (2010). Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. *The Journal of reproduction and development*, *56*, 36–41. <https://doi.org/10.1262/jrd.1056s36>
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (2018). *World Livestock: Transforming the Livestock Sector through the Sustainable Development Goals*. Retirado de <http://www.fao.org/3/CA1201EN/ca1201en.pdf>
- Forde, N., Beltman, M., Lonergan, P., Diskin, M., Roche, J., & Crowe, M. (2011). Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle. *Animal Reproduction Science*, *124*(3-4), 163-169. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.025>.
- Foroutan, A., Guo, A., Vazquez-Fresno, R., Lipfert, M., Zhang, L., Zheng, J., Badran, H., Budinski, Z., Mandal, R., Ametaj, B., & Wishart, D. (2019). Chemical Composition of Commercial Cow's Milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *67*(17), 4897–4914. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00204>

- Freitas, N., Ibiapina, D., & Bezerra, K. (2022). Consequências da deficiência de vitamina B12 em lactentes de mães vegetarianas: uma revisão. *Research, Society and Development*, 11(15), e293111537373. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37373>
- Fricke, P., Ricci, A., Giordano, J., & Carvalho, P. (2016). Methods for and Implementation of Pregnancy Diagnosis in Dairy Cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 32(1), 165–180. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2015.09.006>
- Fricke, P., Wiltbank, M., Carvalho, P., Giordano, J. (2015). Fertility programs to achieve high 21-day pregnancy rates in high producing Holstein dairy herds. Dairy Cattle Reproduction Council Proceedings, 15-27. Retirado de: <https://paulfricke.webhosting.cals.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/173/2015/02/2015-DCRC-paper.pdf>
- Friedman, E., Roth, Z., Voet, H., Lavon, Y., & Wolfenson, D. (2012). Progesterone supplementation postinsemination improves fertility of cooled dairy cows during the summer. *Journal of dairy science*, 95(6), 3092–3099. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5017>
- Friedman, E., Voet, H., Reznikov, D., Dagoni, I., & Roth, Z. (2011). Induction of successive follicular waves by gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin F(2 α) to improve fertility of high-producing cows during the summer and autumn. *Journal of dairy science*, 94(5), 2393–2402. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3939>
- Gallardo, M., Valtorta, S., Leva, P., Castro, H., & Maiztegui, J. (2001). Hydrogenated fish fat for grazing dairy cows in summer. *International journal of biometeorology*, 45(3), 111–114. <https://doi.org/10.1007/s004840100091>
- García-Ispierto, I., López-Gatius, F., Bech-Sabat, G., Santolaria, P., Yániz, J., Nogareda, C., Rensis, F., & López-Béjar, M. (2007). Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain. *Theriogenology*, 67(8), 1379–1385. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.02.009>
- Garcia-Ispierto, I., Roselló, M., De Rensis, F., & López-Gatius, F. (2013). A five-day progesterone plus eCG-based fixed-time AI protocol improves fertility over spontaneous estrus in high-producing dairy cows under heat stress. *The Journal of reproduction and development*, 59(6), 544–548. <https://doi.org/10.1262/jrd.2013-041>

- Gendelman, M., Aroyo, A., Yavin, S., & Roth, Z. (2010). Seasonal effects on gene expression, cleavage timing, and developmental competence of bovine preimplantation embryos. *Reproduction*, 140(1), 73–82. <https://doi.org/10.1530/REP-10-0055>
- Gilbert, R. (2016). Management of Reproductive Disease in Dairy Cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 32(2), 387-410. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.009>
- Gilbert, R. (2019). Symposium review: Mechanisms of disruption of fertility by infectious diseases of the reproductive tract. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 3754-3765. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15602>
- Ginther, O., Knopf, L., & Kastelic, J. (1989). Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two and three follicular waves. *Journal of reproduction and fertility*, 87(1), 223–230. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0870223>
- Giordano, J., Thomas, M., Catucuamba, G., Curler, M., Masello, M., Stangaferro, M., & Wijma, R. (2016). Reproductive management strategies to improve the fertility of cows with a suboptimal response to resynchronization of ovulation. *Journal of dairy science*, 99(4), 2967–2978. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10223>
- Givens, M., & Marley, M. (2008). Infectious causes of embryonic and fetal mortality. *Theriogenology*, 70(3), 270–285. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.04.018>
- Gobikrushanth, M., Macmillan, K., Behrouzi, A., Hoff, B., & Colazo, M. (2019). The factors associated with postpartum body condition score change and its relationship with serum analytes, milk production and reproductive performance in dairy cows. *Livestock Science*, 228, 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.05.016>
- Grant, R. (2012). *Economic benefits of improved cow comfort* (1^a ed.). Novus International, Inc. https://www.dairychallenge.org/pdfs/2016_National/Economic_Benefit_Cow_Comfort_Rick_Grant.pdf
- Green, R., Allen, L., Bjørke-Monsen, A., Brito, A., Guéant, J., Miller, J., Molloy, A., Nexo, E., Stabler, S., Toh, B., Ueland, P., & Yajnik, C. (2017). Vitamin B12 deficiency. *Nature Reviews Disease Primers*, 3, 17040. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.40>

- Grimard, B., Freret, S., Chevallier, A., Pinto, A., Ponsart, C., & Humblot, P. (2006). Genetic and environmental factors influencing first service conception rate and late embryonic/foetal mortality in low fertility dairy herds. *Animal Reproduction Science*, *91*(1-2), 31-44. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.03.003>
- Gröhn, Y., & Rajala-Schultz, P. (2000). Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Animal Reproduction Science*, *60-61*, 605–614. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00085-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00085-3)
- Guo, R., Chen, F., Mei, C., Dai, Z., Yan, L., & Shi, Z. (2020). Conception Rate and Reproductive Hormone Secretion in Holstein Cows Immunized against Inhibin and Subjected to the Ovsynch Protocol. *Animals*, *10*(2), 313. <https://doi.org/10.3390/ani10020313>
- Gupta, S. (2016). Brain food: Clever eating. *Nature*, *531*, S12–S13. <https://doi.org/10.1038/531S12a>
- Hansen, P. (2019). Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: implications for fertility and assisted reproduction. *Animal reproduction*, *16*(3), 497–507. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2019-0053>
- Hansen, P., & Aréchiga, C. (1999). Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *Journal of animal science*, *77*(2), 36–50. https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_236x
- Hein, K., & Allrich, R. (1992). Influence of exogenous adrenocorticotrophic hormone on estrous behavior in cattle. *Journal of animal science*, *70*(1), 243–247. <https://doi.org/10.2527/1992.701243x>
- Herbut, P., Angrecka, S., & Walczak, J. (2018). Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle-a review. *International journal of biometeorology*, *62*(12), 2089–2097. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9>
- Holodova, L., Novoselova, K., Mikhalev, E. Onegov, A., & Chirgin, E. (2019). The effect of age on milk productivity and reproductive qualities of dairy cows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *315*(), 022087. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/2/022087>

- Hovingh, E. (2009). Abortions in Dairy Cattle I: Common Causes of Abortions. *Virginia Cooperative Extension*, 404-288. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/48400>
- Hulett, J., Weiss, R., Bwibo, N., Galal, O., Drorbaugh, N., & Neumann, C. (2014). Animal source foods have a positive impact on the primary school test scores of Kenyan schoolchildren in a cluster-randomised, controlled feeding intervention trial. *The British journal of nutrition*, 111(5), 875–886. <https://doi.org/10.1017/S0007114513003310>
- Hutchinson, I., Shalloo, L., & Butler, S. (2013). Expanding the dairy herd in pasture-based systems: the role of sexed semen use in virgin heifers and lactating cows. *Journal of dairy science*, 96(10), 6742–6752. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6476>
- Hysa, E., Kruja, A., Rehman, N., & Laurenti, R. (2020). Circular Economy Innovation and Environmental Sustainability Impact on Economic Growth: An Integrated Model for Sustainable Development. *Sustainability*, 12(12), 4831. <https://doi.org/10.3390/su12124831>
- Inskip, E., & Dailey, R. (2005). Embryonic Death in Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 21(2), 437-461. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2005.02.002>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera [IPMA] (2023a). *Séries longas*. <https://www.ipma.pt/pt/oclima/series.longas/>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera [IPMA] (2023b). *Boletim Anual 2022*. https://www.ipma.pt/pt/media/noticias/news.detail.jsp?f=/pt/media/noticias/textos/Boletim_climatologico_2022.html
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera [IPMA] (2023c). *Ondas de Calor*. <https://www.ipma.pt/pt/oclima/ondascalor/>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera [IPMA] (2023d). *Área educativa - CLIMA DE PORTUGAL CONTINENTAL*. <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>
- Intergovernmental Panel on Climate Changes [IPCC] (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Retirado de <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

- Jahanger, A., Usman, M., Murshed, M., Mahmood, H., & Balsalobre-Lorente, D. (2022). The linkages between natural resources, human capital, globalization, economic growth, financial development, and ecological footprint: The moderating role of technological innovations. *Resources Policy*, 76, 102569, <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102569>.
- Ji, B., Banhazi, T., Perano, K., Ghahramani, A., Bowtell, L., Wang, C., & Li, B. (2020). A review of measuring, assessing and mitigating heat stress in dairy cattle. *Biosystems Engineering*, 199, 4-26. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.07.009>
- Jubb, T. & Perkins, N. (2015). Veterinary Handbook for Cattle, Sheep and Goats. Meat and Livestock Australia Limited. Retirado de: <http://www.veterinaryhandbook.com.au/ContentSection.aspx?id=54>.
- Kaim, M., Bloch, A., Wolfenson, D., Braw-Tal, R., Rosenberg, M., Voet, H., & Folman, Y. (2003). Effects of GnRH administered to cows at the onset of estrus on timing of ovulation, endocrine responses, and conception. *Journal of dairy science*, 86(6), 2012–2021. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73790-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73790-4)
- Kanjanapruthipong, J., Homwong, N., & Buatong, N. (2010). Effects of prepartum roughage neutral detergent fiber levels on periparturient dry matter intake, metabolism, and lactation in heat-stressed dairy cows. *Journal of dairy science*, 93(6), 2589–2597. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2424>
- Karakaya-Bilen, E., Mecitoglu, G., Abdulkadir, K., Baris, G., Serim, E., Santos, J., & Gümen, A. (2018). Fertility of Lactating Dairy Cows Inseminated with Sex-Sorted or Conventional Semen after Ovsynch, Presynch-Ovsynch and Double-Ovsynch Protocols. *Reproduction in Domestic Animals*, 54(2), 309-316. <https://doi.org/10.1111/rda.13363>
- Kasimanickam, R., & Kasimanickam, V. (2021). Impact of heat stress on embryonic development during first 16 days of gestation in dairy cows. *Scientific Reports*, 11, 14839. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94278-2>
- Kenessey, Z. (1987). THE PRIMARY, SECONDARY, TERTIARY AND QUATERNARY SECTORS OF THE ECONOMY. *Review of Income and Wealth*, 33: 359-385. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4991.1987.tb00680.x>

- Keskin, A., Yilmazbas-Mecitoglu, G., Gumen, A., Karakaya, E., Darici, R., & Okut, H. (2010). Effect of hCG vs. GnRH at the beginning of the Ovsynch on first ovulation and conception rates in cyclic lactating dairy cows. *Theriogenology*, 74(4), 602–607. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.03.009>
- Khan, F., Prasad, S., & Gupta, H. (2013). Effect of heat stress on pregnancy rates of crossbred dairy cattle in Terai region of Uttarakhand, India. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 2(4), 277-279. [https://doi.org/10.1016/S2305-0500\(13\)60162-1](https://doi.org/10.1016/S2305-0500(13)60162-1)
- Kohsari, H. & Berenjian, K. (2022). Comparison of the effects of Presynch-Ovsynch, Presynch- Ovsynch+CIDR, and G6G protocols on the reproductive performance of lactating Holstein cows in the postpartum period. *Veterinarska stanica*, 53(4), 419-430. <https://doi.org/10.46419/vs.53.4.6>
- Lemale, J., Mas, E., Jung, C., Bellaiche, M., Tounian, P., & French-speaking Pediatric Hepatology, Gastroenterology and Nutrition Group (GFHGNP) (2019). Vegan diet in children and adolescents. Recommendations from the French-speaking Pediatric Hepatology, Gastroenterology and Nutrition Group (GFHGNP). *Archives de pediatrie : organe officiel de la Societe francaise de pediatrie*, 26(7), 442–450. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2019.09.001>
- Lieshout, G., Lambers, T., Bragt, M., & Hettinga, K. (2019). How processing may affect milk protein digestion and overall physiological outcomes: A systematic review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-24. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1646703>
- Liu, J., Li, L., Chen, X., Lu, Y., & Wang, D. (2019). Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: a novel idea for monitoring and evaluation of heat stress — A review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 32(9), 1332–1339. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0743>
- Livestock Global Alliance (2016). *Livestock for sustainable development in the 21st century*. Retirado de http://www.livestockdialogue.org/fileadmin/templates/res_livestock/docs/2016/LG A-Brochure-revMay13th.pdf
- López-Gatius, F., Llobera-Balcells, M., Palacín-Chauri, R., Garcia-Ispuerto, I., & Hunter, R. (2022). Follicular Size Threshold for Ovulation Reassessed. Insights from Multiple Ovulating Dairy Cows. *Animals*, 12(9), 1140. <https://doi.org/10.3390/ani12091140>

- López-Gatius, F., Santolaria, P., Yániz, J., Garbayo, J., & Hunter, R. (2004). Timing of early foetal loss for single and twin pregnancies in dairy cattle. *Reproduction in domestic animals*, 39(6), 429–433. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2004.00533.x>
- Loyau, T., Bedrani, L., Berri, C., Métayer-Coustard, S., Praud, C., Coustham, V., Mignon-Grasteau, S., Duclos, M. J., Tesseraud, S., Rideau, N., Hennequet-Antier, C., Everaert, N., Yahav, S., & Collin, A. (2015). Cyclic variations in incubation conditions induce adaptive responses to later heat exposure in chickens: a review. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 9(1), 76–85. <https://doi.org/10.1017/S1751731114001931>
- Malpaga, R., Varella, R., de Toledo, E., & Impaléa, L. (2021). Estresse oxidativo e a riboflavina: uma abordagem fisiopatológica da síndrome metabólica. *Brazilian Journal of Health Review*, 4(5), 19423–19432. <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n5-076>
- Masello, M., Perez, M., Granados, G., Stangaferro, M., Ceglowski, B., Thomas, M., & Giordano, J. (2019). Reproductive performance of replacement dairy heifers submitted to first service with programs that favor insemination at detected estrus, timed artificial insemination, or a combination of both. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1671-1681. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15200>
- McWhorter, T., Hutchison, J., Norman, H., Cole, J., Fok, G., Lourenco, D., & VanRaden, P. (2020). Investigating conception rate for beef service sires bred to dairy cows and heifers. *Journal of dairy science*, 103(11), 10374–10382. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18399>
- Min, L., Li, D., Tong, X., Nan, X., Ding, D., Xu, B., & Wang, G. (2019). Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review. *International journal of biometeorology*, 63(9), 1283–1302. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01744-8>
- Min, L., Zheng, N., Zhao, S., Cheng, J., Yang, Y., Zhang, Y., Yang, H., & Wang, J. (2016). Long-term heat stress induces the inflammatory response in dairy cows revealed by plasma proteome analysis. *Biochemical and biophysical research communications*, 471(2), 296–302. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.01.185>

- Miura, R., Haneda, S., Kayano, M., & Matsui, M. (2015). Short communication: Development of the first follicular wave dominant follicle on the ovary ipsilateral to the corpus luteum is associated with decreased conception rate in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 318-321. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8388>
- Moallem, U., Lehrer, H., Livshitz, L., Zachut, M., & Yakoby, S. (2009). The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency, and digestibility. *Journal of dairy science*, 92(1), 343–351. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0839>
- Mondaca, M. (2019). Ventilation Systems for Adult Dairy Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 199(1), 139–156. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.006>
- Monteiro, A., Tao, S., Thompson, I., & Dahl, G. (2014). Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: isolation of altered colostral and calf factors. *Journal of dairy science*, 97(10), 6426–6439. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7891>
- Moore, D., Overton, M., Chebel, R., Truscott, M., & BonDurant, R. (2005). Evaluation of factors that affect embryonic loss in dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226(7), 1112-1118. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.226.1112>
- Morales, J., & Cavestany, D. (2012). Anestro posparto en vacas lecheras: tratamientos hormonales. Revisión. *Veterinaria (Montevideo)*, 48(188), 19–27. <https://www.revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/212>
- Moreira, F., Orlandi, C., Risco, C., Mattos, R., Lopes, F., & Thatcher, W. (2001). Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 84(7), 1646–1659. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74600-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74600-0)
- Morini, G., Tummaruk, P. & De Rensis, F. (2019). Conception rates following an Ovsynch and fixed-time insemination protocol with progesterone inclusion in cyclic dairy cows during the warm and cold seasons. *Veterinarska stanica*, 50(3), 193-199. <https://hrcak.srce.hr/223826>

- Nabenishi, H., Ohta, H., Nishimoto, T., Morita, T., Ashizawa, K., & Tsuzuki, Y. (2011). Effect of the Temperature-Humidity Index on Body Temperature and Conception Rate of Lactating Dairy Cows in Southwestern Japan. *Journal of Reproduction and Development*, 57(4), 450–456. <https://doi.org/10.1262/jrd.10-135T>
- Nanas, I., Chouzouris, T., Dovolou, E., Dadouli, K., Stamperna, K., Kateri, I., Barbagianni, M., & Amiridis, G. (2021). Early embryo losses, progesterone and pregnancy associated glycoproteins levels during summer heat stress in dairy cows. *Journal of thermal biology*, 98, 102951. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102951>
- Negrón-Pérez, V., Fausnacht, D., & Rhoads, M. (2019). Invited review: Management strategies capable of improving the reproductive performance of heat-stressed dairy cattle. *Journal of dairy science*, 102(12), 10695–10710. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16718>
- Nguyen, T. Bowman, P., Haile-Mariam, M., Pryce, J., & Hayes, B. (2016). Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle. *Journal of dairy science*, 99(4), 2849–2862. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9685>
- Nouri, A., Patel, K., Montejo, J., Nasser, R., Gimbel, D., Sciubba, D., & Cheng, J. (2019). The Role of Vitamin B12 in the Management and Optimization of Treatment in Patients With Degenerative Cervical Myelopathy. *Global spine journal*, 9(3), 331–337. <https://doi.org/10.1177/2192568218758633>
- Nowicki, A., Barański, W., Baryczka, A., & Janowski, T. (2017). OvSynch Protocol and its Modifications in the Reproduction Management of Dairy Cattle Herds - an Update. *Journal of veterinary research*, 61(3), 329–336. <https://doi.org/10.1515/jvetres-2017-0043>
- Oikawa, K., Yamazaki, T., Yamaguchi, S., Abe, H., Bai, H., Takahashi, M., & Kawahara, M. (2019). Effects of use of conventional and sexed semen on the conception rate in heifers: A comparison study. *Theriogenology*, 135(1), 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.06.012>
- Pan, L., Bu, D., Wang, J., Cheng, J., Sun, X., Zhou, L., Qin, J., Zhang, X., Yuan, Y. (2014) Effects of Radix Bupleuri extract supplementation on lactation performance and rumen fermentation in heat-stressed lactating Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, 187(), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.09.008>

- Parkinson, T., & Morrell, J. (2019). Artificial Insemination. In D. Noakes, T. Parkinson, & G. England (Eds.), *Veterinary Reproduction and Obstetrics* (pp. 746-777). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-7233-8.00043-4>
- Pegoraro, L., Saalfeld, M., Weissheimer, C., & Vieira, A. (2009). *Manejo Reprodutivo em Bovinos de Leite* (1^a ed.). Embrapa Clima Temperado. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/746967/manejo-reprodutivo-em-bovinos-de-leite>
- Perano, K., Usack, J., Angenent, L., & Gebremedhin, K. (2015). Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling. *Journal of dairy science*, 98(8), 5252–5261. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8784>
- Perdomo, M., Marsola, R., Favoreto, M., Adesogan, A., Staples, C., & Santos, J. (2020). Effects of feeding live yeast at 2 dosages on performance and feeding behavior of dairy cows under heat stress. *Journal of dairy science*, 103(1), 325–339. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17303>
- Pereira P. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30(6), 619–627. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.01>
- Pettersson, K., Berglund, B., Strandberg, E., Gustafsson, H., Flint, A., Woolliams, J., & Royal, M. (2007). Genetic analysis of postpartum measures of luteal activity in dairy cows. *Journal of dairy science*, 90(1), 427–434. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72644-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72644-9)
- Polsky, L., & von Keyserlingk, M. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of dairy science*, 100(11), 8645–8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>
- Portaria n.º 42/2015 do Ministério da Agricultura e do Mar. (2015). Diário da República: I Série, 960 – 967. <https://dre.pt/dre/detalhe/portaria/42-2015-66536462>
- Putney, D., Malayer, J., Gross, T., Thatcher, W., Hansen, P., & Drost, M. (1988). Heat stress-induced alterations in the synthesis and secretion of proteins and prostaglandins by cultured bovine conceptuses and uterine endometrium. *Biology of reproduction*, 39(3), 717–728. <https://doi.org/10.1095/biolreprod39.3.717>

- Qaim, M. (2020). Role of New Plant Breeding Technologies for Food Security and Sustainable Agricultural Development. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42: 129-150. <https://doi.org/10.1002/aep.13044>
- Racioppi, F., Villamayor, G., & Serrano, N. (2017). MANIFESTACIONES NEUROLOGICAS DEL DEFICIT DE VITAMINA B12 EN PEDIATRIA. *Medicina Infantil*, 24(1), 27-30.
- REGULAMENTO DE EXECUÇÃO (UE) 2022/2534 DA COMISSÃO EUROPEIA. (2022). Jornal Oficial da União Europeia: L 328. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R2534&from=PT>
- Reichel, M., Wahl, L., & Ellis, J. (2020). Research into *Neospora caninum*—What Have We Learnt in the Last Thirty Years? *Pathogens*, 9(6), 505. <https://doi.org/10.3390/pathogens9060505>
- Rodriguez, J. (2019). *PÉRDIDA EMBRIONARIA* [Revisão bibliográfica, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositório da Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/items/dc6480bd-be1e-465c-a0e9-d795e03431e2>
- Roth, Z. (2020a). Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress - Experiences from the past and lessons for the present. *Theriogenology*, 155, 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.040>
- Roth, Z. (2020b). Influence of heat stress on reproduction in dairy cows —physiological and practical aspects. *Journal of Animal Science*, 98(1), 80–87. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa139>
- Roth, Z., Arav, A., Bor, A., Zeron, Y., Braw-Tal, R., & Wolfenson, D. (2001). Improvement of quality of oocytes collected in the autumn by enhanced removal of impaired follicles from previously heat-stressed cows. *Reproduction*, 122(5), 737–744. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1220737>
- Roth, Z., Bor, A., Braw-Tal, R., & Wolfenson, D. (2004) Carry-over effect of summer thermal stress on characteristics of the preovulatory follicle of lactating cows. *Journal of Thermal Biology*, 29(7-8), 681-685. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2004.08.040>

- Rowley, C., & Kendall, M. (2019). To B12 or not to B12: Five questions on the role of cobalamin in host-microbial interactions. *PLoS pathogens*, *15*(1), e1007479. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1007479>
- Salgueiro, M., & Almeida, J. (2016). O Stress do Calor em Vacas Leiteiras: 1. Mecanismos Fisiológicos e Consequências Produtivas. *Vaca leiteira*, *129*, 63-68. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4644.5202>
- Sanchez, W., McGuire, M., & Beede, D. (1994). Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. *Journal of dairy science*, *77*(7), 2051–2079. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77150-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77150-2)
- Schefers, J., Weigel, K., Rawson, C., Zwald, N., & Cook, N. (2010). Management practices associated with conception rate and service rate of lactating Holstein cows in large, commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, *93*(4), 1459–1467. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2015>
- Schüller, L., Burfeind, O., & Heuwieser, W. (2014). Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology*, *81*(8), 1050–1057. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.029>
- Schutz, K., Rogers, A., Cox, N., & Tucker, C. (2009) Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behaviour, and body temperature. *Applied Animal Behaviour Science*, *116*(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.07.005>
- Sejian, V., Valtorta, S., Gallardo, M., Singh, A. (2012) Ameliorative measures to counteract environmental stresses. In V. Sejian, S. Naqvi, T. Ezeji, J. Lakritz, & R. Lal (Eds.). *Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production* (pp. 153-180). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29205-7_7
- Shehab-El-Deen, M., Leroy, J., Fadel, M., Saleh, S., Maes, D., & Van Soom, A. (2010). Biochemical changes in the follicular fluid of the dominant follicle of high producing dairy cows exposed to heat stress early post-partum. *Animal reproduction science*, *117*(3), 189–200. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.04.013>

- Shoshani, E., & Hetzroni, A. (2013). Optimal barn characteristics for high-yielding Holstein cows as derived by a new heat-stress model. *Animal*, 7(1), 176–182. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001085>
- Siatka, K., Sawa, A., Krezel-Czopek, S., Piwczyński, D., & Bogucki, M. (2017). Effect of Some Factors on Number of Services per Conception in Dairy Cows. *Journal of Veterinary Science & Technology*, 8(5), 1000465. <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000465>
- Silva, M. & Pimentel, L. (2017). Mejoramiento genético en bovinos através de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 247-259. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285365>
- Simões, J., & Stilwell, G. (2021). Reproductive Anatomy and Physiology of the Nonpregnant and Pregnant Cow. In J. Simões & G. Stilwell (Eds.). *Calving Management and Newborn Calf Care* (pp. 1-22) Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68168-5_1
- Slukhai, S., & Borshchenko, T. (2019). Social welfare dynamics in post-socialist countries: unveiling the secrets of success. *Public Sector Economics*, 43(2), 167-194. <https://doi.org/10.3326/pse.43.2.3>
- Spiers, D., Spain, J., Sampson, J., & Rhoads, R. (2004). Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*, 29(7), 759–764. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2004.08.051>
- Stojanov, B., Atanasov, B., Grizelj, J., Vince, S., Nikolovski, M., Kjosevski, M., Dovenski, T., Adamov, N., Ilievska, K., & Samardzija, M. (2020). Induction and Formation of Accessory Corpus Luteum after Artificial Insemination (AI) Might Increase Pregnancy Rate per AI in Heat Stressed Dairy Cows. *Macedonian Veterinary Review*, 43(1), 37-43. <https://doi.org/10.2478/macvetrev-2020-0012>
- Tao, S., & Dahl, G. (2013). Invited review: heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *Journal of dairy science*, 96(7), 4079–4093. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6278>

- Tao, S., Dahl, G., Laporta, J., Bernard, J., Orellana Rivas, R., & Marins, T. (2019). PHYSIOLOGY SYMPOSIUM: Effects of heat stress during late gestation on the dam and its calf¹². *Journal of animal science*, 97(5), 2245–2257. <https://doi.org/10.1093/jas/skz061>
- Tao, S., Rivas, R., Marins, T., Chen, Y., Gao, J., & Bernard, J. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*, 150, 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>
- Tenhagen, B., Surholt, R., Wittke, M., Vogel, C., Drillich, M., & Heuwieser, W. (2004). Use of Ovsynch in dairy herds--differences between primiparous and multiparous cows. *Animal reproduction science*, 81(1-2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.08.009>
- THE WORLD BANK (2020). *Economy*. <https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/themes/economy.html>
- Toledo, I., Dahl, G., & De Vries, A. (2021). Dairy cattle management and housing for warm environments. *Livestock Science*, 255(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104802>
- Toussaint, O., & Schneider, E. (1998). The thermodynamics and evolution of complexity in biological systems. *Comparative biochemistry and physiology Part A*, 120(1), 3–9. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(98\)10002-8](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(98)10002-8)
- Townson, D., Tsang, P., Butler, W., Frajblat, M., Griel, L., Jr, Johnson, C., Milvae, R., Niksic, G., & Pate, J. (2002). Relationship of fertility to ovarian follicular waves before breeding in dairy cows. *Journal of animal science*, 80(4), 1053–1058. <https://doi.org/10.2527/2002.8041053x>
- Trevisi, E., & Bertoni, G. (2009). Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, 8(sup1), 265–286. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.265>
- Tudi, M., Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>

- Ukita, H., Yamazaki, T., Yamaguchi, S., Abe, H., Toshimi, B., Bai, H., Takahashi, M., & Kawahara, M. (2022). Environmental factors affecting the conception rates of nulliparous and primiparous dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *105*(8), 6947-6955. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21948>
- Ungerfeld, R., Kmaid, S., Baldi, F., & Salveraglio, V. (2021). Probability of pregnancy to artificial insemination either after detected oestrus or at a fixed time in dairy cows: Influence of intrinsic and extrinsic factors in a large-scale, on-farm study. *Reproduction in Domestic Animals*, *56*(5), 783-791. <https://doi.org/10.1111/rda.13918>
- United Nations. (2023). *ASSUNTOS GLOBAIS – População*. <https://www.un.org/en/global-issues/population>
- Veiga, F., Alexandre, F., Silva, J., & Arezes, P. (2019). *Crescimento da Economia Portuguesa*. Universidade do Minho. <https://cip.org.pt/wp-content/uploads/2019/10/doc-Crescimento-Economia-Portuguesa.pdf>
- Walsh, D., Fahey, A., Mulligan, F., & Wallace, M. (2021). Effects of herd fertility on the economics of sexed semen in a high-producing, pasture-based dairy production system. *Journal of Dairy Science*, *104*(3), 3181-3196. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18676>
- Wang, J., Li, J., Wang, F., Xiao, J., Wang, Y., Yang, H., Li, S., & Zhijun, C. (2020). Heat stress on calves and heifers: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *11*(), 79. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00485-8>
- West J. (1999). Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *Journal of animal science*, *77*(2), 21–35. https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_221x
- West, J., Mullinix, B., & Bernard, J. (2003). Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, *86*(1), 232–242. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73602-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73602-9)
- Wilson, S., Marion, R., Spain, J., Spiers, D., Keisler, D., & Lucy, M. (1998). Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Lactating cows. *Journal of dairy science*, *81*(8), 2124–2131. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75788-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75788-1)

- Wiltbank, M., & Pursley, J. (2014). The cow as an induced ovulator: timed AI after synchronization of ovulation. *Theriogenology*, 81(1), 170–185. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.017>
- Wiltbank, M., Baez, G., Garcia-Guerra, A., Toledo, M., Monteiro, P., Melo, L., Ochoa, J., Santos, J., & Sartori, R. (2016). Pivotal periods for pregnancy loss during the first trimester of gestation in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 86(1), 239–253. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.037>
- Wolfenson, D. & Roth, Z. (2019). Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers*, 9(1), 32–38, <https://doi.org/10.1093/af/vfy027>
- Wolfenson, D., Roth, Z., & Meidan, R. (2000). Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. *Animal reproduction science*, 60-61, 535–547. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00102-0](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00102-0)
- Wolfenson, D., Thatcher, W., Badinga, L., Savio, J., Meidan, R., Lew, B., Braw-Tal, R., & Berman, A. (1995). Effect of heat stress on follicular development during the estrous cycle in lactating dairy cattle. *Biology of reproduction*, 52(5), 1106–1113. <https://doi.org/10.1095/biolreprod52.5.1106>
- World Health Organization [WHO] (2014). World health assembly global nutrition targets 2025: stunting policy brief. Retirado de: http://www.who.int/nutrition/topics/globaltargets_stunting_policybrief.pdf
- World organization for animal health [WOAH] (2022). ANIMAL WELFARE AND DAIRY CATTLE PRODUCTION SYSTEMS. In WOAH (Ed.), *Terrestrial Animal Health Code* (pp. 333-493). WOAH. <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access/>
- World organization for animal health [WOAH] (s.d.). *Animal Welfare*. <https://www.woah.org/en/what-we-do/animal-health-and-welfare/animal-welfare/#ui-id-1>
- Wrinkle, S., Robinson, P., Garrett, J. (2012) Niacin delivery to the intestinal absorptive site impacts heat stress and productivity responses of high producing dairy cows during hot conditions. *Animal Feed Science and Technology*, 175(1):33–47. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.04.005>

Zeron, Y., Ocheretny, A., Kedar, O., Borochoy, A., Sklan, D., & Arav, A. (2001). Seasonal changes in bovine fertility: relation to developmental competence of oocytes, membrane properties and fatty acid composition of follicles. *Reproduction*, 121(3), 447–454. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11226071/>

Zimbelman, R., Rhoads, R., Rhoads, M., Duff, G. Baumgard, L., & Collier, R. (2009, Fevereiro 26-27). A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. Southwest Nutrition & Management Conference, Arizona, Estados Unidos da América. https://www.researchgate.net/publication/251735409_A_Re-evaluation_of_the_Impact_of_Temperature_Humidity_Index_THI_and_Black_Globe_Humidity_Index_BGHI_on_Milk_Production_in_High_Producing_Dairy_Cows