

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA-**  
**PATOLOGIA E CIÊNCIAS CLÍNICAS**

**DISSERTAÇÃO**

**EFEITO DAS ESTAÇÕES DO ANO SOBRE A TAXA DE PRENHEZ DE**  
**FÊMEAS BOVINAS LEITEIRAS MESTIÇAS**

**Nicolas Moreira Piedras Monnerat Caparelli**

**2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA –  
PATOLOGIA E CIÊNCIAS CLÍNICAS**

**EFEITO DAS ESTAÇÕES DO ANO SOBRE A TAXA DE PREENHIZ DE  
FÊMEAS BOVINAS LEITEIRAS MESTIÇAS**

**NICOLAS MOREIRA PIEDRAS MONNERAT CAPARELLI**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Marco Roberto Bourg de Mello**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária – Patologia e Ciências Clínicas, Área de Concentração em Ciências Clínicas.

Seropédica, RJ  
Janeiro de 2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C236e Caparelli, Nicolas Moreira Piedras Monnerat , 1995-  
Efeito das estações do ano sobre a taxa de prenhez  
de fêmeas bovinas leiteiras mestiças / Nicolas Moreira  
Piedras Monnerat Caparelli. - Seropédica, 2023.  
29 f.

Orientador: Marco Roberto Bourg de Mello.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Medicina Veterinária, 2023.

1. Bovinocultura. 2. Estresse térmico. 3.  
Reprodução. I. Mello, Marco Roberto Bourg de , 1971-,  
orient. II Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Medicina  
Veterinária III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA –**  
**PATOLOGIA E CIÊNCIAS CLÍNICAS**

**NICOLAS MOREIRA PIEDRAS MONNERAT CAPARELLI**

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Medicina Veterinária**, no Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária (Patologia e Ciências Clínicas), Área de Concentração em Ciências Clínicas.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 16/01/2023

---

Marco Roberto Bourg de Mello. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Vera Lucia Teixeira de Jesus. Dra. UFRRJ

---

Joaquim Esquerdo Ferreira. Dr. CESVA



*Emitido em 2023*

**TERMO Nº 1196/2023 - IV (12.28.01.28)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 01/11/2023  
10:21 )*

**MARCO ROBERTO BOURG DE  
MELLO**

*PROFESSOR DO MAGISTERIO  
SUPERIOR DeptRAA  
(12.28.01.00.00.00.64)  
Matrícula: ###480#3*

*(Assinado digitalmente em 01/11/2023 10:25 )*

**VERA LUCIA TEIXEIRA DE JESUS**

*PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptRAA (12.28.01.00.00.00.64)  
Matrícula: ###015#9*

*(Assinado digitalmente em 16/11/2023 12:20 )*

**JOAQUIM ESQUERDO FERREIRA**

*ASSINANTE  
EXTERNO  
CPF:  
###.###.256-##*

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/documentos/> informando seu número: **1196**, ano: **2023**,  
tipo:

**TERMO**, data de emissão: **01/11/2023** e o código de verificação: **ab595c16cb**

## DEDICATÓRIA

*In memoriam de meu pai,  
Carlos José Monnerat  
Caparelli.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por guiar meus caminhos, provendo saúde e direcionamento para superar os obstáculos e desafios até aqui.

Agradeço à meus familiares e a minha companheira Márcia por todo apoio e compreensão da constante distância física em prol da realização desta importante conquista.

Meus sinceros agradecimentos aos mestres Prof. Dr. Marco R. B. Mello e Prof. Dr. Helcimar B. Palhano pelo apoio contínuo, pela valiosa orientação e os conhecimentos compartilhados, assim como à todos amigos e colaboradores que dedicaram seu tempo e trabalho em prol de um mesmo objetivo, sendo fundamentais para a realização deste estudo.

À Dr<sup>a</sup>. Andréia por facilitar o acesso aos dados da fazenda e por toda gentileza e colaboração durante a realização do estudo.

À todos professores, funcionários, pós-graduandos e estagiários do Setor de Reprodução Animal da UFRRJ pela boa convivência e ensinamentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de realizar o mestrado, bem como à CAPES pela bolsa que viabilizou a realização do estudo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

CAPARELLI, Nicolas Moreira Piedras Monnerat. **Efeito das estações do ano sobre a taxa de prenhez de fêmeas bovinas leiteiras mestiças**. 2023. 29p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Instituto de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária – Patologia e Ciências Clínicas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

A presença de fatores estressantes destaca-se como um dos principais elementos correlacionados à queda no desempenho produtivo e reprodutivo em bovinos. O estresse térmico tem sido discutido como um dos principais fatores a impactar a pecuária devido a crescente modificação das condições climáticas no mundo, em especial a elevação da temperatura. Em vacas de leite, o estresse térmico possui efeitos deletérios em diversas etapas do desenvolvimento reprodutivo, diminuindo a fertilidade dos rebanhos por diferentes vias. O índice de temperatura e umidade (ITU) tem sido utilizado amplamente como um indicador capaz de estimar o grau de conforto térmico na unidade de produção e por possuir correlação positiva com parâmetros fisiológicos indicativos de estresse e correlação negativa com aspectos produtivos e reprodutivos. Representa uma ferramenta de fácil acesso através de estações climáticas, permitindo quantificar o nível de exposição e o impacto sobre a saúde animal. Neste contexto, estudos relatam a redução do desempenho reprodutivo durante os meses mais quentes, mesmo em regiões de clima subtropical. O presente estudo de metanálise, teve como objetivo comparar as taxas de prenhez de fêmeas leiteiras mestiças nas diferentes estações do ano na região da Zona da Mata Mineira. Para tanto, foi realizado um estudo observacional utilizando dados oriundos de propriedade leiteira comercial localizada na cidade de Mar de Espanha/MG. A coleta de dados de temperatura e umidade ambiental foi realizada pela base INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Foram avaliadas as condições climáticas no período de 2014 a 2022 e caracterizadas pelo cálculo do ITU. O menor ITU foi observado durante o inverno ( $61,5 \pm 3,9$ ) enquanto o maior ocorreu no verão ( $68,4 \pm 3,6$ ). A taxa de prenhez observada no inverno (59,9%) foi significativamente maior do que a observada no verão (48,6%). Quando comparado os ITUs médios entre vacas gestantes e não gestantes dentro de cada uma das estações, não foi observada diferença significativa, assim como não foi observada diferença no período de serviço para nenhuma estação do ano. Animais apresentando composição genética mais próxima de *Bos taurus taurus* (7/8 e 15/16) apresentaram maior redução da taxa de prenhez durante o verão quando comparados a animais com menor composição europeia (30,5% e 62,3%, respectivamente), denotando maior sensibilidade às condições climáticas. Conclui-se que as condições climáticas subtropicais durante o verão impactaram negativamente a taxa de prenhez de fêmeas bovinas mestiças na população estudada e que esse impacto ocorreu de forma mais intensa em animais apresentando maior composição genética europeia.

Palavras-chave: Bovinocultura, Estresse térmico, Reprodução.

## ABSTRACT

CAPARELLI, Nicolas Moreira Piedras Monnerat. **Effect of the seasons on the pregnancy rate of crossbred dairy cows.** 2023. 29p. Dissertation (Master's degree in Veterinary Medicine). Instituto de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária – Patologia e Ciências Clínicas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

The presence of stressors stands out as one of the main elements correlated with the decrease in productive and reproductive performance in cattle. Thermal stress has been discussed as one of the main factors impacting livestock due to the increasing modification of climatic conditions in the world, in particular the increase in temperature. In dairy cows, heat stress has deleterious effects on several stages of reproductive development, decreasing the fertility of herds by different means. The temperature and humidity index (THI) has been widely used as an indicator capable of estimating the degree of thermal comfort in the production unit and because it has a positive correlation with physiological parameters indicative of stress and a negative correlation with productive and reproductive aspects. It represents an easily accessible tool through weather stations, allowing to quantify the level of exposure and the impact on animal health. In this context, studies report a reduction in reproductive performance during the warmer months, even in regions with a subtropical climate. This meta-analysis aimed to compare the pregnancy rates of crossbred dairy cows in different seasons of the year in the Zona da Mata Mineira region. For that, an observational study was carried out using data from a commercial dairy farm located in the city of Mar de Espanha/MG. The collection of environmental temperature and humidity data was carried out using the INMET base – Instituto Nacional de Meteorologia. The climatic conditions in the period from 2014 to 2022 were evaluated and characterized by the calculation of the THI. The lowest THI was observed during the winter ( $61.5 \pm 3.9$ ) while the highest occurred in the summer ( $68.4 \pm 3.6$ ). The pregnancy rate observed in winter (59.9%) was significantly higher than that observed in summer (48.6%). When comparing the average THIs between pregnant and non-pregnant cows within each of the seasons, no significant difference was observed, as well as no difference was observed in the period of service for any season of the year. Animals with a genetic composition closer to *Bos taurus taurus* (7/8 and 15/16) showed a greater reduction in pregnancy rate during the summer when compared to animals with a lower European composition (30.5% and 62.3%, respectively), denoting greater sensitivity to weather conditions. It is concluded that subtropical climatic conditions during the summer impacted the pregnancy rate of crossbred females in the studied population and that this impact occurred more intensely in animals with a higher European genetic composition.

Keywords: Cattle raising, Heat stress, Reproduction.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Índice de Temperatura e Umidade (ITU) médio ( $\pm$ Desvio Padrão) e taxa de prenhez de vacas mestiças leiteiras de acordo com as diferentes estações do ano.....	15
<b>Tabela 2.</b> Índice de Temperatura e Umidade (ITU) médio ( $\pm$ Desvio Padrão) entre vacas gestantes e não gestantes dentro das estações do ano.....	17
<b>Tabela 3.</b> Período de serviço ( $\pm$ Desvio Padrão) de vacas mestiças leiteiras de acordo com as diferentes estações do ano. ....	17
<b>Tabela 4.</b> Taxa de prenhez de vacas mestiças leiteiras de acordo com a composição genética nas diferentes estações do ano. ....	18

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Temperaturas que influenciam na fisiologia de diferentes raças. (Adaptado de MULLER, 1989). .....	4
--	---

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Representação gráfica da demanda energética nas zonas de hipotermia, homeotermia e hipertermia (Adaptado de PEREIRA, 2005). .....	3
<b>Figura 2.</b> Esquema representando a resposta do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) e sistema simpático-medular (SSM) e sua resposta ao estresse. CRH: hormônio liberador de corticotropina; VP: vasopressina; ACTH: hormônio adrenocorticotrópico; Ach: acetylcholina; NE: noradrenalina; EPI: epinefrina. (Adaptado de BURDICK et al., 2011). .....	6
<b>Figura 3.</b> Efeito do estresse sobre a função reprodutiva (Adaptado de Santos et al., 2013).....	9
<b>Figura 4.</b> Impactos do estresse pelo calor na reprodução. Adaptado de SAMMAD et al. (2020). .....	10
<b>Figura 5.</b> Modelo de relatório individual de animal obtido a partir do Software Esteio Gestão Agropecuária. ....	13

## LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACTH	Hormônio adrenocorticotrófico
CEUA-IZ/UFRRJ	Comissão de Ética no Uso de Animais do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
CL	Corpo lúteo
CRH	Hormônio liberador de corticotrofina
EPI	Epinefrina
FSH	Hormônio folículo estimulante
GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofinas
HPA	Eixo Hipotálamo-Hipófise-Adrenal
IA	Inseminação artificial
IATF	Inseminação artificial em tempo fixo
IP	Intervalo de partos
ITU	Índice de temperatura e umidade
LH	Hormônio luteinizante
NE	Noraepinefrina
SAM	Eixo Simpático-Adrenal-Medular
SNC	Sistema nervoso central
SNP	Sistema nervoso periférico
SSM	Sistema simpático medular
TA	Temperatura ambiental
TCI	Temperatura crítica inferior
TCS	Temperatura crítica superior
UR	Umidade relativa
VP	Vasopressina

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Fisiologia da Regulação Térmica</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>Estresse e Reprodução</b>	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>Estresse pelo Calor e sua Influência na Fertilidade</b>	<b>8</b>
<b>2.4</b>	<b>Classificação do Estresse Térmico</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Local e Período do Experimento</b>	<b>12</b>
<b>3.2</b>	<b>Coleta e Análise de Dados Reprodutivos</b>	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Coleta e Análise de Dados Climáticos</b>	<b>13</b>
<b>3.4</b>	<b>Diagnóstico de Gestação</b>	<b>14</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise Estatística</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>19</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>29</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa mundialmente um espaço de referência se tratando de produção agropecuária devido às suas características geográficas e de clima em sua maior parte tropical, propiciando solos férteis, diversificados e dispondo de grande extensão de terras agricultáveis. O rebanho bovino brasileiro é formado por 218,2 milhões de cabeças, apresentando no ano de 2020 um efetivo de 16,2 milhões de vacas ordenhadas com produção total de 35,4 bilhões de litros de leite (IBGE, 2020).

O rebanho leiteiro nacional é composto em grande parte por cruzamentos entre animais de origem europeia (*Bos taurus taurus*), adaptados a climas frios e com características de alta produtividade, e animais de origem indiana (*Bos taurus indicus*), com menor produtividade, mas que apresentam como principais características maior rusticidade e facilidade de adaptação ao clima tropical (COSTA et al., 2015a).

O aumento da demanda por produtos oriundos da pecuária e a constante elevação do valor dos insumos necessários para a produção tornam o mercado cada vez mais competitivo, exigindo que os produtores sejam cada vez mais eficientes. Dentre os diversos aspectos a serem considerados ao se tratar de produtividade na bovinocultura, o desempenho reprodutivo pode ser apontado como um dos principais elementos a influenciar os resultados produtivos do modelo pecuário adotado em cada particularidade de sistema. Assim, a compreensão dos fatores que afetam a reprodução são determinantes para direcionar o desenvolvimento e a aplicação de técnicas que permitam melhorar os indicadores de eficiência reprodutiva dos rebanhos brasileiros.

Entre as principais técnicas desenvolvidas para incrementar o desempenho reprodutivo, destacam-se a inseminação artificial (IA) convencional após observação do cio e a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), por meio da sincronização da ovulação. Em 2021, foram realizados 26 milhões de protocolos de IATF, que correspondem a 93% das inseminações realizadas no país (BARUSELLI et al., 2022), evidenciando a expansão desta técnica em detrimento da utilização da IA convencional. As biotécnicas da reprodução destacam-se como importantes ferramentas de manejo reprodutivo no contexto geral da reprodução de bovinos de leite e vem ganhando espaço ao proporcionar diminuição do período de serviço, antecipar a prenhez e aumentar consequentemente a taxa de prenhez total anual com diminuição do intervalo de partos (IP) nas propriedades produtoras de leite. Proporciona ainda otimização da mão de obra envolvida com o manejo do rebanho e planejamento de partos assim como a distribuição da produção de leite ao longo do ano (BARUSELLI et al., 2018).

Por outro lado, a presença de fatores estressantes destaca-se como um dos principais elementos correlacionados a queda no desempenho produtivo e reprodutivo em bovinos. O estresse é definido como a resposta comportamental e fisiológica gerada pelo animal quando submetido a agentes estressores. Dentre os agentes causadores de estresse, parâmetros ligados ao clima possuem grande importância devido as características climáticas do Brasil e ao caráter genético altamente heterogêneo do rebanho brasileiro, com diversos estudos mostrando impactos do estresse pelo calor sobre a reprodução (HANSEN & ARECHIGA, 1999; LOPEZ-GATIUS et al., 2005; BARBOSA et al., 2011; SILENCIATO et al., 2016).

No intuito de possibilitar a avaliação do conforto térmico de vacas leiteiras, diversos índices têm sido desenvolvidos e utilizados, sendo o índice de temperatura e umidade relativa do ar (ITU) um dos mais difundidos, permitindo qualificar o grau de conforto térmico dos animais na unidade de produção (SEJIAN et al., 2018).

O conhecimento dos mecanismos envolvidos nas respostas ao estresse pelo calor em animais submetidos às biotécnicas reprodutivas é de grande relevância para a compreensão

dos resultados reprodutivos da fazenda, permitindo auxiliar na tomada de decisões na propriedade direcionando o produtor à práticas de manejo que considerem os impactos do clima sobre o desempenho reprodutivo do rebanho.

Desta forma, a hipótese do presente estudo é que no verão, a fertilidade de bovinos leiteiros mestiços (Gir-Holandês) criados na zona da mata do estado de Minas Gerais é mais baixa. Assim, o objetivo do presente estudo foi comparar as taxas de prenhez de fêmeas leiteiras mestiças nas diferentes estações do ano.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Fisiologia da Regulação Térmica**

Os bovinos são classificados como animais homeotérmicos, uma vez que possuem a característica de realizar a manutenção da temperatura corporal constante frente a alterações ambientais mantendo sua homeostasia (CUNNINGHAN, 1999).

A homeostase é o estado de equilíbrio fisiológico que proporciona o funcionamento normal dos sistemas e a manutenção da vida, estando relacionada à interação do organismo com influências externas e internas. A homeostase se dá por uma série de modificações e adaptações fisiológicas realizadas mediante aos diferentes estímulos, por exemplo, por meio de mecanismos como a regulação metabólica de nutrientes, tais como sódio, gordura e glicose, e também realizando a manutenção de parâmetros clínicos, como a pressão arterial e a temperatura corporal, mantendo sua normotermia (SOUZA et al., 2015; BRITO et al., 2017).

O estado de normotermia é observado mediante diversos mecanismos fisiológicos, comportamentais e metabólicos que buscam equilibrar a termogênese, compreendida como a geração de calor oriunda de processos metabólicos e de trocas com o ambiente, e a termólise, compreendida pela capacidade de dissipar o calor gerado ou obtido do ambiente (HANSEN, 2004).

Os principais fatores que influenciam a temperatura corporal em bovinos são a raça, a idade, a alimentação, alguns aspectos ambientais como instalações, manejo e sistema de produção e também os fatores climáticos, como a estação do ano, temperatura ambiente e umidade relativa do ar (SCHMIDT-NIELSEN, 2002). Desequilíbrios em algum destes fatores podem ser capazes de gerar a insuficiência dos mecanismos de manutenção da temperatura corporal, interrompendo a homeostasia.

Em situações onde há o acúmulo excessivo de calor associado a incapacidade de dissipá-lo, observa-se o fenômeno clínico da hipertermia. Por outro lado, em condição de deficiência na geração de calor advinda dos processos metabólicos associado a insuficiência na obtenção de calor do ambiente observa-se a hipotermia (SANTOS et al., 2021).

A regulação dos mecanismos envolvidos no equilíbrio térmico é coordenada por uma complexa interação neuroendócrina entre o sistema nervoso central (SNC) e o sistema nervoso periférico (SNP), sendo o hipotálamo o principal agente termorregulador (MULLER, 1989). A comunicação entre ambiente e animal é intermediada por termorreceptores para frio e calor em vias aferentes que captam e conduzem os estímulos ambientais até o hipotálamo e vias eferentes que conduzem o estímulo e sinalizam a resposta gerada pelo hipotálamo ativando mecanismos termorregulatórios para dissipação ou conservação do calor (DUKES, 1996; CUNNINGHAN, 1999).

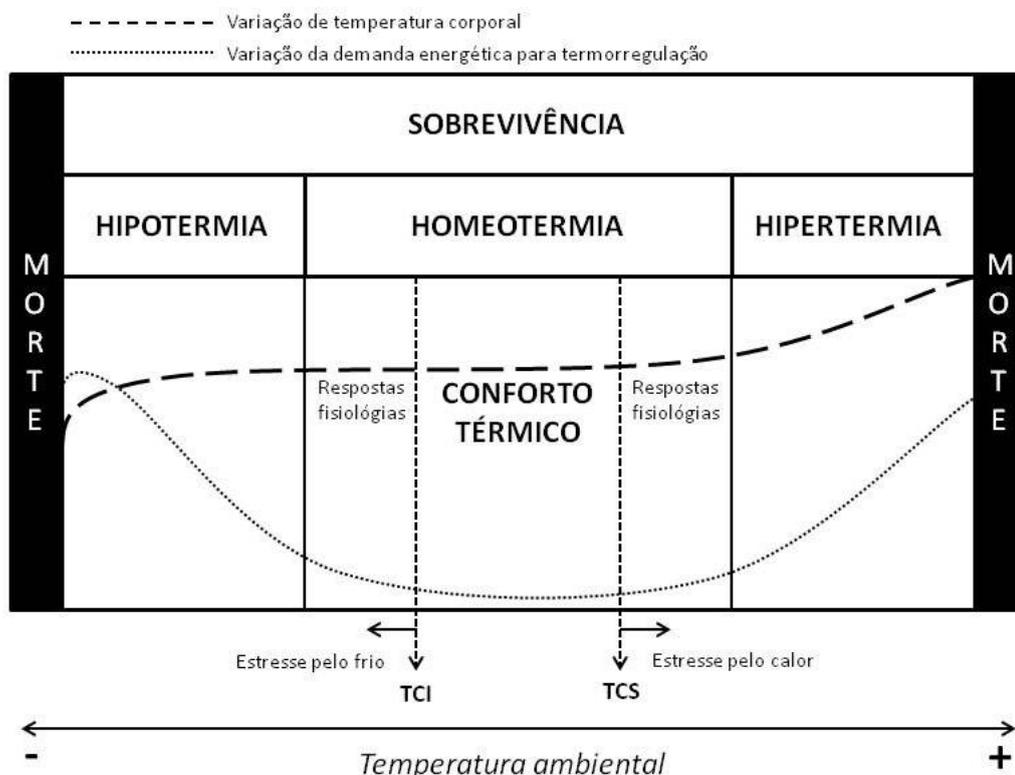
Em situações de elevação na temperatura ambiental acima do limite da normotermia, os principais mecanismos a serem ativados são a sudorese, aumento da frequência cardíaca e respiratória, vasodilatação periférica e diminuição da taxa metabólica buscando diminuir a

produção de calor, além de alterações comportamentais como a diminuição da ingestão de alimentos e aumento na ingestão hídrica (ROTH, 2020). Por outro lado, a vasoconstrição periférica, ereção dos pelos, aumento da taxa metabólica para produção de calor endógeno e modificações comportamentais visando retenção de calor são observados em quadros de diminuição da temperatura (SANTOS et al., 2021).

Em bovinos, as principais formas de obtenção e dissipação do calor são a radiação, a condução, a convecção e a evaporação. Na radiação, a obtenção de calor se dá por meio da absorção de ondas eletromagnéticas e ocorre durante exposição do animal ao sol ou proximidade sem o contato direto com objetos mais quentes que a temperatura corporal (BERMAN, 2014; SANTOS et al., 2021). A condução ocorre por meio da troca de calor em contato de uma temperatura mais elevada em direção a uma temperatura mais baixa (SILVA & MAIA, 2013). Já a convecção depende do gradiente térmico e acontece quando há a substituição de moléculas quentes por outras mais frias, como durante o contato da água ou vento com a pele (SCHUTZ et al., 2010; LOKESHBABU et al., 2018), e a evaporação é caracterizada pela conversão da água de estado líquido para o estado gasoso facilitando a perda de calor, como na sudorese. Segundo Maia et al. (2005), a evaporação cutânea é responsável por 85% do calor dissipado em bovinos.

Nas condições onde o animal encontra-se na faixa de termoneutralidade, pode-se admitir que o mesmo encontra-se em conforto térmico, havendo necessidade mínima da mobilização de energia para a obtenção da homeostase (GODYŃ et al., 2019). Desta forma, a energia pode ser direcionada para outras funções do organismo possibilitando uma melhor performance produtiva.

Uma forma de classificar as zonas de temperatura e identificar a variação na utilização de energia entre as diferentes condições fisiológicas, é utilizando a temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS), conforme representado na Figura 1.



**Figura 1.** Representação gráfica da demanda energética nas zonas de hipotermia, homeotermia e hipotermia (Adaptado de PEREIRA, 2005).

De maneira geral, as condições climáticas como a temperatura e a umidade do ar destacam-se como os principais agentes responsáveis por estimular os mecanismos de regulação térmica. Oscilações na temperatura ambiental exercem efeito direto sobre os animais, promovendo alterações comportamentais e fisiológicas. Da mesma forma, a umidade do ar quando elevada, representa um importante limitador na dissipação do calor, impactando negativamente a produtividade e o bem-estar animal (HERBUT et al., 2018; GODYŃ et al., 2019).

O desconforto térmico que está relacionado à alta umidade e temperatura ambiental, associado ao aumento do calor metabólico e irradiação solar intensa, pode determinar uma diminuição da ingestão de matéria seca (HARRISON et al., 1990), reduzindo a expressão do potencial produtivo e reprodutivo.

Em estudo realizado por Muller (1989), os limites de temperatura ambiental estimados para que o animal se encontre em conforto térmico foram caracterizados para diferentes raças (Quadro 1), demonstrando diferença nas faixas de temperatura considerada adequada entre raças distintas e destacando a influência do fator racial na percepção do estresse térmico.

**Quadro 1.** Temperaturas que influenciam na fisiologia de diferentes raças. (Adaptado de MULLER, 1989).

Limites térmicos da zona de conforto (temperatura do ar)		
	Inferior	Superior
Europeus adultos	-1°C	21°C
Europeus ao nascer	13°C	25°C
Zebu	10°C	27°C
Temperaturas críticas: (temperatura do ar)		
	Mínima	Máxima
Holandesa	-5°C	27°C
Jersey	-5°C	30°C
Pardo Suíça	-5°C	28°C
Brahma	0°C	35°C
Temperatura do ar em que começa o declínio do consumo		
Holandesa	24 a 26°C	
Jersey	26 a 29°C	
Pardo Suíça	29°C	
Brahma	32 a 35°C	
Limites térmicos que afetam a produção de leite		
	Mínimo	Máximo
Holandesa	-10°C	21°C
Jersey	0°C	24°C
Pardo Suíça	0°C	27°C
Brahma	0°C	32°C

Portanto, a compreensão da fisiologia da regulação térmica se faz relevante no incremento dos indicadores de eficiência reprodutiva e produtiva, devido ao contexto ambiental desafiador, de forma a direcionar a elaboração de estratégias que permitam mitigar os impactos do estresse pelo calor.

## 2.2 Estresse e Reprodução

A preocupação com o bem-estar, especialmente com animais inseridos em sistemas de produção animal, têm fomentado a discussão a respeito do estresse por conta de sua

importância em aspectos produtivos e comerciais (BECKER et al., 2020). O estado de bem-estar animal pode ser entendido como aquele em que o animal consegue se relacionar aos fatores ambientais em que está inserido em situação de conforto fisiológico (BROOM, 1988). De maneira mais ampla, a promoção do bem-estar animal pode ser balizada pelas cinco liberdades, que envolvem: liberdade fisiológica, liberdade ambiental, liberdade sanitária, liberdade comportamental e liberdade de medo e angústia (ANDRADE et al., 2008).

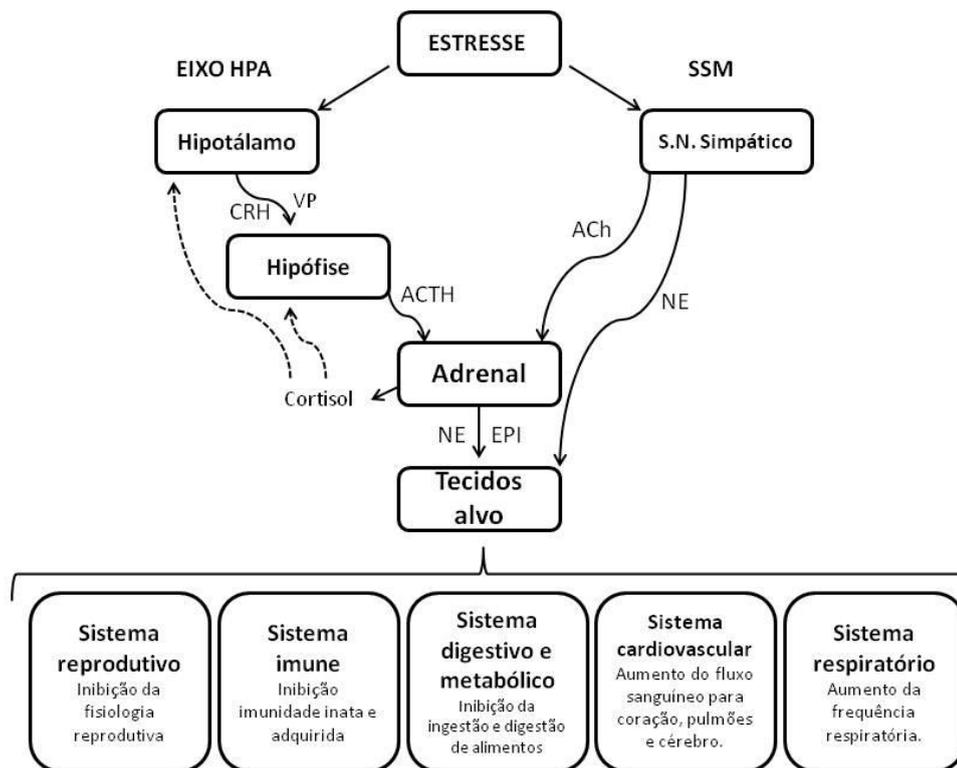
Nas últimas décadas, diversas definições foram desenvolvidas na tentativa de conceituar o termo estresse. Segundo Arantes et al. (2013), o estresse pode ser definido como o estado de desafio à homeostase, podendo afetar a produtividade causando impactos econômicos. Posteriormente, Collier et al. (2017) conceituaram o estresse como um evento ou condição externa que exerce pressão sobre um sistema biológico.

Desta forma, o estresse ocorre quando um estímulo interno ou externo resulta em um ajuste anormal da fisiologia (LYNCH et al., 2010; BURDICK et al., 2011) capaz de interromper a homeostasia (JAMILAH et al., 2019), gerando uma resposta que pode se manifestar de forma comportamental, metabólica ou fisiológica (COLLIER & GEBREMEDHIN, 2015) na tentativa de reestabelecer a homeostase.

Se tratando de animais inseridos em sistemas de produção, pode-se afirmar que há exposição constante destes indivíduos a fatores estressores, como doenças, manejo, temperamento e alterações climáticas – calor e frio (GEBREGEZIABHEAR, 2015). Da mesma forma, a realização de atividades inerentes ao manejo reprodutivo, como palpação retal, inseminação, aplicação de hormônios injetáveis e utilização de dispositivos intravaginais em protocolos de sincronização da ovulação devem ser considerados como potenciais agentes estressores capazes de prejudicar o desempenho reprodutivo (GRANDIN, 1997; COOKE et al., 2011; MACEDO et al., 2012; ETIM et al., 2013; KASIMANICKAM et al., 2014b).

Os fatores estressantes destacam-se como um dos principais aspectos correlacionados a queda no desempenho produtivo e reprodutivo, podendo estes serem de origem mecânica (traumas e lesões), química (drogas), biológica (agentes infecciosos), de natureza psíquica (medo), nutricional ou física (frio, calor – alterações climáticas) (COOKE & BOHNERT, 2011). O estresse pode ocorrer de maneira aguda quando o estímulo estressor possui duração de minutos a alguns dias, provocando uma resposta de “luta ou fuga” (HUGHES et al., 2014), sendo considerado uma resposta fisiológica. Quando a exposição ao agente estressor ocorre por longo prazo, o estresse passa a ser considerado crônico, sendo considerado um distúrbio de saúde (BROWN & VOSLOO, 2017). Nestes casos, a resposta do animal será influenciada pelo tempo de exposição e pela capacidade individual do animal em lidar com o estresse (HUGHES et al., 2014).

A resposta ao estresse é mediada por uma complexa interação neuroendócrina onde vias aferentes conduzem o estímulo estressante para diversas partes do sistema nervoso central (SNC), incluindo o tálamo, hipotálamo e córtex, estimulando a ativação de vias eferentes para dar origem a uma resposta ao estresse (COLLIER et al., 2017). Essa resposta é modulada principalmente pelo eixo simpático-adrenal-medular (SAM) (AICH et al., 2007; WONG et al., 2007; CHEN et al., 2015) e eixo hipotálamo-hipófise-adrenocortical (HPA) (LAY et al., 1996; MORMÈDE et al., 2007) impactando diversas funções do organismo conforme ilustrado na Figura 2.



**Figura 2.** Esquema representando a resposta do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) e sistema simpático-medular (SSM) e sua resposta ao estresse. CRH: hormônio liberador de corticotropina; VP: vasopressina; ACTH: hormônio adrenocorticotrófico; Ach: acetylcholina; NE: norpinefrina; EPI: epinefrina. (Adaptado de BURDICK et al., 2011).

A resposta ao estresse agudo ocorre principalmente pelo eixo SAM induzindo a produção de noradrenalina nos nervos simpáticos periféricos e epinefrina pela medula adrenal. Estas catecolaminas são responsáveis pela produção da resposta de luta ou fuga, causando, por exemplo, o aumento da frequência cardíaca e respiratória, aumento da pressão arterial e diminuição da atividade gastrointestinal (AICH et al., 2007).

Quando o eixo HPA não consegue conter os efeitos de um agente estressor, a homeostase não pode ser restaurada, gerando uma sobrecarga alostática que prejudica o sistema reprodutivo e o bem-estar animal devido ao estresse de caráter crônico (KUMAR, 2012; BROWN & VOSLOO, 2017).

Quando o estímulo estressante passa a se tornar crônico, metabólitos do eixo HPA desencadeiam reações comportamentais e neuroendócrinas (MORMÈDE et al., 2007; VON BORELL et al., 2007; KUMAR, 2012) como a diminuição na secreção do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), aumento da secreção hipotalâmica de hormônio liberador de corticotrofina (CRH) e opióides como a  $\beta$ -endorfina e aumento na produção de vasopressina (VP), que induzem a liberação do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) pela glândula pituitária. O ACTH atua estimulando a liberação de glicocorticoides na medula da adrenal, principalmente cortisol (DOBSON et al., 2000; SQUIRES, 2003; CHEN et al., 2015).

Os glicocorticóides atuam reduzindo a sensibilidade dos tecidos-alvo aos esteróides sexuais, inibindo a produção de esteróides gonadais e a capacidade das glândulas gonadais esteróides de regular a produção de gonadotrofinas na pituitária (SQUIRES, 2003). A presença de glicocorticóides também afeta negativamente a alimentação, o apetite e pode reduzir a liberação de hormônios esteróides durante horas ou dias, interrompendo a fisiologia e o comportamento reprodutivo (HEIN & ALLRICH, 1992; SAPOLSKY et al., 2000a; KASIMANICKAM et al., 2014a).

O aumento de cortisol na circulação sanguínea é um dos principais fatores e o mais importante biomarcador relacionado ao estresse (SAPOLSKY et al., 2000b), uma vez que essa substância atua aumentando o metabolismo celular, havendo uma relação positiva entre as concentrações de cortisol e a intensidade de estresse aos quais os animais estão sujeitos (ALEJANDRO et al., 2014).

Em grandes concentrações, o cortisol pode reduzir a secreção de hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) e conseqüentemente a diminuição da produção do hormônio folículo estimulante (FSH) e da frequência de pulsabilidade do hormônio luteinizante (LH) (SILVA et al., 2010). Desta forma, a onda de LH gerada é deficitária e se torna insuficiente para causar a ovulação ou luteinização, ocasionando problemas de fertilidade relacionados a capacidade de fecundação ou qualidade embrionária, podendo ainda induzir síndrome ovariana cística (DEBUS et al., 2002; COOKE & BOHNERT, 2011; COOKE et al., 2017).

Adicionalmente, a elevação de cortisol tem sido relacionada à redução da concentração sérica de progesterona (ROCHA et al. 2012; WOLFENSON et al., 2002) e, conseqüentemente, aumento na ocorrência de perdas embrionárias por insuficiência do corpo lúteo em produzir progesterona (ALEJANDRO et al., 2014). A progesterona é um hormônio essencial para a manutenção da prenhez e sua insuficiência está relacionada a redução da fertilidade, sendo a suplementação de progesterona exógena ou indução da formação de corpo lúteo acessório utilizadas em diversos estudos como estratégia para mitigar os impactos do estresse sobre a reprodução incrementando a fertilidade (GARCIA-ISPIERTO et al., 2017; BESBACI et al., 2020; COUTO et al., 2022).

Ainda, a reatividade em bovinos vem sendo descrita como um fator relacionado a intensidade da resposta ao estímulo estressante e que apresenta relação positiva com a concentração sérica de cortisol, diminuindo o potencial produtivo e reprodutivo dos animais, podendo afetar a fertilização, o desenvolvimento embrionário e fetal e reduzir a atividade sexual dos animais (SHEHAB-EL-DEEN et al., 2010; COOKE et al., 2011; COOKE, 2014).

Couto et al. (2022) identificaram em bovinos de corte que animais de temperamento excitável apresentaram maiores concentrações de cortisol em relação aos animais considerados de temperamento adequado durante o manejo. Relataram ainda a ocorrência de folículos pré-ovulatórios menores no momento da inseminação, menores volumes do corpo lúteo sete dias após a ovulação e menor taxa de concepção em animais excitáveis quando comparados a animais de temperamento adequado, corroborando com os achados de Cooke et al. (2011).

Da mesma forma, Guerson et al. (2021) reportaram que animais de temperamento excitável apresentam maior concentração de cortisol no dia da inseminação em relação aos animais de temperamento adequado. Ainda no estudo em questão, com auxílio da ultrassonografia color Doppler, o grupo de animais excitáveis apresentou menor número de pixels e menor intensidade de pixels no folículo, indicando diminuição na perfusão sanguínea.

Foram observados ainda menores volumes dos folículos pré-ovulatórios no dia da inseminação e menores volumes dos CLs no dia 7 após a inseminação. Segundo Tarso et al. (2016), a perfusão vascular dos folículos em bovinos está altamente relacionada ao aumento do diâmetro do folículo, sendo relatado por diversos autores a existência de um impacto negativo do temperamento no desenvolvimento dos folículos (KASIMANICKAM et al., 2014b; MELLO et al., 2020) e do corpo lúteo (VASCONCELOS et al., 2013; VEDOVATTO et al., 2021), que se refletem em redução da fertilidade.

Em estudo realizado com novilhas da raça Nelore por Cooke et al. (2011), animais considerados reativos apresentaram taxa de prenhez reduzida em 17% quando comparada ao resultado obtido em grupos de animais com temperamento classificado como adequado, destacando o impacto negativo do estresse na reprodução. Em estudo semelhante, Jimenez

Filho et al. (2012) relataram maior taxa de concepção para animais de temperamento

adequado (54%) em comparação a animais reativos (51%). Ainda, Rueda et al. (2015) observaram 60% e 47% de taxa de prenhez em vacas adequadas e vacas excitáveis, respectivamente. Da mesma forma, Mello et al. (2017) relataram 58,10% de concepção em animais adequados e 54,52% em animais excitáveis, apresentando diferença estatística ( $P=0,02$ ).

### **2.3 Estresse pelo Calor e sua Influência na Fertilidade**

O estresse pelo calor tem sido discutido como um dos principais fatores a impactar a pecuária devido a crescente modificação das condições climáticas no mundo, em especial a elevação da temperatura (COLLIER, 2012; DAS et al., 2016).

Levando em consideração as especificidades raciais correspondentes às faixas de conforto térmico (MULLER, 1989) e objetivando o aumento da produtividade, tem se adotado amplamente o cruzamento entre raças de origem zebuína, conferindo maior resistência às condições ambientais, e raças europeias especializadas em produção de leite, conferindo incremento na produtividade. Desta forma, é possível promover a heterose usando da complementariedade entre estes grupos genéticos visando a obtenção de animais produtivos e adaptados às condições ambientais do clima tropical (FACÓ et al., 2002). No entanto, cabe ressaltar que ainda estes animais mestiços estão susceptíveis aos efeitos do estresse pelo calor (COSTA et al., 2015b).

A correlação entre alta temperatura e elevada umidade relativa do ar com a fisiologia reprodutiva encontra-se na limitação do animal em dissipar o calor para o ambiente, potencializando a ativação dos mecanismos fisiológicos, metabólicos e comportamentais característicos do estresse, reduzindo o desempenho reprodutivo (BAENA et al., 2019).

O controle endócrino da reprodução, seja nas fêmeas ou nos machos, é realizado por meio de hormônios sintetizados pelo eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, sendo dependente da produção destes hormônios em concentrações adequadas a fim de obter o pleno desenvolvimento da atividade reprodutiva. No entanto, os mecanismos neuroendócrinos relacionados a resposta aos estímulos estressantes descritos anteriormente impactam diretamente no funcionamento da fisiologia reprodutiva (ROTH, 2020).

A elevação nos níveis séricos de CRH, ACTH, cortisol e outras moléculas oriundas da resposta ao estresse atuam diminuindo os níveis de GnRH. Em consequência, há menor estímulo para a produção dos hormônios FSH e LH pela pituitária. Desta forma, haverá comprometimento da capacidade de esteroidogênese e da dinâmica folicular interrompendo o comportamento e a fisiologia reprodutiva, conforme ilustrado na Figura 3 (DOBSON et al, 2000; ROTH et al., 2001; SQUIRES, 2003).





**Figura 4.** Impactos do estresse pelo calor na reprodução. Adaptado de SAMMAD et al. (2020).

Alterações precoces nas concentrações de estradiol, progesterona e inibina prejudicam o desenvolvimento folicular, podendo explicar o anestro prolongado e a ocorrência de ciclos estrais irregulares (SAMMAD et al., 2020). Wolfenson et al. (1993) observaram concentrações plasmáticas de inibina menores durante o verão em animais leiteiros, podendo esta queda ser atribuída a redução da foliculogênese que ocorre durante os períodos de elevada temperatura, uma vez que significativa proporção da inibina plasmática é oriunda de pequenos e médios folículos (SAMMAD et al., 2020). Adicionalmente, Kaneko et al. (1997) identificaram uma relação inversa entre as concentrações de FSH plasmático e inibina durante o ciclo estral.

Segundo Hyttel et al. (2001), os folículos pré-antrais possuem maior resistência ao estresse pelo calor enquanto os folículos antrais apresentam maior susceptibilidade devido ao fato de serem mais sensíveis aos estímulos dos hormônios gonadotróficos. Ainda, Roth et al. (2001) atribuíram o desenvolvimento insuficiente do corpo lúteo e a redução da progesterona sérica como uma consequência dos efeitos deletérios do estresse térmico sobre o desenvolvimento do folículo, corroborando os achados de Biggers et al. (1987) e Burke et al. (2001), que associaram o estresse pelo calor a menor peso e diâmetro do corpo lúteo.

Badinga et al. (1985), por meio de estudos de imagem, reportaram que a hipertermia afeta a dinâmica folicular aumentando a proporção de folículos grandes, causando maior ocorrência de dupla ovulação e prolongando o período de dominância folicular. Al-Katanani et al. (2002) relataram que o microambiente do folículo em desenvolvimento bem como o oócito são sensíveis ao estresse pelo calor, sofrendo processos que envolvem alterações morfológicas, estresse oxidativo, fragmentação nuclear e comprometimento mitocondrial, causando diminuição da competência oocitária (ROTH et al., 2001; PICCIONI et al., 2005).

Conseqüentemente, a proporção de oócitos que atingem o estágio de blastocisto é menor durante a estação de verão quando comparados ao inverno (GENDELMAN et al., 2010).

Em consequência do crescimento folicular em ambientes de menor concentração de

LH em períodos de estresse térmico, a produção de estrógeno pelo folículo é afetada, reduzindo a duração e a intensidade de comportamentos característicos do estro gerando ciclos silenciosos (SAMMAD et al., 2020), sendo o estresse térmico relacionado a diminuição no número de montagens por ciclo durante as estações mais quentes e a maior intervalo entre as montagens (WHITE et al., 2002). Adicionalmente, o aumento da concentração sérica de glicocorticóides decorrente da resposta ao estresse atua simultaneamente inibindo a produção de estradiol e o comportamento sexual (HEIN & ALLRICH, 1992).

A temperatura ambiental elevada no dia da inseminação pode reduzir o desempenho reprodutivo em vacas leiteiras em lactação (MORTON et al., 2007). Esta redução na performance reprodutiva pode estar associada a perdas embrionárias precoces além de falhas na ovulação e na concepção, ocasionados por efeitos deletérios do estresse térmico no oócito, prejudicando a fertilização e o desenvolvimento embrionário inicial (HANSEN & ARECHIGA, 1999), elevando a taxa de ressinchronização e gastos com hormônios e dias de trabalho.

Nos primeiros dias do desenvolvimento embrionário, as vacas são altamente susceptíveis ao estresse térmico, impactando o desenvolvimento embrionário (EALY et al., 1993). Da mesma forma, o embrião em estágio pré-implantacional é altamente susceptível ao estresse por calor materno, reduzindo sua sensibilidade à medida que o desenvolvimento avança (SAMMAD et al., 2020). Os impactos do estresse térmico estão associados a alterações epigenéticas capazes de relacionar a hipertermia materna ao comprometimento do desenvolvimento folicular durante a fase adulta (RIVERA et al., 2003).

O estresse pelo calor durante a gestação compromete o ambiente uterino e pode prejudicar o desenvolvimento embrionário, estando relacionado a redução do crescimento fetal (EALY et al., 1993), aumento da ocorrência de teratologias (GRAHAM et al., 1998), redução da implantação embrionária e aumento da mortalidade (JORDAN, 2003). Esses estudos evidenciam que o estresse pelo calor pode impactar a fertilidade da fêmea bovina por diversas vias (COLLIER et al., 2017).

## 2.4 Classificação do Estresse Térmico

Vários índices têm sido desenvolvidos e utilizados para avaliar o conforto térmico de vacas leiteiras em seu contexto ecológico, seu ambiente e manejo na unidade de produção, como o índice de temperatura equivalente (BAETA et al., 1987), índice climático abrangente (SEJIAN et al., 2015) e o índice de temperatura e umidade - ITU (THOM, 1959). No entanto, o ITU desenvolvido por Thom (1959) e adaptado por diversos autores tem sido o indicador de estresse utilizado com maior frequência devido a sua simplicidade e conveniência, levando em consideração somente a temperatura e a umidade relativa do ar (WANG et al., 2018), podendo ser obtido pela seguinte fórmula:  $ITU = (0.8 \times TA + (UR \% / 100) \times (TA - 14.4)) + 46.4$ , onde AT = temperatura do ar e UR = umidade relativa do ar.

Diversos estudos demonstraram que o ITU possui forte correlação positiva com parâmetros fisiológicos, como temperatura retal, frequência respiratória e temperatura superficial da pele, e forte correlação negativa com parâmetros produtivos, como produção de leite, ingestão de alimentos e reprodução em gado de leite (COSTA et al., 2015b; AMAMOU et al., 2019; JI et al., 2020; YAN et al., 2020). Como exemplo, Garcia-Ispierto et al. (2017) relataram um aumento da probabilidade da ocorrência de perda gestacional em 1,05 vez a cada unidade de aumento no ITU entre os dias 21–30 de gestação.

No entanto, não existe um consenso quanto às faixas de ITU que indicam estresse. O ITU sofre influência em razão da ampla variação de fórmulas utilizadas para sua obtenção e pode expressar valores diferentes para condições de temperatura e umidade idênticas, além da literatura a respeito da classificação do estresse considerando o ITU para animais mestiços

serem limitadas.

Azevedo et al. (2005) realizaram um estudo buscando correlacionar alterações na frequência respiratória, aumento da temperatura retal e temperatura de superfície associado ao ITU, de forma a estimar os valores de ITU relacionados com a condição de estresse em animais mestiços holandês-zebu manejados. No estudo em questão, a frequência respiratória se mostrou um indicador de estresse térmico mais eficiente do que a temperatura retal ou temperatura de superfície, sugerindo valores críticos superiores de ITU em 80, 77 e 75 para os grupos genéticos  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ , respectivamente.

A informação a respeito dos níveis críticos superiores de temperatura e umidade e do impacto do estresse térmico na reprodução são importantes parâmetros que contribuem para a tomada de decisão, possibilitando ao produtor a adoção de estratégias que permitam minimizar suas consequências e potencializar o resultado produtivo da propriedade. As biotécnicas da reprodução têm sido cada vez mais aplicadas no intuito de incrementar a performance reprodutiva dos rebanhos, sendo que dados a respeito do impacto do ITU sobre essas ferramentas foram pouco descritos pela literatura, evidência necessidade de estudos que possam esclarecer essa relação.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado de acordo com os princípios éticos na experimentação animal e aprovado pela Comissão de Ética na Utilização de Animais do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CEUA – IZ – UFRRJ) sob processo número 0171-07-2022 (Anexo A).

#### 3.1 Local e Período do Experimento

O presente estudo foi realizado utilizando dados reprodutivos retrospectivos do período compreendido entre agosto de 2014 e outubro de 2022, coletados em fazenda comercial dedicada à pecuária leiteira situada no distrito de Engenho Novo, município de Mar de Espanha - MG (21°47'51.4"S 42°57'58.6"W), região da zona da mata mineira. A classificação climática da região segundo Köppen é do tipo CWA, clima subtropical/ tropical de altitude, com temperatura média de 20.2 °C e pluviosidade média anual de 1971 mm, com maior concentração de chuvas no mês de dezembro e menor no mês de julho. O mês de maior média para umidade relativa do ar é dezembro e a menor em setembro, sendo 79.93% e 68,98%, respectivamente.

Para a realização deste estudo, foram analisados 736 serviços reprodutivos de fêmeas mestiças Girolando (*Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*) com diferentes graus de cruzamento, submetidas a duas ordenhas diárias em ordenhadeira mecânica. Os animais apresentavam escore de condição corporal acima de 2,50 na escala de 1 a 5 (EDMONSON et al., 1989). O manejo nutricional foi baseado em sistema semi-intensivo com pastejo rotacionado em piquetes de *Bachiaria* cv. Marandú e com suplementação de volumoso e concentrado no cocho durante todo o ano de acordo com a produção de leite. Os animais recebiam sal mineral forçado durante o fornecimento de concentrado devido ao uso de homeopatia para controle de ectoparasitas e dispunham de bebedouros de água *ad libitum*.

O manejo sanitário foi realizando levando em conta a legislação em vigor para bovinos, sendo todo o rebanho vacinado febre aftosa, raiva e doenças reprodutivas (Bovigen Repro Total®). As fêmeas eram vacinadas contra a Brucelose na idade compreendida entre 3 a 8 meses, com a cepa B19. O controle de ectoparasitas foi realizado duas vezes ao ano nos animais em lactação.

### 3.2 Coleta e Análise de Dados Reprodutivos

Os dados reprodutivos foram obtidos por meio de coleta e análise de informações contidas em relatórios (Figura 5) emitidos a partir do banco de dados da fazenda (Software Esteio Gestão Agropecuária), compilando os dados referentes às atividades reprodutivas ocorridas durante as quatro estações do ano: verão, outono, inverno e primavera, de acordo com o calendário oficial, totalizando 736 serviços reprodutivos. Ainda, objetivando avaliar o impacto das estações do ano sobre diferentes grupos genéticos, os dados foram organizados em dois grupos distintos levando em consideração o grau sanguíneo *Bos taurus taurus/ Bos taurus indicus*, sendo: Grupo I composto por dados oriundos dos grupamentos genéticos 1/2, 1/4, 3/8, 3/4, 5/8; e Grupo II relativo aos dados reprodutivos de animais pertencentes aos grupamentos genéticos 7/8 e 15/16. As taxas de prenhez foram consideradas independente do sistema de acasalamento adotado na propriedade (IA, IATF ou Monta Natural).

Esteio						Gestão na palma da mão!
<b>Genealogia</b>						
Pai	Avô Paterno	Avô Materno	Mãe	Avô Paterno	Avô Materno	
Boeing	-	-	Primavera	Herdeiro	-	
<b>Lotes</b>						
Nome	Data de Entrada	Data de Saída				
Vaca Seca	20/04/2019	28/08/2019				
Vaca alta produção	28/08/2019	24/01/2020				
Vacas	22/11/2021	-				
Vaca baixa produção	24/01/2020	22/11/2021				
<b>Inseminações e Transferências de Embrião</b>						
Data	Tipo	Touro/Embrião	Diagnóstico de Gestação	Data do DG	Interrompido	
12/06/2022	Sêmen	Armour	Positivo	29/07/2022	-	
16/06/2019	Sêmen	Axxor	Positivo	21/07/2019	-	
04/08/2017	Sêmen	Gilcrest	-	-	-	
22/03/2016	Sêmen	Faraó	-	-	-	
13/05/2016	Sêmen	Lancelotti	-	-	-	
21/06/2017	Sêmen	Astro	-	-	-	
18/04/2022	Sêmen	TPVR	Negativo	27/05/2022	Morte Embrionária	
13/06/2016	Sêmen	Charmoso	-	-	-	
18/03/2021	Sêmen	Blowtorch	Positivo	18/04/2021	-	
19/04/2020	Sêmen	TPRF	Positivo	23/05/2020	-	
06/08/2018	Sêmen	Tango	Positivo	22/09/2018	-	
<b>Partos</b>						
Data	Inseminação	Tipo	Touro/Embrião	Cria	Sexo da cria	
05/03/2017	13/06/2016	Sêmen	Charmoso	-	-	
08/05/2018	04/08/2017	Sêmen	Gilcrest	202 - Meia Noite	Fêmea	
08/05/2019	06/08/2018	Sêmen	Tango	229 - Landinha	Fêmea	
23/03/2020	16/06/2019	Sêmen	Axxor	F002-8 - Filho da Amelia-8	Macho	
09/02/2021	19/04/2020	Sêmen	TPRF	F002-9 - Filho da Amelia-9	Macho	
esteiogestao.com.br - Gerado em 03/11/2022 às 15:21:11						
Página 2 de 5						

**Figura 5.** Modelo de relatório individual de animal obtido a partir do Software Esteio Gestão Agropecuária.

### 3.3 Coleta e Análise de Dados Climáticos

Para coleta de dados de temperatura e umidade ambiental, foi realizada busca no site do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (<https://portal.inmet.gov.br>), utilizando como referência a estação de Juiz de Fora (A518) situada na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), em Juiz de Fora/MG. A referida estação está localizada a 41 km da fazenda onde se encontravam os animais e foi a escolhida por ser a mais próxima, atendendo ao critério de representatividade meteorológica estabelecido pelo World Meteorological

Organization (WMO, 2007). Com o intuito de caracterizar o conforto térmico e avaliar o impacto das condições de temperatura e umidade sobre a prenhez, foram registradas as médias diárias para temperatura e umidade relativa do ar no dia em que foram realizados os serviços reprodutivos. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi calculado a partir do modelo proposto por THOM (1959), conforme descrito na equação abaixo:

$$ITU = (0,8 \times TA + (UR/100) \times (TA - 14,4) + 46,4)$$

Em que:

TA = temperatura do ar (°C);

UR = umidade relativa do ar (%)

### 3.4 Diagnóstico de Gestação

As fêmeas leiteiras foram submetidas ao diagnóstico de gestação pela ultrassonografia transretal, a partir de 40 dias da inseminação ou cobertura para verificar a prenhez e com mais de 60 dias para a confirmação da prenhez. O aparelho de ultrassom utilizado foi o modelo DP 2200 Vet, marca MINDRAY, com transdutor retal linear de 7,5-MHz. A partir dos dados calculou-se a taxa de prenhez, pela seguinte fórmula: Número de vacas gestantes/Número de vacas inseminadas ou cobertas x 100.

### 3.5 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada por meio do software Bioestat 5.3. A fim de analisar as diferenças entre as estações do ano para cada variável resposta, foi implementado um modelo linear geral com diferentes estruturas de erro (Gaussiana ou gama) e funções de ligação (identidade). As variáveis contínuas foram primeiro analisadas para heterogeneidade de variância e normalidade e posteriormente comparados por Anova. As taxas de prenhez foram testadas pelo teste binomial não paramétrico. O tamanho de cada amostra foi suficiente para a aproximação da curva normal à distribuição binomial, ou seja, as duas condições foram atendidas:  $n_1 p_1 q_1 \geq 5$  e  $n_2 p_2 q_2 \geq 5$ . Diferenças significativas foram consideradas para  $P < 0,05$  (5% significância). Os dados são apresentados como médias  $\pm$  desvio padrão e como porcentagens para resultados contínuos e binários, respectivamente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para taxa de prenhez e o ITU médio para as estações do ano obtidos durante análise de todo o período de estudo estão apresentados na Tabela 1. Os períodos de inverno apresentaram o menor ITU ( $61,5 \pm 3,9$ ) enquanto os períodos de verão apresentaram o maior ( $68,4 \pm 3,6$ ), sendo observada diferença estatística. A maior taxa de prenhez foi observada durante o inverno (59,9%), enquanto a menor taxa de prenhez foi observada durante o verão (48,6%), diferindo estatisticamente. Estes achados demonstram a relação entre a taxa de prenhez e o ITU, como caracterizador de conforto animal, e o efeito negativo das estações mais quentes do ano sobre o desempenho reprodutivo, sugerindo a confirmação da hipótese de que há influência negativa da temperatura e umidade na fertilidade de bovinos leiteiros mestiços Gir-Holandês criados na zona da mata de Minas Gerais.

**Tabela 1.** Índice de Temperatura e Umidade (ITU) médio ( $\pm$  Desvio Padrão) e taxa de prenhez de vacas mestiças leiteiras de acordo com as diferentes estações do ano.

<i>Estação do ano</i>	<i>Número de serviços</i>	<i>ITU</i>	<i>Taxa de prenhez (%)</i>
Verão	150	68,4 $\pm$ 3,6 <sup>a</sup>	48,6 <sup>b</sup>
Outono	232	64,4 $\pm$ 4,1 <sup>b</sup>	50,4 <sup>b</sup>
Inverno	227	61,5 $\pm$ 3,9 <sup>c</sup>	59,9 <sup>a</sup>
Primavera	112	66,5 $\pm$ 4,3 <sup>a</sup>	55,4 <sup>ab</sup>

Letras sobrescritas diferentes dentro da mesma coluna representam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Em relação à taxa de prenhez, diversos estudos reportam sua redução durante as estações mais quentes do ano quando comparadas às taxas de prenhez com as demais estações. No entanto, foi relatado por De Rensis et al. (2017) que a redução da fertilidade durante o verão está presente também em regiões onde as condições climáticas se enquadram em intervalos característicos de conforto térmico para bovinos leiteiros, conforme encontrado no presente estudo. A subfertilidade em regiões subtropicais e temperadas decorrentes do estresse pelo calor também foi relatada por Das et al. (2016).

Não foi observada diferença para a taxa de prenhez durante o verão e o outono. Segundo Thatcher et al. (2010), os efeitos deletérios tardios do estresse térmico ocorrido durante o verão se refletem em redução da fertilidade durante o outono, corroborando com o resultado obtido no presente estudo. No entanto, na presente pesquisa não foi possível caracterizar a presença da condição de estresse devido ao baixo ITU obtido. Já o período de primavera não apresentou diferença na taxa de prenhez quando comparado às demais estações.

Os achados no presente estudo estão de acordo com os resultados apontados por Ayres et al. (2014), que observaram taxas de prenhez para vacas leiteiras mestiças criadas na região do triângulo mineiro de 43,7% e 26,9% durante o inverno e verão, respectivamente. Em estudo semelhante, Barbosa et al. (2011) também utilizando vacas leiteiras mestiças submetidas a protocolo de IATF observaram taxas de prenhez de 42,5% durante o inverno e 25% durante o verão, atribuindo a diminuição do desempenho reprodutivo ao estresse térmico.

Em estudo realizado por Silenciato et al. (2016), foram avaliados dois protocolos de sincronização da ovulação em diferentes estações do ano, sendo o Grupo I utilizando dispositivo intravaginal de progesterona e Grupo II sem utilização do dispositivo intravaginal de progesterona. As taxas de prenhez foram avaliadas considerando estação chuvosa (temperatura e umidade elevada) e seca (temperatura e umidade amenas). Durante o período chuvoso, as taxas de prenhez obtidas para os grupos I e II foram 40% e 8%, respectivamente, havendo diferença estatística. Por outro lado, durante o período seco, as taxas de prenhez apresentadas foram de 28% e 10% para os grupos I e II, respectivamente, não sendo encontrada diferença estatística para os tratamentos durante o período de temperaturas mais amenas. Ainda, as taxas de prenhez foram comparadas entre a estação chuvosa e seca dentro de cada grupo, não apresentando diferença estatística para nenhuma das estações dentro de ambos os tratamentos. Estes resultados sugerem a influência negativa dos períodos mais quentes do ano na reprodução, indo de encontro aos resultados obtidos no presente estudo.

Adicionalmente, o desempenho superior do Grupo I durante a estação de verão pode estar relacionado a ação da progesterona presente no dispositivo intravaginal frente ao desafio imposto pelas temperaturas mais altas.

Resultados similares foram descritos por Garcia-Ispierto et al. (2013) que observaram o aumento da taxa de prenhez por meio da utilização de dispositivo de progesterona em vacas sob estresse térmico. Os efeitos deletérios do calor ambiental e os benefícios da progesterona na fisiologia reprodutiva já descritos anteriormente sustentam a hipótese do efeito positivo da utilização da progesterona como estratégia para incrementar a fertilidade em animais sob condição de estresse (COUTO et al., 2022). Friedman et al. (2012; 2014) reportaram que a utilização de progesterona após a IA pode incrementar a fertilidade durante o verão em vacas com baixo escore de condição corporal ou com desordens reprodutivas pós-parto, evidenciando a importância da utilização da progesterona como estratégia para incrementar a fertilidade.

Em relação aos valores de ITU obtidos e utilizados como indicadores de conforto térmico animal, houve diferença significativa entre a estação de verão e a estação de inverno, que apresentaram resultados significativamente diferentes para a taxa de prenhez, conforme mencionado anteriormente. Apesar da determinação das classes de ITU e os intervalos sugestivos para conforto térmico ou estresse serem variados na literatura (HABEEB et al., 2018), os valores encontrados para ITU nas estações no presente estudo encontram-se abaixo de ITU 70, sendo um valor considerado de conforto térmico sugerido por diversos autores, conforme exposto por Habeeb et al. (2018). No entanto, cabe ressaltar que grande parte das classificações são realizadas levando em consideração animais da raça Holandesa, sendo escassa a literatura considerando animais mestiços.

Em estudo realizado no Brasil, Azevedo et al. (2005) buscaram caracterizar os níveis críticos superiores de ITU para gado leiteiro mestiço correlacionando alterações na frequência respiratória, temperatura retal e temperatura superficial e associando ao ITU onde houve alteração nestes indicadores fisiológicos, sugerindo estresse. No estudo em questão, os autores identificaram a frequência respiratória como parâmetro mais sensível ao estresse térmico e estimaram os valores críticos superiores de ITU iguais a 79, 77 e 76 para os animais oriundos do cruzamento Gir-Holandês de composição genética  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$ , respectivamente, sendo ainda mais superiores aos valores encontrados no presente estudo.

Ainda, em estudo realizado no Brasil por Da Costa et al. (2015a), foram observados ITUs mínimos de 71.1 e máximos de 83.2 durante os períodos avaliados, que segundo a classificação de Preez et al. (2000), compreendem desde estado de alerta até estado de emergência, respectivamente. Da mesma forma, Da Costa et al. (2015b) encontraram ITUs mínimos e máximos de 71 e 85, respectivamente. Os valores de ITU mínimos e máximos encontrados no presente estudo foram de 61.5 e 68.4. A discrepância entre os valores de ITU obtidos pode ser atribuída ao fato de que ambos os estudos citados foram realizados em clima caracterizado como semiárido tropical, enquanto o presente estudo foi realizado em clima subtropical.

Levando em consideração as diferenças na taxa de prenhez entre as estações e no fato de que o ITU observado apresentam valores caracterizados pela literatura como dentro da faixa de conforto térmico, sugere-se a elaboração de novos estudos que permitam avaliar o desempenho reprodutivo de vacas mestiças sobre faixas de ITU inferiores às zonas de conforto térmico estabelecidas atualmente.

O ITU médio foi descrito e comparado dentro das estações levando em consideração fêmeas gestantes e não gestantes conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Índice de Temperatura e Umidade (ITU) médio ( $\pm$  Desvio Padrão) entre vacas gestantes e não gestantes dentro das estações do ano.

<i>Estação do ano</i>	<i>Status reprodutivo (número de serviços)</i>	<i>ITU</i>
Verão	Prenhe (73)	66,8 $\pm$ 6,9 <sup>a</sup>
	Vazia (77)	66,5 $\pm$ 6,9 <sup>a</sup>
Outono	Prenhe (117)	64,3 $\pm$ 4,7 <sup>a</sup>
	Vazia (115)	64,2 $\pm$ 4,7 <sup>a</sup>
Inverno	Prenhe (136)	61,9 $\pm$ 4,6 <sup>a</sup>
	Vazia (91)	60,9 $\pm$ 5,2 <sup>a</sup>
Primavera	Prenhe (62)	66,9 $\pm$ 5,8 <sup>a</sup>
	Vazia (50)	66,5 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>

Letras sobrescritas iguais dentro da mesma coluna não diferem estatisticamente ( $p>0,05$ ).

Em nenhuma das estações do ano foram observadas diferenças estatísticas dos ITUs entre animais que ficaram gestantes e os não gestantes. Estes resultados indicam que as faixas de ITU encontradas durante as estações do ano não foram determinantes para o estabelecimento da prenhez, ou seja, não foram diferentes entre os grupos que emprenharam ou não durante a estação, contrariando a expectativa de que os animais que não emprenharam apresentariam ITU superior ao grupo de animais que emprenharam.

Estes resultados podem ser atribuídos às condições climáticas nas quais os animais foram submetidos, caracterizadas como temperaturas de clima subtropical e com verão de temperaturas não tão elevadas quanto em outras regiões do país. Cabe destacar que o ITU médio de todos os grupos e estações estavam dentro das faixas de ITU consideradas confortáveis para animais mestiços e até mesmo para animais de origem europeia sugeridas por Azevedo et al. (2005) e Preez et al. (2000), respectivamente.

O período de serviço nas diferentes estações também foi avaliado e está apresentado na Tabela 3, não sendo observadas diferenças estatísticas durante as estações. Para melhor avaliação do período de serviço, foram utilizados somente dados de animais que apresentaram o último parto no intervalo entre 30 dias antes e 30 dias após a data de início da estação, permitindo agrupar os animais que passaram o puerpério e maior parte do período de serviço em cada estação específica.

**Tabela 3.** Período de serviço ( $\pm$  Desvio Padrão) de vacas mestiças leiteiras de acordo com as diferentes estações do ano.

<i>Estação do ano</i>	<i>Período de serviço</i>
Verão	121,1 $\pm$ 81,5 <sup>a</sup>
Outono	113,5 $\pm$ 54,6 <sup>a</sup>
Inverno	112,8 $\pm$ 59,3 <sup>a</sup>
Primavera	105,7 $\pm$ 56,5 <sup>a</sup>

Letras sobrescritas iguais dentro da mesma coluna não diferem estatisticamente ( $p>0,05$ ).

Sammad et al. (2019) reportaram um aumento do período de serviço de vacas Holandesas durante o verão. O aumento do período de serviço durante o verão também foi relatado por De Rensis et al. (2003). Em estudo realizado por Oseni et al. (2003), o estresse térmico foi identificado como um importante fator relacionado ao aumento nos período de serviço de bovinos leiteiros. No entanto, a ausência de diferença no período de serviço entre

as estações do presente estudo pode ser atribuída às condições climáticas amenas, não havendo exposição ao calor de forma suficiente para que influenciasse no período de serviço ou ainda ao poder estatístico reduzido em função do número baixo de observações realizadas em cada estação do ano.

Visando avaliar a influência de diferentes composições genéticas sobre a taxa de prenhez de vacas leiteiras nas diferentes estações do ano, foi considerado o grau de sangue europeu/zebuíno, sendo os dados agrupados da seguinte forma: Grupo I composto por animais com até 75% da composição genética de origem europeia, sendo: 1/2, 1/4, 3/8, 3/4, 5/8; e grupo II composto por animais com mais de 75% de composição genética de origem europeia, sendo: 7/8 e 15/16.

A taxa de prenhez foi avaliada para ambos os grupos durante as estações e também comparada entre os grupos nas estações, conforme apresentado na Tabela 4. Nas avaliações dos grupos durante as estações, a taxa de prenhez do Grupo I não apresentou diferença estatística, indicando melhor adaptação às condições ambientais subtropicais da região. Por outro lado, no grupo II, composto por animais com maior composição genética europeia, foi observada menor taxa de prenhez durante o verão em relação às demais estações. Ainda, quando comparadas as taxas de prenhez dos grupos na mesma estação, foram observadas taxas de prenhez de 62,3% e 30,5% durante o verão para os grupos I e II, respectivamente, diferindo estatisticamente.

**Tabela 4.** Taxa de prenhez de vacas mestiças leiteiras de acordo com a composição genética nas diferentes estações do ano.

<i>Estação do ano</i>	<i>Taxa de prenhez (%)</i>		<i>Valor de P</i>
	<i>Grupo I</i>	<i>Grupo II</i>	
Verão	62,3 <sup>A</sup> (33/53)	30,5 <sup>aB</sup> (11/36)	0,003
Outono	64,6 (53/82)	55,4 <sup>b</sup> (36/65)	0,25
Inverno	62,0 (62/100)	56,2 <sup>b</sup> (36/64)	0,46
Primavera	53,8 (28/52)	55,2 <sup>b</sup> (16/29)	0,9
<i>Valor de P</i>	0,35	0,04	

Letras sobrescritas diferentes dentro da mesma coluna representam diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Grupo I = Animais dos grupos genéticos 1/2, 1/4, 3/8, 3/4, 5/8. Grupo II = Animais dos grupos genéticos 7/8 e 15/16.

A taxa de prenhez observada no Grupo II durante o verão se mostrou inferior tanto quando comparada às taxas de prenhez obtidas nas demais estações como quando comparada ao Grupo I durante a mesma estação. Estes resultados sugerem que, mesmo em regiões de clima subtropical, as temperaturas mais elevadas durante essa estação impactam negativamente na taxa de prenhez, em especial aos animais de composição genética mais sensível ao estresse pelo calor (animais com maior porcentagem de genética Holandesa). Da mesma forma, Da Costa et al. (2015a) em estudo avaliando a taxa de prenhez de vacas mestiças dos grupos 1/2 Holandês 1/2 Gir e 3/4 Holandês e 1/4 Gir observaram menor taxa de prenhez no grupo com maior percentual de genética europeia durante a estação mais quente e que apresentava maior ITU. Resultados similares foram obtidos por Da Costa et al. (2015b).

No presente estudo foram agrupados animais com maior composição genética europeia em relação aos utilizados no estudo citado em razão das condições climáticas mais amenas da região onde o mesmo foi realizado. Nabenishi et al. (2011) reportaram que vacas da raça Holandesa apresentam taxas de prenhez significativamente menores durante períodos mais quentes em relação aos períodos com menor temperatura, corroborando com os achados que indicam que animais com maior composição genética zebuína são mais tolerantes aos

efeitos do aumento da temperatura e, mesmo dentro de grupos mestiços, tornam-se mais sensíveis a medida que aumentam o percentual de genética europeia, com essa sensibilidade se refletindo em menor desempenho reprodutivo.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a taxa de prenhez de vacas leiteiras mestiças (Gir-Holandês), na população estudada, é afetada negativamente durante o verão, e que esse impacto ocorre de forma mais intensa em animais apresentando maior composição genética europeia, diminuindo a eficiência reprodutiva dos rebanhos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AICH, P.; JALAL, S.; CZUBA, C.; SCHATTE, G.; HERZOG, K.; OLSON, D. J. H.; ROSS, A. R. S.; POTTER, A. A.; BABIUK, L. A.; GRIEBEL, P. Comparative Approaches to the Investigation of Responses to Stress and Viral Infection in Cattle. **Omics Journal of Integrative Biology**, v.11, p.413–434, 2007.

ALEJANDRO, C. I.; ABEL, V. M.; JAIME, O. P.; PEDRO, S. A. Environmental stress effect on animal reproduction. **Open Journal of Animal Sciences**, v. 4, p.79 –84, 2014.

AL-KATANANI, Y. M.; RIVERA, R. M.; HANSEN, P. J. Seasonal variation in development of in vitro produced bovine embryos. **Veterinary Record**, v.150, p.486–487, 2002.

AMAMOU, H.; BECKERS, Y.; MAHOUACHI, M.; HAMMAMI, H. Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows. **Journal of Thermal Biology**, v.82, p.90–98, 2019.

ANDRADE, E. N.; SILVA, R. A. M. S.; ROÇA, R. O.; SILVA, L. A. C.; GONÇALVES, H. C.; PINHEIRO, R. S. B. Ocorrência de lesões em carcaças de bovinos de corte no Pantanal em função do transporte. **Ciência Rural**, v.38, p.1991-1996, 2008.

ARANTES, A. O.; AQUINO, B. R.; URMAN, F. L.; FRANCELINO, P. E.; BARBOSA, T. C.; BERBER, R. C. A. Effects of stress condition in beef cattle. **Scientific Electronic Archives**, v. 3, p. 63-72, 2013.

AYRES, G. F.; BORTOLETTO, N.; MELO JUNIOR, M.; HOOPER, H. B.; NASCIMENTO, M. R. B. de M.; SANTOS, R. M. dos. Efeito da estação do ano sobre a taxa de concepção e perda gestacional em vacas leiteiras mestiças . **Bioscience Journal**, v. 30, p. 866–872, 2014.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I.B.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  holandês – zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2000-2008, 2005.

BADINGA, L.; COLLIER, R. J.; THATCHER, W. W.; WILCOX, C. J. Effects of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.78–85, 1985.

- BAENA, M.M.; COSTA, A.C.; VIEIRA, G. R.; ROCHA, R. F. B.; RIBEIRO, A. R. B.; IBELLI, A. M. G.; MEIRELLES, S. L. C. Heat tolerance responses in a *Bos taurus* cattle herd raised in a Brazilian climate. **Journal of Thermal Biology**, v.81, p.162–169, 2019.
- BAETA, F. C.; MEADOR, N. F.; SHANKLIN, M. D.; JOHNSON, H. D. Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows. ASAE Paper, St. Joseph (MI): **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v.87, p.4015, 1987.
- BARBOSA, C. F.; JACOMINI, J. O.; DINIZ, E. G.; SANTOS, R. M.; TAVARES, M. Inseminação artificial em tempo fixo e diagnóstico precoce de gestação em vacas leiteiras mestiças. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.79-84, 2011.
- BARUSELLI, P. S.; FERREIRA, R. M.; COLLI, M. H. A.; ELLIFF, F. M.; SÁ FILHO, M. F.; VIEIRA, L.; FREITAS, B. G. Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. **Animal Reproduction**, v.14, p.558-571, 2018.
- BARUSELLI, P. S.; SANTOS, G. F. F.; CREPALDI, G. A.; CATUSSI, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C. S. IATF em números: Evolução e projeção futura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.46, p.76-83, 2022.
- BECKER, C. A.; COLLIER, R. J.; STONE, A. E. Stone. Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.103, p.6751-6770, 2020.
- BERMAN, A. Inter-animal radiation as potential heat stressor in lying animals. **International Journal of Biometeorology**, v.58, p.1683–1691, 2014.
- BESBACI, M.; ABDELLI, A.; MINVIEL, J. J.; BELABDI, I.; KAID, I. R.; RABOISSON, D. Association of pregnancy per artificial insemination with gonadotropin-releasing hormone and human chorionic gonadotropin administered during the luteal phase after artificial insemination in dairy cows: a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v.103, p. 2006 - 2018, 2020.
- BIGGERS, B.G.; GEISERT, R.D.; WETTEMAN, R.P.; BUCHANAN, D.S. Effect of Heat Stress on Early Embryonic Development in the Beef Cow. **Journal of Animal Science**. v.64, p.1512–1518, 1987.
- BRITO, I.; HADDAD, H. A formulação do conceito de homeostase por Walter Cannon. São Paulo: **Fisiologia e histologia da biologia**; 2017. [acesso 07 nov 2022].
- BROOM, D. M. The scientific assessment of animal welfare. Appl. **Animal Behaviour Science**, v.20, p.5–19, 1988.
- BROWN, E.J.; VOSLOO, A. The involvement of the hypothalamopituitary-adrenocortical axis in stress physiology and its significance in the assessment of animal welfare in cattle. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v.84, p.1-9, 2017.
- BURDICK, N. C.; RANDEL, R. D.; CARROLL, J. A.; WELSH, T. H. Interactions between temperament, stress, and immune function in cattle. **International Journal of Zoology**, v. 2011, p.1-9, 2011.

- BURKE, J.M.; SPIERS, D.E.; KOJIMA, F.N.; PERRY, G.A.; SALFEN, B.E.; WOOD, S.L.; PATTERSON, D.J.; SMITH, M.F.; LUCY, M.C.; JACKSON, W.G.; Interaction of Endophyte-Infected Fescue and Heat Stress on Ovarian Function in the Beef Heifer. **Biology of Reproduction**. v.65, p.260–268, 2001.
- CHEN, Y.; ARSENAULT, R.; NAPPER, S.; GRIEBEL, P. Models and Methods to Investigate Acute Stress Responses in Cattle. **Animals**, v.5, p.1268–1295, 2015.
- COLLIER, J. L. **Environmental physiology of livestock**. Chichester, UK: John Wiley and Sons, Ltd, 2012. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119949091>
- COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K. G. Thermal Biology of Domestic Animals. **Annual Review of Animal Bioscience**, v.3, p.513–532, 2015.
- COLLIER, R. J.; RENQUIST, B. J.; XIAO, Y. A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. **Journal of Dairy Science**, v.100, p.10367–10380, 2017
- COOKE, R. F. Temperament and acclimation to human handling influence growth, health, and reproductive responses in *Bos taurus* and *B. indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 5325-5333, 2014
- COOKE, R. F.; BOHNERT, D. W. 2011. Bovine acute-phase response following corticotrophin-release hormone challenge. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 252–257, 2011.
- COOKE, R. F.; BOHNERT, D. W.; MENEGHETTI, M.; LOSI, T. C.; VASCONCELOS, J. L. M. Effects of temperament on pregnancy rates to fixed-timed AI in *Bos indicus* beef cows. **Livestock Science**, v.142, n.1, p.108-113, 2011.
- COOKE, R. F.; SCHUBACH, K. M.; MARQUES, R. S.; PERES, R. F. G.; SILVA, L. G. T.; CARVALHO, S.; CIPRIANO, R. S.; BOHNERT, D. W.; PIRES, A. V.; VASCONCELOS, J. L. M. Effects of temperament on physiological, productive, and reproductive responses in *Bos indicus* beef cows. **Journal of Animal Science**, v. 95, p. 1-8, 2017.
- COSTA, A. N. L.; FEITOSA, J. V.; MONTEZUMA JÚNIOR, P. A.; SOUZA, P. T.; ARAÚJO, A. A. Hormonal profiles, physiological parameters, and productive and reproductive performances of Girolando cows in the state of Ceará—Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v.59, p.231-236, 2015a.
- COSTA, A. N. L.; FEITOSA, J. V.; MONTEZUMA, P. A.; SOUZA, P. T.; DE ARAÚJO, A. A. Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v.59, p.1647–1653, 2015b.
- COUTO, S. R. B.; GUERSON, Y.B.; CAPARELLI, N. M. P. M.; ANDRADE, J. P. N.; JACOB, J. C. F.; BARBERO, R. P.; MELLO, MARCO R. B. Mitigation of low pregnancy rate in excitable Nellore cows by administration of GnRH or P4. **Theriogenology**, v. 192, p. 14-21, 2022.
- CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999, 528p.

DAS, R.; SAILO, L.; VERMA, N.; BHARTI, P.; SAIKIA, J.; IMTIWATI; KUMAR, R. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. **Veterinary World**, v.9, p.260–268, 2016.

DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow- a 348 review. **Theriogenology**, v.60, p.1139-1151, 2003.

DE RENSIS, F.; LOPEZ-GATIUS, F.; GARCIA-ISPIERTO, I.; MORINI, G. G.; SCARAMUZZI, R. J. Causes of declining fertility in dairy cows during the warm season, **Theriogenology**, v.91, p.145-153, 2017.

DE RENSIS, F.; SALERI, R.; GARCIA-ISPIERTO, I.; SCARAMUZZI, R.; LÓPEZ-GATIUS, F. Effects of Heat Stress on Follicular Physiology in Dairy Cows. **Animals**, v.11, p.3406, 2021.

DEBUS, N.; BREEN, K. M.; BARRELL, G. K.; BILLINGS, H. J.; BROWN, M.; YOUNG, E. A.; KARSCH, F. J. Does cortisol mediate endotoxin-induced inhibition of pulsatile luteinizing hormone and gonadotropin-releasing hormone secretion? **Endocrinology**, v.143, p.3748- 3758, 2002.

DOBSON, H.; RIBADU, A.Y.; NOBLE, K.M.; TEBBLE, J.E.; WARD, W.R. Ultrasonography and hormone profiles of adrenocorticotrophic hormone (ACTH)-induced persistent ovarian follicles (cysts) in cattle. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.120, p.405–410, 2000.

DU PREEZ, J. H. Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v.67, p.263-271, 2000.

DUKES, H.H. **Dukes - Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, 856p.

EALY, A. D.; DROST, M.; HANSEN, P. J. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.2899-2905, 1993.

EDMONSON, A. J.; LEAN, I. J.; WEAVER, L. D.; FARVER, T.; WEBSTER, G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.68-78, 1989.

ETIM, N. N.; WILLIAMS, M. E.; EVANS, E. I.; OFFIONG, E. E. Physiological and behavioural responses of farm animals to stress: Implications to animal productivity. **American Journal of Advanced Agricultural Research**, v.1, p.53-61, 2013.

FACÓ, O.; LÔBO, R. N. B.; MARTINS FILHO, R.; MOURA, A. A. A. Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1944-1952, 2002.

FRIEDMAN, E.; ROTH, Z.; VOET, H.; LAVON, Y.; WOLFENSON, D. Progesterone supplementation post insemination improves fertility of cooled dairy cows during summer. **Journal of Dairy Science**. v.95, p.3092-3099, 2012.

FRIEDMAN, E.; VOET, H.; REZNIKOV, D.; WOLFENSON, D.; ROTH Z. Hormonal treatment before and after artificial insemination differential improves fertility in subpopulations of dairy cows during the summer and autumn. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.7465-7475, 2014.

GARCÌA-ISPIERTO, I.; ROSELLÓ, M.A.; DE RENSIS, F.; LÓPEZ-GATIUS, F. A five-day progesterone plus eCG-based fixed-time AI protocol improves fertility over spontaneous estrus in high-producing dairy cows under heat stress. **Journal of Reproduction and Development**, v.59, p.544-548, 2013.

GARCIA –ISPIERTO, I.; LÓPEZ GATIUS, F. Progesterone supplementation in the early luteal phase after artificial insemination improves pregnancy rates in high – producing dairy cows. **Theriogenology**, v.90, p.20-24, 2017.

GEBREGEZIABHEAR, E.; AMEHA, N. The Effect of Stress on Productivity of Animals: A Review, **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v.5, p.165-172, 2015.

GENDELMAN, M.; AROYO, A.; YAVIN, S.; ROTH, Z. Seasonal effects on gene expression, cleavage timing, and developmental competence of bovine preimplantation embryos. **Reproduction**, v.140, p.73– 82, 2010.

GODYŃ, D.; HERBUT, P.; ANGREGKA, S. Measurements of peripheral and deep body temperature in cattle – a review. **Journal of Thermal Biology**, v.79, p.42–49, 2019.

GRAHAM, J. M.; EDWARDS, M. J.; EDWARDS, M. J. Teratogen update: Gestational effects of maternal hyperthermia due to febrile illnesses and resultant patterns of defects in humans. **Teratology**, v.58, p.209–221, 1998.

GRANDIN, T. Assessment of stress during handling and transport. **Journal of Animal Science**, v.75, p.249-257, 1997.

GUERSON, Y.B.; COUTO, S. R. B.; MORAIS, R. C. L.; GRILLO, G. F.; JACOB, J. C. F.; BARBERO, R. P.; MELLO, M. R.B. Vascular perfusion and the volume of the preovulatory follicle are affected by the temperament of Nellore cows. **Livestock Science**, v. 254, p. 104744, 2021.

HABEEB, A. A.; GAD, A. E; ATTA, M. A. Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. **International Journal of Biotechnology and Recent Advances**, v.1, p.35-50, 2018.

HANSEN P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress, **Animal Reproduction Science**, v.82–83, p.349-360, 2004.

HANSEN, P. J.; ARECHIGA, C. F. Strategies for managing reproduction in heat- stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v.77, p.36-50, 1999.

HARRISON, R. O.; FORD, S. P.; YOUNG, J. W.; CONLEY, A. J.; FREEMAN, A. E. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.73, p.2749- 2758, 1990.

HEIN, K. G.; ALLRICH, R. D. Influence of exogenous adrenocorticotrophic hormone on

estrous behavior in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 243–247, 1992.

HERBUT, P.; ANGRECKA, S. Relationship between THI level and dairy cows behavior during summer period. **Italian Journal of Animal Science**, v.17, p.226-233, 2018.

HUGHES, H.D.; CARROLL, J.A.; SANCHEZ, N.C.B.; RICHESON, J.T. Natural variations in the stress and acute phase responses of cattle. **Innate Immunity**, v.20, p.888–896, 2014.

HYTTEL, P.; VIUFF, D.; FAIR, T.; LAURINCIK, J.; THOMSEN, P. D.; CALLESEN, H.; GREVE, T. Ribosomal RNA gene expression and chromosome aberrations in bovine oocytes and preimplantation embryos. **Reproduction**, v. 122, p. 21–30, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PPM2020:rebanho bovino cresce 1,5% e chega a 218,2 milhões de cabeças Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31722-ppm-2020-rebanho-bovino-cresce-1-5-e-chega-a-218-2-milhoes-de-cabecas>. Acesso em: 03 out. 2022.

JAMILAH, I. M.; DARSONO, A.; FATHURRAHMAN, I.; SONIA, M. Animal Welfare as Stress Management to Improve Beef Cattle Reproduction. **KnE Life Sciences**, v.2019, p.200–215, 2019.

JI, B.; BANHAZI, T.; GHAHRAMANI, A.; BOWTELL, L.; WANG, C.; LI, B. Modelling of heat stress in a robotic dairy farm. Part 1: thermal comfort indices as the indicators of production loss. **Biosystems Engineering**. v.199, p.27–42, 2020.

JIMENEZ FILHO, D. L.; TITTO, E. A. L.; TITTO, C. G.; CALVIELLO, R. F.; LEME, T. M. D. C. Reatividade em vacas da raça Nelore submetidas a protocolo de inseminação artificial em tempo fixo. **Revista de Etologia**, v. 11, p.185, 2012.

JORDAN, E. R. Effects of heat stress on reproduction. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.104–114, 2003.

KANEKO, H.; TAYA, K.; WATANABE, G.; NOGUCHI, J.; KIKUCHI, K.; SHIMADA, A.; HASEGAWA, Y. Inhibin is involved in the suppression of FSH secretion in the growth phase of the dominant follicle during the early luteal phase in cows. **Domestic Animal Endocrinology**, v.14, p.263–271, 1997.

KASIMANICKAM, R.; ASAY, M.; SCHROEDER, S.; KASIMANICKAM, V.; GAY, J.; KASTELIC, J.; HALL, J.; WHITTIER, W. Calm Temperament Improves Reproductive Performance of Beef Cows. **Reproduction in Domestic Animals**, v.49, p.1063–1067, 2014a.

KASIMANICKAM, R.; SCHROEDER, S.; ASSAY, M.; KASIMANICKAM, V.; MOORE, D. A.; GAY, J. M.; WHITTIER, W. D. Influence of temperament score and handling facility on stress, reproductive hormone concentrations, and fixed time AI pregnancy rates in beef heifers. **Reproduction in Domestic Animals**, v.49, n.5, p.775-782, 2014b.

KUMAR, B.; MANUJA, A.; AICH, P. Stress and its impact on farm animals. **Frontiers in Bioscience-Elite**, v.4, p.1759-1767, 2012.

LAY, D. C.; FRIEND, T. H.; RANDEL, R. D.; JENKINS, O. C.; NEUENDORFF, D. A.; KAPP, G. M.; BUSHONG, D. M. Adrenocorticotrophic hormone dose response and some physiological effects of transportation on pregnant Brahman cattle. **Journal of Animal**

**Science**, v.74, p.1806, 1996.

LOKESHBABU, D. S.; JEYAKUMARB, S.; VASANT, P. J.; SATHIYABARATHIG, M.; MANIMARAN, A.; KUMARESAN, A.; PUSHPADASS; H. A.; SIVARAM, M.; RAMESHA, K.P.; KATAKTALWARE, M.A.; SIDDARAMANNA. Monitoring foot surface temperature using infrared thermal imaging for assessment of hoof health status in cattle: a review. **Journal of Thermal Biology**, v.78, p. 10– 21, 2018.

LOPEZ-GATIUS, F.; LOPEZ BEJAR, M.; FENECH, M.; HUNTER, R.H.M. Ovulation failure and double ovulation in dairy cattle: risks factors and effects. **Theriogenology**, v.63, p.1298- 1307, 2005.

LYNCH, E. M.; EARLEY, B.; MCGEE, M.; DOYLE, S. Characterization of physiological and immunological responses in beef cows to abrupt weaning and subsequent housing. **BMC Veterinary Research**, v.6, p.1-8, 2010.

MACEDO, G. G.; ZÚCCARI, C. E. S. N.; COSTA E SILVA, E. V. Effects of stress on reproductive performance of female bovine. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 36, p. 10-17, 2012.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v.50, p.17–22, 2005.

MELLO, B. P.; MATURANA FILHO, M.; LEME, S. K. M.; GONÇALVEZ, R. L.; LOLLATO, J. P. M.; ZANELLA, A. J. Importance of temperament in the pregnancy by timed insemination in bovine females *Bos taurus indicus*. **Livestock Science**, v. 240, p.1 – 6, 2020.

MELLO, B. P.; MATURANA FILHO, M.; LEMES, K. M.; SANTIN, T.; GONÇALVES, R. L.; MADUREIRA, E. H.; MEMBRIVE, C. M. B. Nelore bovine female temperament and its implications in pregnancy rates in FTAI programs. **Animal Reproduction**, v. 14, p. 721, 2017.

MORMÈDE, P.; ANDANSON, S.; AUPÉRIN, B.; BEERDA, B.; GUÉMÉNÉ, D.; MALMKVIST, J.; MANTECA, X.; MANTEUFFEL, G.; PRUNET, P.; VAN REENEN, C.G.; RICHARD, S.; VEISSIER, I. Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. **Physiology and Behavior**, v.92, p.317–339, 2007.

MORTON, J.M.; TRANTER, W.P.; MAYER, D.G.; JONSSON, N.N. Effects of environmental heat on conception rates in lactating dairy cows: critical periods of exposure. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.2271-2278, 2007.

MULLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3ª ed. Porto Alegre: Sulina. 85p. 1989.

NABENISHI, H.; OHTA, H.; NISHIMOTO, T.; MORITA, T.; ASHIZAWA, K.; TSUZUKI Y. Effect of temperature-humidity index on body temperature and conception rate of lactating dairy cows in southwestern Japan. **Journal of Reproduction and Development**, v.57, p.450–456, 2011.

OSENI, S.; MISZTAL, I.; TSURUTA, S.; REKAYA, R. Seasonality of days open in US Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.3718-3725, 2003.

PEREIRA, J. C. C. Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PICCIONI, F.; ZAPPAVIGNA, V.; VERROTTI, A. C. Translational regulation during oogenesis and early development: The cap-poly(A) tail relationship. **Comptes Rendus - Biologies**, v.328, p.863–881, 2005.

RIVERA, M. R.; KELLEY, K. L.; ERDOS, G. W.; HANSEN, P. J. Alterations in ultrastructural morphology of two cell bovine embryos produced in vitro and in vivo following a physiologically relevant heat shock. **Biology of Reproduction**, v.69, p.2068-2077, 2003.

ROCHA, D. R.; SALLES, M. G. F.; MOURA, A. A. A. N.; ARAÚJO, A. A. Heat stress impact on reproduction of bovine female. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 36. p. 18 –24, 2012.

ROTH, Z. Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress - Experiences from the past and lessons for the present. **Theriogenology**, v. 155, p.150-156, 2020.

ROTH, Z.; MEIDAN, R.; SHAHAM-ALBALANCY, A.; BRAW-TAL, R.; WOLFENSON, D. Delayed effect of heat stress on steroid production in medium-sized and preovulatory bovine follicles. **Reproduction**, v.121, p.745–751, 2001.

RUEDA, P. M.; SANT'ANNA, A. C.; VALENTE, T. S.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Impact of the temperament of Nelore cows on the quality of handling and pregnancy rates in fixed-time artificial insemination. **Livestock Science**, v. 177, p. 189–95, 2015.

SAMMAD, A.; UMER, S.; SHI, R.; ZHU, H.; ZHAO, X.; WANG, Y. Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.104, p.978-986, 2020.

SANTOS, M. M.; SOUZA-JUNIOR, J. B. F.; DANTAS, M. R. T.; COSTA, L. L. M. An updated review on cattle thermoregulation: physiological responses, biophysical mechanisms, and heat stress alleviation pathways. **Environmental Science and Pollution Research**, v.28, p.30471-30485, 2021.

SANTOS, K. J. G.; DOS SANTOS, A. P. D. P.; DA COSTA, M. A.; DA SILVA, L. S.; DA COSTA FERRO, D. A.; DIB, R. T. Efeito do estresse sobre os processos reprodutivos em fêmeas bovinas. **PUBVET**, v.7, p.1568-1574, 2013.

SAPOLSKY, R. M.; ROMERO, M. L.; MUNCK, A. U. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. **Endocrinology**, v.89, p.21-55, 2000b.

SAPOLSKY, R. M.; ROMERO, M. L.; MUNCK, A. U. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative Aactions. **Endocrine Reviews**, v.21, p.55–89, 2000a.

SCHMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia Animal – Adaptação e Meio Ambiente**. 5.ed. São Paulo: Livraria Santos Editora, 611p. 2002.

SCHUTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; PULONIN, Y. A.; COX, N. R.; TUCKER, C. B. The amount of shade influences the behaviour and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.125–133, 2010.

SEJIAN, V.; MALIK, I. H.; SOREN, P. K.; MECH, N. M.; MISHRA, A.; RAVINDRA, J. P.; Chapter 3: Strategies for alleviating abiotic stress in livestock. In: Malik PK, Bhatta R, Takahashi J, Kohn RA, Prasad CS, editors. **Livestock production and climate change**. Wallingford: CABI Publishing; p.25–60, 2015.

SEJIAN, V.; BHATTA, R.; GAUGHAN, J. B.; DUNSHEA F. R.; LACETERA, N. Review: adaptation of animals to heat stress. **Animal**, v.12, p.431–444, 2018.

SHEHAB-EL-DEEN, M. A. M. M., FADEL, M. S., VAN SOOM, A., SALEH, S. Y., MAES, D., LEROY, J. L. Circadian rhythm of metabolic changes associated with summer heat stress in high-producing dairy cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, p. 1119-1125, 2010.

SILENCIATO, L.N.; MELLO, M.R.B.; ANDRADE, R.B.; DAFLON JÚNIOR, F.C.; NETO, J.B.R.; CAVALCANTE, M.C.; PALHANO, H.B. Eficiência de dois protocolos de IATF em vacas leiteiras mestiças em diferentes estações do ano. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v.38, p.169-174, 2016.

SILVA, E. V. C.; KATAYAMA, K. A.; MACEDO, G. G.; RUEDA, P. M.; ABREU, U. G. P.; ZÚCCARI, C. E. S. N. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, p.280-291, 2010.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. **Principles of animal biometeorology**, 1st edn. Springer, New York, 2013.

SOUZA, M. B. C.; SILVA, H. P. A.; COELHO, N. L. G. Respostas ao estresse: I. homeostase e teoria da alostase. Natal: **psicobiologia e psicologia cognitiva**; 2015. [acesso 07 nov 2022].

SQUIRES, J. E. Effect on animal behavior, health and welfare. In **Applied Animal Endocrinology**, 1st ed.; CAB International: Oxfordshire, UK. p.215–217, 2003.

TARSO, S. G. S.; APGAR, G. A.; GASTAL, M. O.; GASTAL, E. L. Relationships between follicle and corpus luteum diameter, blood flow, and progesterone production in beef cows and heifers: preliminary results. **Animal Reproduction**, v.13, p.81–92, 2016.

THATCHER, W. W.; FLAMENBAUM, L.; BLOCK, J.; BILBY, T. R. Interrelationship of heat stress and reproduction in lactating dairy cows. **High Plains Dairy Conf**, p.45-60, 2010.

THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise* 12(2):57–61 Wolfenson D, Roth Z, Meidan R (2000) Impaired reproduction in heatstressed cattle: basic and applied aspects. **Animal Reproduction Science**, v.60–61, p.535–547, 1959.

VASCONCELOS, J. L. M.; PEREIRA, M. H. C.; MENEGHETTI, M.; DIAS, C. C.; FILHO, O. G. S.; PERES, R. F. G.; RODRIGUES, A. D. P.; WILTBANK, M. C. Relationships

between growth of the preovulatory follicle and gestation success in lactating dairy cows. **Animal Reproduction**, v. 10, p. 206 – 214, 2013.

VEDOVATTO, M.; FARIA, F. J. C.; COSTA, D. S.; COOKE, R. F.; SANCHEZ, J. M. D.; MORIEL, P. Effects of temperament on body parameters, ovarian structures and inflammatory response in grazing Nellore cows following fixed-time artificial insemination. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 44, p. 50 – 54, 2021.

VON BORELL, E.; DOBSON, H.; PRUNIER, A. Stress, behavior and reproductive performance in female cattle and pigs. **Hormones and Behavior**, v. 52, p. 130–138, 2007.

WANG, X.; BJERG, B.S.; CHOI, C.Y.; ZONG, C.; ZHANG, G. A review and quantitative assessment of cattle-related thermal indices. **Journal of Thermal Biology**, v.77, p.24–37, 2018.

WHITE, F.J.; WETTEMANN, R.P.; LOOPER, M.L.; PRADO, T.M.; MORGAN, G.L. Seasonal effects on estrous behavior and time of ovulation in nonlactating beef cows. **Journal of Animal Science**, v.80, p.3053–3059, 2002.

WMO - World Meteorological Organization. **Guide to the Global Observing System**, WMO n°. 488, 3<sup>a</sup> ed. Geneva: WMO, 2007.

WOLFENSON, D.; BARTOL, F. F.; BADINGA, L.; BARROS, C. M.; MARPLE, D. N.; CUMMINS, K., WOLFE, D.; LUCY, M. C.; SPENCER, T.E.; THATCHER, W. W. Secretion of PGF<sub>2</sub>alpha and oxytocin during hyperthermia in cyclic and pregnant heifers. **Theriogenology**, v.39, p.1129–1141, 1993.

WOLFENSON, D.; ROTH, Z.; MEIDAN, R. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. **Animal Reproduction Science**, v.60/61, p.535-547, 2000.

WOLFENSON, D.; SONEGO, H. H.; BLOCH, A.; SHAHAM-ALBALANCY, A.; KAIM, M.; FOLMAN, Y. Seasonal differences in progesterone production by luteinized bovine thecal and granulosa cells. **Domestic Animals Endocrinology**, v. 22, p. 81–90, 2002.

WONG, D.L.; TANK, A.W. Stress-induced catecholaminergic function: Transcriptional and post-transcriptional control. **Stress**, v.10, p.121–130, 2007.

YAN, G.; LI, H.; ZHAO, W.; SHI, Z. Evaluation of thermal indices based on their relationships with some physiological responses of housed lactating cows under heat stress. **International Journal of Biometeorology**, v.64, p.2077–2091, 2020.

## ANEXOS

### Anexo A. Certificado de aprovação na Comissão de Ética no Uso de Animais do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CEUA/IZ/UFRRJ).



INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA-IZ/UFRRJ

## CERTIFICADO

Certificamos que a proposta de pesquisa intitulada **“Efeito de duas estações do ano sobre a taxa de prenhez de vacas Girolando submetidas a biotécnicas reprodutivas.”** – processo nº 0171-07-2022 – de responsabilidade do Prof. Marco Roberto Bourg de Mello e equipe; que envolve a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CEUA/IZ/UFRRJ) na LVIII Reunião de 13/12/2022.

---

Finalidade da Proposta: pesquisa  
Vigência da Proposta: dezembro de 2024  
Área: Ciências Agrárias; Reprodução Animal  
Origem: Sítio Valão (Mar de Espanha – MG).  
Espécie (quantidade): Bovinos (1500 fêmeas)

---

**“Resumo:** As biotécnicas da reprodução vêm ganhando cada vez mais espaço entre produtores de leite e técnicos, ao permitir a otimização da mão-de-obra pela concentração dos trabalhos de inseminação, o aumento da taxa de inseminação imediatamente após o período voluntário de espera (PVE) e a eliminação da observação de cio, proporcionando assim ganhos em produtividade leiteira. Atualmente, diversos trabalhos estão sendo desenvolvidos na busca de protocolos hormonais que proporcionem melhores resultados em taxa de prenhez para vacas leiteiras. Neste contexto, independente do protocolo de sincronização do ciclo estral a ser utilizado, as condições climáticas podem causar impacto sobre a taxa de prenhez em função de altas temperaturas e umidade. Portanto, o objetivo deste estudo será investigar o efeito de duas estações do ano sobre a taxa de prenhez de vacas submetidas a diferentes biotecnologias reprodutivas. Para tanto, será realizado um estudo observacional utilizando dados oriundos de propriedades leiteiras comerciais localizadas no estado do Rio de Janeiro e São Paulo, ambas na região do Vale do Paraíba. A coleta de dados de temperatura e umidade ambiental será realizada pela base Weather Spark, da empresa Cedar Lake Ventures com sede em Minneapolis, EUA e pela base INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Serão avaliadas as condições climáticas em duas épocas distintas de manejo reprodutivo, sendo a primeira de janeiro a março, período de maior temperatura ambiental e umidade relativa do ar e a segunda de junho a agosto, sendo um período caracterizado por menor temperatura e umidade ambientais. Serão utilizados dados reprodutivos referentes à inseminação artificial convencional, após observação de cio (IA), Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) e Transferência de Embrião em Tempo Fixo (TETF), sendo comparadas as taxas de prenhez entre as respectivas épocas do ano. Será utilizado o teste do qui-quadrado para comparação das taxas de concepção e perda gestacional e empregado o coeficiente de correlação de Pearson para avaliar os seguintes parâmetros: grupo genético, paridade, sistema de acasalamento (IA, IATF e TETF). Com os resultados obtidos, em termos de contribuição científica, espera-se: i) determinar que o ITU pode ser utilizado como ferramenta para auxiliar na tomada de decisão em relação ao momento de realização da IA, IATF ou TETF no planejamento anual, maximizando os resultados reprodutivos da propriedade; ii) Observar que as taxas de prenhez de vacas inseminadas ou inovuladas em períodos de ITU elevado (>74) são inferiores em relação as taxas obtidas de vacas submetidas aos mesmos procedimentos em períodos de temperatura mais baixa; iii) publicação de artigo científico em revista internacional na área da reprodução animal.”

Seropédica, 14 de dezembro de 2022

---

Prof. Dr. Rodrigo Vasconcelos de Oliveira  
Coordenador da CEUA/IZ/UFRRJ