

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**INFLUÊNCIA DA ESTAÇÃO DE NASCIMENTO SOBRE O  
DESENVOLVIMENTO DE BEZERRAS E EFICIÊNCIA  
REPRODUTIVA DE NOVILHAS DA RAÇA HOLANDESA**

Aluno: João Vítor Nogueira Almeida  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karen Martins Leão  
Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Thaisa Campos Marques

Rio Verde – GO  
Maio – 2021

**INFLUÊNCIA DA ESTAÇÃO DE NASCIMENTO SOBRE O  
DESENVOLVIMENTO DE BEZERRAS E EFICIÊNCIA  
REPRODUTIVA DE NOVILHAS DA RAÇA HOLANDESA**

Autor: João Vítor Nogueira Almeida

Orientadora: Profa. Dra. Karen Martins Leão

Coorientadora: Dra. Thaisa Campos Marques

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Zootecnia.

Rio Verde – GO

Maio – 2021

# FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                      | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor:

Matrícula:

Título do Trabalho:

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 09/12/2021

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

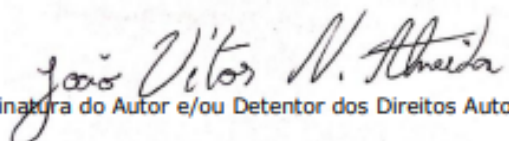
O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

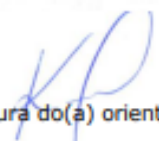
O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 08/12/2021.

  
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO  
DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**INFLUÊNCIA DA ESTAÇÃO DE NASCIMENTO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE BEZERRAS E EFICIÊNCIA  
REPRODUTIVA DE NOVILHAS DA RAÇA HOLANDESA**

Autor: João Vítor Nogueira Almeida  
Orientadora: Karen Martins Leão

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de Concentração em Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 25 de maio de 2021.

Dr. Tiago do Prado Paim  
Avaliador interno  
IF Goiano/Rio Verde

Dr. Marco Antônio Pereira da Silva  
Avaliador interno  
IF Goiano/Rio Verde

Dr. Reginaldo Nassar Ferreira  
Avaliador externo UFG/Goiânia

Dr<sup>a</sup>. Karen Martins Leão  
Presidente da banca  
IF Goiano/Rio Verde

Documento assinado eletronicamente por:

- **Reginaldo Nassar Ferreira, Reginaldo Nassar Ferreira - 234405 - Professor de ciências biológicas do ensino superior - Universidade Federal de Goiás (01567601000143)**, em 01/06/2021 10:22:59.
- **Tiago do Prado Paim, MEDICO VETERINARIO**, em 01/06/2021 10:10:15.
- **Marco Antonio Pereira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 01/06/2021 10:08:35.
- **Karen Martins Leao, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 01/06/2021 10:05:49.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 31/05/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 274603  
Código de Autenticação: e055d53e3b



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO  
DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 50/2021 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**  
**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Unidade do IF Goiano	Campus Rio Verde	
Programa de PósGraduação	Zootecnia	
Defesa de	Dissertação	Defesa de número 115
Data: 25/05/2021	Hora de início 08:00h	Hora de encerramento 11:00h
Matrícula da discente	2019102310240079	
Nome do discente	João Vítor Nogueira Almeida	
Título do trabalho	Influência da estação de nascimento sobre o desenvolvimento de bezerras e eficiência reprodutiva de novilhas da raça holandesa	
Orientadora	Karen Martins Leão	
Área de concentração	Zootecnia/Recursos Pesqueiros	
Linha de Pesquisa	Reprodução e Melhoramento Genético	
Projeto de pesquisa de vinculação	Desempenho produtivo e reprodutivo de bezerras e novilhas leiteiras de acordo com a estação do ano de seu nascimento	
Titulação	Mestre em Zootecnia	

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Dra. Karen Martins Leão (Orientadora), Dr. Tiago do Prado Paim (Avaliador interno), Dr. Marco Antônio Pereira da Silva (Avaliador interno) e Dr. Reginaldo Nassar Ferreira (Avaliador externo) sob a presidência da primeira, em sessão pública realizada por vídeo conferência via Google Meet à distância, para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de **JOÃO VÍTOR NOGUEIRA ALMEIDA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Karen Martins Leão, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM ZOOTECNIA**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGZ da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

### **Decisão da banca: Aprovada**

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IF Goiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Reginaldo Nassar Ferreira, Reginaldo Nassar Ferreira - 234405 - Professor de ciências biológicas do ensino superior - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 01/06/2021 10:21:27.
- Tiago do Prado Paim, MEDICO VETERINARIO, em 01/06/2021 10:10:41.
- Marco Antonio Pereira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/06/2021 10:09:17.
- Karen Martins Leao, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/06/2021 10:06:28.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/05/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 272684

Código de Autenticação: f5b2adbfb9





## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida e por ter me proporcionado chegar até aqui.

À minha mãe Cinara Diniz Nogueira Almeida, que sempre foi meu alicerce, minha incentivadora, acreditando, apoiando incondicionalmente e tornando possível todas as minhas decisões.

Agradeço também ao meu pai Vicente Pereira de Almeida, que sempre foi a minha força e a minha inspiração, e sempre pensando nele busquei fazer o meu melhor.

À minha irmã Gabriela Nogueira Almeida, por todos os momentos compartilhados e ajudas oferecidas a mim para que eu pudesse concretizar mais essa formação.

À minha orientadora Dr.<sup>a</sup> Karen Martins Leão e à minha coorientadora Dr.<sup>a</sup> Thaisa Campos Marques, pela oportunidade, pela orientação, por toda a paciência e ensinamentos transmitidos a mim ao longo desses anos.

Aos meus antigos colegas do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, pela ajuda nas escritas acadêmicas e pelo companheirismo.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela oportunidade.

Enfim, a todos aqueles que presenciaram meus anos de estudo e que me apoiaram, fosse com atitudes diretamente ligadas à conclusão desta formação ou com palavras motivadoras e apoio para eu nunca desistir, meus sinceros agradecimentos.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

JOÃO VÍTOR NOGUEIRA ALMEIDA, filho de Cinara Diniz Nogueira Almeida e Vicente Pereira de Almeida, nascido em Rio Verde – GO, em 01 de setembro de 1995. Formado em Medicina Veterinária pelo Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. Durante a graduação, atuou como bolsista PIBIC e PIVIC, em fevereiro de 2018 concluiu sua graduação. Em 2019, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, em nível de mestrado, na área de concentração Bem-Estar Animal sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Dra. Karen Martins Leão. No mês de maio de 2021 concluiu o Mestrado em Zootecnia.

## ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE	DE
TABELAS.....	xii
ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....	xiii
RESUMO GERAL.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO 1– CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	16
INTRODUÇÃO	
GERAL.....	16
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
1.1. Termogênese.....	17
1.2. Mecanismos de termorregulação.....	17
1.3. Faixas de temperatura do ambiente.....	19
1.4. Temperaturas críticas inferior e superior.....	20
1.5. Avaliação do estresse calóricos em bovinos.....	21
1.6. Efeitos do estresse térmico.....	24
1.7. Estratégias para diminuir o estresse calórico.....	28
2. REFERÊNCIAS.....	30
3. OBJETIVOS GERAIS.....	37
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37
CAPÍTULO	
2.....	38
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.1. Manejo das bezerras.....	41
2.2. Coleta de dados produtivos e meteorológicos.....	43
2.3. Análise estatística.....	43
3. RESULTADOS.....	45
3.1. Avaliações ambientais.....	45
3.2. Avaliações das matrizes.....	45
3.3. Fase de	de

aleitamento.....	46
3.4. Fase de recria.....	47
3.5. Análise de componentes principais e análise discriminante da fase de aleitamento.....	48
3.6. Componentes principais e análise discriminante da fase de recria.....	50
4. DISCUSSÃO.....	51
5. CONCLUSÃO.....	54
6. DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE.....	55
7. RECONHECIMENTOS.....	55
8. REFERÊNCIAS.....	55
ANEXO 1 Porcentagem da variância explicada por cada dimensão da análise de componentes principais com os dados das bezerras até o desmame.....	60
ANEXO 2 Correlação de cada variável para cada dimensão da análise de componentes principais com os dados das bezerras até o desmame.....	61
ANEXO 3 Porcentagem da variância explicada por cada dimensão da análise de componentes principais com os dados de recria das bezerras até a concepção.....	62
ANEXO 4 Correlação de cada variável para cada dimensão da análise de componentes principais com os dados de recria das bezerras até a concepção.....	63

**ÍNDICE DE FIGURAS**

- Figura 1 Representação gráfica da zona de 20 termoneutralidade.....
- Figura 2 Índice de temperatura e umidade para 22 bovinos.....
- Figura 3 Biplot com representação dos escores das observações para os componentes principais 2 e 3, utilizando os dados até a 49 desmama.....
- Figura 4 Biplot com representação dos escores das observações para os componentes principais 4 e 5 utilizando os dados até a 51 concepção.....

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Aplicação do teste de RHOAD em bovinos de diferentes raças e graus de sangue nos Estados Unidos.....	24
Tabela 2	Modelos Mistos utilizados para avaliar as variáveis resposta.....	44
Tabela 3	Média e erro padrão das variáveis ambientais, temperatura ambiente (T) mínima, máxima e média, umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU) mínimo, máximo e médio nas diferentes estações do ano durante o período experimental.....	45
Tabela 4	Comprimento de gestação (média $\pm$ EPM) de acordo com a interação entre estação do parto e ordem de lactação da vaca.....	46
Tabela 5	Média e erro padrão do peso corporal das bezerras aos 30, 60 e 90 dias de acordo com a estação do ano.....	47
Tabela 6	Médias e erro padrão médio de peso à reprodução (kg), idade à reprodução (dias), idade à concepção (dias) e taxa de concepção ao primeiro serviço de inseminação artificial (1ª IA - %) de acordo com as estações de nascimento da bezerra.....	48

## ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ACTH	Hormônio adrenocorticotrófico
AVP	Arginina vasopressina
BirthSeason	Estação de nascimento
ColostrumQ	Qualidade do colostro
CptAge	Idade a concepção
ET	Estresse térmico
FC	Frequência cardíaca
FLC	Fator liberador de corticotrofina
FR	Frequência respiratória
FSH	Hormônio folículo estimulante
GestLength	Comprimento de gestação
IA	Inseminação artificial
ITGU	Índice de globo úmido
ITU	Índice de temperatura e umidade
LH	Hormônio luteinizante
NAI	Número de inseminação artificial
Ndiseases	Número de doenças
Nlact	Número da lactação
PlasmPtn	Proteína plasmática
PregAge	Idade a prenhez
PubertyAge	Idade à puberdade
PubertyWeigh	Peso à Puberdade
RH	Umidade relativa do ar
RMT	Ração mista total
TC	Temperatura corporal
TR	Temperatura retal
Vcolostrum	Quantidade de colostro
Wbirth	Peso da bezerra ao nascimento
W30	Peso da bezerra aos 30 dias

W60	Peso da bezerra aos 60 dias
W90	Peso da bezerra aos 90 dias
ZTN	Zona de termoneutralidade



## RESUMO GERAL

Existem diferentes sistemas de criação na bovinocultura leiteira que influenciam diretamente na radiação solar incidente nos animais, podendo provocar estresse térmico neles. Os bovinos, por sua vez, têm mecanismos de regulação térmica que buscam por homeostase e procuram manter uma zona de termoneutralidade. Entretanto, esses animais têm significativa sensibilidade à radiação solar e apresentam zonas termoneutras com temperaturas mais baixas do que na maioria das regiões brasileiras, o que pode gerar um grande empecilho na criação. Tal fato tem provocado grandes impactos na economia leiteira devido aos efeitos negativos sobre o bem-estar, produção, reprodução e mudanças comportamentais das vacas leiteiras, além de afetar toda a cadeia produtiva, desde a gestação, crescimento de bezerros até a reprodução de machos. Desse modo, o desafio do estresse térmico na criação de bovinos é maior em áreas geográficas onde a duração do verão é longa, com constante de radiação solar e alta umidade, resultando em alívio mínimo do calor. Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da estação do ano de nascimento das bezerras holandesas no comprimento de gestação, retenção de placenta e no desenvolvimento das bezerras (peso corporal e índice de mortalidade) e na eficiência das novilhas (peso e idade à puberdade, idade e taxa de concepção ao primeiro serviço de inseminação artificial). O estudo foi desenvolvido a partir do banco de dados de uma fazenda comercial no centro-oeste do Brasil durante quatro anos. As vacas com partos nos meses mais quentes apresentaram menor comprimento de gestação e maior taxa de retenção de placenta. As bezerras filhas destas vacas exibiram 4,2 kg e 12,28 kg a menos no peso na desmama aos 90 dias e na puberdade, respectivamente, do que as que nasceram no inverno. Assim o presente estudo revela quão prejudicial o estresse térmico pode ser sobre a bovinocultura leiteira, afetando não apenas a categoria de vacas em lactação, mas impactando no desenvolvimento da progênie, saúde e eficiência reprodutiva. Essa pesquisa veio acrescentar informações sobre a importância de adotar melhores estratégias de conforto térmico e bem-estar para as vacas durante o período seco.

**Palavras-chave:** conforto térmico, termorregulação, produtividade, bovinocultura.

## ABSTRACT

There are different breeding systems in dairy cattle, which directly influence the solar radiation incident on the animals, which can cause thermal stress on them. The cattle, in turn, have mechanisms of thermal regulation, which search for homeostasis and try to maintain a zone of thermoneutrality. However, these animals have significant sensitivity to solar radiation and have thermoneutral zones with lower temperatures than in most Brazilian regions, which can generate a great obstacle in their creation. This fact has caused great impacts on the dairy economy due to the negative effects on the welfare, production, reproduction and behavioral changes of dairy cows, in addition to affecting the entire production chain, from gestation, growth of calves and the reproduction of males. Thus, the challenge of thermal stress in cattle breeding is greater in geographical areas where the duration of the summer is long with constant solar radiation and high humidity, resulting in minimal heat relief. The objective of this study was to evaluate the effects of the season of birth of Holstein calves on the length of gestation, placental retention and somatic cell count of the mother; in the development of calves (body weight and mortality index) and in the efficiency of heifers (weight and age at puberty, age and conception rate at the first artificial insemination service). The study was carried out from the database of a commercial farm in the Midwest of Brazil for four years. Cows with calves in the warmer months had a shorter gestation length and a higher rate of placental retention. The daughters of these cows exhibited 4.2 kg and 12.28 kg less in weight at weaning at 90 days and at puberty, respectively, than those born in winter. Thus, the present study reveals how harmful thermal stress can be to dairy cattle, affecting not only the category of lactating cows, but also impacting progeny development, health and reproductive efficiency. This research added information on the importance of adopting better strategies for thermal comfort and well-being of cows during the dry period.

**Keywords:** heat stress, dairy market, thermoregulation, dairy herd.

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **INTRODUÇÃO GERAL**

O leite fluido e derivados são de suma importância para a alimentação humana, tendo sua produção sido aumentada em mais de 50% nas três últimas décadas. Além disso, envolve aproximadamente 150 milhões de famílias em todo o mundo, principalmente em países em crescimento, onde a grande maioria da produção leiteira tem origem de pequenos produtores (MATTE JÚNIOR & JUNG, 2017).

Um dos fatores em destaque é o aquecimento global que pode prejudicar as vacas leiteiras, que tendem a ser mais sensíveis ao calor, o que pode reduzir a produção e a lucratividade do produtor, que terá maior necessidade de conhecimento e maiores investimentos a fim de evitar o estresse térmico (Paula et al., 2012).

No Brasil, por mais que o clima favoreça o desenvolvimento das pastagens ajudando a melhorar o desempenho produtivo das vacas leiteiras, o clima tropical com temperaturas mais elevadas e umidade do ar superior pode reduzir o desempenho desses animais, tanto na fase produtiva como na reprodutiva (FAÇANHA et al., 2013). Devido a isso, a seleção genética para animais que tenham maior adaptabilidade ao estresse térmico tem se destacado, apesar de esses animais apresentarem íntima ligação com a baixa produtividade (HAMMAMI et al., 2013).

Em países tropicais, o estresse térmico é evidenciado como um grande empecilho nos sistemas de produção animal, afetando a expressão do potencial produtivo e reprodutivo dos animais. Elementos meteorológicos como elevada temperatura, radiação solar e baixa umidade, exercem efeitos negativos diretos sobre o conforto térmico dos animais, desencadeando modificações fisiológicas e comportamentais, com o objetivo de regulação da temperatura corporal (SOUZA et al., 2010).

O estado de estresse é caracterizado quando um organismo deixa de responder adequadamente aos estímulos, comprometendo o sistema imunológico, a produtividade e o desenvolvimento dos bovinos. Assim, é fundamental a compreensão das interações bioquímicas que constituem a resposta ao estresse (GOUVEIA et al., 2017).

Dessa forma, o conhecimento da interação entre os animais, ambiente, capacidade de adaptação das espécies e raças exploradas é imprescindível para

escolher o sistema de criação e quais estratégias de manejo a serem utilizadas na criação de bovinos leiteiros, almejando sempre o melhor desempenho dos animais (RODRIGUES et al., 2010).

Objetiva-se com este trabalho revisar estudos referentes ao estresse térmico para identificar quão prejudicial o aumento da temperatura pode ser sobre a produtividade e a reprodução de bovinos leiteiros. Além disso, apresentar dados que mostrem que o estresse térmico reduz o desempenho dos animais não somente na vida adulta, mas, inclusive, na gestação e na fase de crescimento.

## **1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1 Termogênese**

Termogênese é a capacidade do corpo do animal em regular a temperatura interna de acordo com as variabilidades ambientais, gastando energia com a finalidade de produzir e eliminar calor, procurando promover a homeostase. Tem íntima ligação com o metabolismo, sendo ativada por diversos fatores como alimentação, uma vez que alguns alimentos necessitam de maior gasto energético para serem disponíveis, além também do calor, do frio e da quantidade de movimento do animal (MELO-MARINS et al., 2017).

A termogênese pode ser encontrada de duas formas: obrigatória e facultativa. Na termogênese obrigatória, há gasto de energia para utilização em processos fisiológicos básicos e necessários, como a digestão e respiração. Já a termogênese facultativa ocorre somente quando o animal estiver sob algum movimento físico diferente da rotina, ou com a mudança na alimentação, principalmente nas mudanças de temperatura ambiente (LAITANO et al., 2010).

### **1.2 Mecanismos de termorregulação**

Os animais homeotérmicos regulam a temperatura corporal de acordo com a temperatura ambiente, permitindo, assim, o fluxo de calor entre organismo e ambiente. A estabilidade da temperatura é feita através de trocas de calor com o meio ambiente, sendo estas trocas dependentes de mecanismos fisiológicos, comportamentais e metabólicos (PERISSINOTTO & MOURA, 2015).

O calor perdido para o ambiente através da condução, convecção e radiação é

denominado calor sensível, sendo função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente. Já o calor perdido para o ambiente através da evaporação é denominado calor latente e envolve mudança do estado de agregação. Assim, o organismo perde calor para o ambiente sob duas formas: calor sensível e calor latente (FROTA, 2001).

Desse modo, para que os animais possam eliminar a energia térmica corporal excedente sob elevada temperatura ambiente, os mecanismos evaporativos de perda de calor tornam-se predominantes (MAIA et al., 2005). Sendo assim, a adaptabilidade dos animais a determinadas condições ambientais pode ser determinada não somente por medidas fisiológicas como frequência respiratória e temperatura corporal, mas também por meio da taxa de sudação e pela temperatura retal (AIURA et al., 2010).

As perdas de calor por evaporação em bovinos, segundo Façanha et al. (2013), ocorrem principalmente pela epiderme, podendo chegar a cerca de 85% das perdas de calor latente, tendo apenas 15% do calor perdido pela respiração. O fluxo de calor ocorre por meio de processos dependentes da temperatura ambiente (condução, convecção, radiação) e umidade (perda de calor latente, evaporação por meio de suor e respiração ofegante) (HUTCHINSON & BROWN, 1969).

A condução é a troca de calor animal-ambiente através do contato direto. Já a convecção é a mudança de temperatura do corpo do animal de acordo com as movimentações térmicas do fluido em que ele está inserido, como, por exemplo, a ação do vento sobre o animal. A radiação é a troca de calor pela emissão de energia por meio de ondas como a luz solar sobre o animal (CATTELAM & VALE, 2013).

A magnitude da perda de calor sensível por condução e convecção depende da área de superfície por unidade de peso corporal, da magnitude do gradiente de temperatura entre o animal e o ar, da condutância do calor do núcleo do corpo para a pele e da pele para o ar circundante. A troca de calor por radiação depende da área da superfície, bem como das propriedades reflexivas do revestimento (STEWART, 1953).

As reações dos homeotérmicos às mudanças climáticas moderadas geralmente são compensatórias e estão direcionadas à manutenção ou restauração do equilíbrio térmico (WEST, 2003). Quando a temperatura ambiente atinge a temperatura do corpo da vaca, a porcentagem alta de umidade relativa do ambiente reduz a evaporação e afeta a capacidade de resfriamento do animal, havendo, conseqüentemente, aumento da temperatura corpórea. Isso ocorre devido aos efeitos negativos da alta umidade na dissipação do calor corporal (WEST, 1997).

### 1.3 Faixas de temperatura do ambiente

Para que possam expressar todo o potencial genético e produtivo, os bovinos devem receber dieta em quantidade e qualidade adequadas, além de serem criados em clima de termoneutralidade. A zona de termoneutralidade (ZTN) é a faixa de temperatura do ambiente dentro da qual os animais não usam energia adicional para manter a temperatura corporal. Quando se alcança esta zona de conforto térmico, o desgaste fisiológico dos animais é mínimo e, conseqüentemente, como a produtividade não é afetada, torna-se máxima (DU PREEZ et al., 1990).

Quando ocorre uma alteração na ZTN, aumento ou diminuição da temperatura ambiente, são observadas mudanças no comportamento e no padrão diurno dos animais, alteração do apetite, havendo ainda diminuição da retenção de energia oriunda da dieta. Geralmente, a faixa ZTN é influenciada pela idade animal, espécie, raça, consumo de ração, composição da dieta, aclimatação da temperatura, produção, condições do alojamento, isolamento dos tecidos (gordura, pele), isolamento externo (pelagem) e comportamento animal (YOUSEF, 1985).

A temperatura térmica animal pode ser muito diferente da temperatura do ar, sendo este padrão denominado de temperatura ambiente efetiva. Esta faixa é limitada pela temperatura crítica inferior e temperatura crítica superior para diferentes espécies. A temperatura ambiente efetiva de um bezerro alojado em um abrigo limpo e seco com palha pode ser 8 a 10°C mais quente que a temperatura do ar, enquanto para uma novilha exposta ao vento e à chuva, este parâmetro pode ser consideravelmente menor que a temperatura ambiente (KAZERE et al., 2002).

Analisando a ZTN, podem ser identificados diferentes confortos térmicos entre espécies. Observa-se em bovinos recém-nascidos uma temperatura neutra entre 18 e 21°C; já em ovinos, entre 25 e 30°C. Existem também diferenças entre raças como bovinos adultos taurinos que apresentam conforto térmico entre -1 e 16°C e bovinos zebus, que variam entre 10 e 27°C (KADZERE et al., 2002). De acordo com Façanha et al. (2013), as temperaturas recomendadas para vacas em lactação podem variar de 4 a 24°C.

Mcarthur & Clark (1988) relataram que a ZTN está relacionada diretamente com o balanço de calor e a água do animal. Quanto mais um animal se afasta da temperatura corporal ideal, é provável que os processos produtivos sejam mais afetados. Mcdowell et al. (1976) também relataram que mesmo pequenos aumentos na temperatura central

têm profundos efeitos sobre as funções teciduais e endócrinas, que, por sua vez, podem afetar negativamente a fertilidade animal, crescimento, lactação e desempenho.

#### 1.4 Temperaturas críticas inferior e superior

As temperaturas críticas inferior e superior são consideradas os limites máximo e mínimo para a zona de termoneutralidade. Se ocorrerem valores inferiores da temperatura crítica inferior ou acima da temperatura crítica superior, os animais sofrem estresse pelo frio e pelo calor, respectivamente (Figura 1).

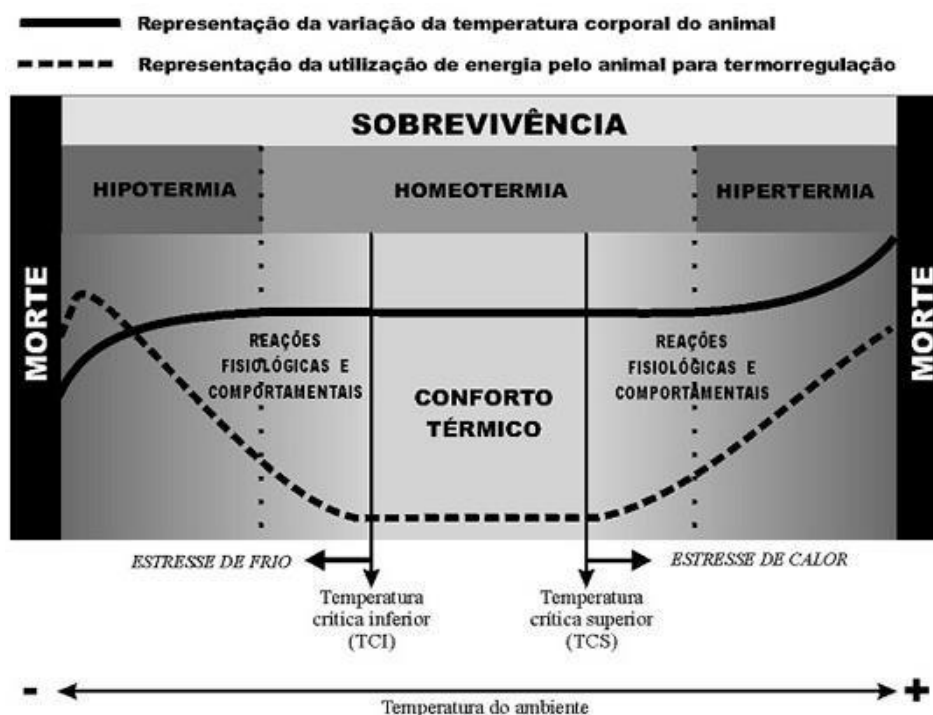


Figura 1. Representação gráfica da zona de termoneutralidade.

Fonte: Adaptado de Raslan (2007).

Assim, as temperaturas críticas inferiores e superiores para recém-nascidos, taurinos e zebuínos são, respectivamente: 10 a 26°C; -10 a 27°C; e 0 a 35°C (ALVES & AZEVÊDO, 2009).

Quando se têm valores inferiores à temperatura crítica inferior, há aumento do metabolismo animal com o objetivo de gerar calor e manter a temperatura estável, resposta alcançada pelo aumento do gasto de energia. A regra geral é que o gasto de energia deve aumentar em 1% para cada grau de temperatura abaixo do ideal. A perda de calor não evaporativa diminui à medida que a temperatura ambiente sobe acima da temperatura controle do animal, tornando os animais mais dependentes da vasodilatação

periférica e da evaporação da água para aumentar a perda de calor e evitar o aumento da temperatura corporal (YOUSEF, 1985).

Na temperatura crítica superior, a carga térmica excede a capacidade de perda de calor por evaporação, ocorre aumento da temperatura central e, conseqüentemente, quadro de hipertermia (YOUSEF, 1985). O aumento contínuo da temperatura e o calor não debilitado podem causar a morte de animais devido à hipertermia. A temperatura crítica superior é de 25 a 26 °C para vacas leiteiras e provavelmente permanece inalterada independentemente da aclimatação prévia ou da produção de leite (PERISSINOTTO & MOURA, 2015).

Entretanto, a temperatura crítica superior varia com o estado fisiológico dos animais e com outras condições ambientais envolvidas. Essa temperatura pode ser observada com base em funções termorreguladoras como aumento da sudorese, perda de água respiratória e aumento da temperatura corporal. Além disso, sabe-se que a perda de água por evaporação da pele aumenta a temperatura do ar acima de 20°C (OLIVEIRA et al., 2012).

## **1.5 Avaliação do estresse calóricos em bovinos**

### **1.5.1 Índice de Temperatura e Umidade**

Bernabucci et al. (2013) apresentaram os principais índices que sugeram o conforto térmico dos animais, tendo o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) como o principal fator para classificar o estresse térmico em humanos e animais de fazenda. Oferece um método para combinar dois dos elementos climáticos importantes e de fácil medição, em uma medida de dados com temperatura e umidade e a resposta de animais em diferentes locais (McDOWELL et al., 1976). Assim, o estresse térmico é classificado como baixo (72 a 78), moderado (79 a 88) e alto (89 a 98) (ARMSTRONG, 1994) (Figura 2).



		Umidade relativa do ar (%)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Temperatura (°C)	20	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67	67	68	68
	22	64	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72
	24	66	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
	26	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	77	77	78	78	79
	28	70	70	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82
	30	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86
	32	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90
	34	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
	36	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97
	38	78	79	81	82	83	84	85	86	88	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100
	40	80	81	82	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101	103	104

Figura 2. Índice de Temperatura e Umidade para bovinos

Fonte: Adaptado de Nienaber (2004).

Um valor de ITU de 72, considerado sem estresse térmico, equivale a 25°C e 50% de umidade relativa. Se o valor exceder 72, a vaca sofre de estresse por calor e a produção de leite diminui (West, 2003). Quando o valor está entre 78 e 82, a vaca é severamente afetada e o resfriamento por meios artificiais é necessário para a produção animal. Se o ITU estiver acima de 82, as vacas vulneráveis ao estresse calórico podem deixar de produzir ou diminuir a produtividade, levando até mesmo morte (DÙ PREEZ et al., 1990).

Segundo Carvalho et al. (2010), no Estado de Goiás, as regiões sudeste e leste apresentaram ITU dentro das condições consideradas normais nos meses mais quentes do ano. As regiões nordeste, centro e sul apresentaram ITU entre 70 e 72, e nas regiões oeste e nordeste, houve maior índice de temperatura e umidade, entre 72 e 78. Tais achados mostram que as vacas leiteiras no Estado de Goiás não entraram nas zonas de perigo sob o efeito do estresse térmico.

A temperatura corporal (TR) e a frequência respiratória (FR) têm sido recomendadas como parâmetros para determinar o estresse térmico em bovinos, juntamente com os valores de ITU. Aggarwal & Upadhyay (2013) observaram que o aumento na umidade e na temperatura do ar resultou em aumento na temperatura e na frequência respiratória de bubalinos.

### **1.5.2 Índices de Globo úmido**

O índice de globo úmido (ITGU) é um dos índices de conforto térmico mais utilizados pela maior precisão sobre o ITU (D'EMILIO et al., 2018). É calculado por uma fórmula que contém duas variáveis: a temperatura do globo negro (por meio do termômetro do globo negro) e a temperatura do ponto de orvalho (fase em que a temperatura do ar está passando por condensação) (BUFFINGTON et al., 2013). A definição de conforto do bovino tem escalas variáveis, sendo até 74 considerado na zona de conforto, de 74 a 78 em alerta, 79 a 84 em perigo e acima de 84 emergencial (RODRIGUES et al., 2010).

### **1.5.3 Avaliação Clínica (Frequências cardíacas e respiratória e temperatura retal)**

Além de vários índices e testes que podem ser calculados para avaliar os níveis

de estresse térmico de um animal, existe também a avaliação clínica. Nesta avaliação, podem ser determinados três parâmetros importantes: a frequência cardíaca (FC), que pode ser considerado normal entre 60 e 80 batimentos por minuto; a temperatura retal (TR), que fica em cerca de 38,5°C; e a frequência respiratória (FR), que varia entre 10 e 30 movimentos por minuto em condições normais (PIRES & CAMPOS, 2004).

#### 1.5.4 Teste de Rhoad

O teste de Rhoad foi criado com a finalidade de mostrar quanto a temperatura retal de 38,3°C irá variar no ambiente de teste. O teste consiste em deixar o grupo de animais escolhidos em um ambiente com luz solar direta e temperatura entre 29°C e 35°C, permanecendo sem água e sem abrigo durante o teste. Mede-se a temperatura retal às 10 horas e às 15 horas durante três dias. Após a coleta dos dados, calcula-se o coeficiente de tolerância ao calor dos animais pela fórmula  $CTC = 100 - 18 (TR_m - 38,3)$ . Assim, quanto mais elevado este índice, maior o índice de tolerância ao calor dos animais (ALVES & AZEVÊDO, 2009) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Aplicação do teste de RHOAD em bovinos de diferentes raças e graus de sangue nos Estados Unidos.

<b>Grupos Genéticos</b>	<b>CTC</b>
Brahma	89
½ Brahma, ½ Angus	84
5/8 Brahma, 3/8 Angus	84
Santa Gertrudes (5/8 Shortorn, 3/8 Brahma)	82
½ Agrikander, ½ Angus	80
Jersey	79
¾ Angus, ¼ Brahma	77
Hereford	73

¾ Agnus, ¼ Afrikander	72
Angus	59

---

Fonte: Adaptado de Bioclimatologia Animal (1997).

## 1.6 Efeitos do estresse térmico

### 1.6.1 Consumo de água e alimentos

A água é o principal constituinte do corpo dos animais, podendo variar de 55 a 70% do peso vivo. Um bovino adulto pode consumir em torno de 55 litros de água por dia com temperatura entre 18 e 22°C (TAVARES & BENEDETTI, 2011). Os animais atendem as necessidades de água de três maneiras, por meio da água metabólica, água ingerida por meio do alimento e ingestão de água líquida (BEDE & COLLIER, 1986).

Quando a temperatura fica acima da ZTN, ocorrem mudanças no volume de água ingerida pelos bovinos (NRC, 2016). Aumenta-se também a quantidade de água excretada pela urina e reduz-se a água fecal. No entanto, sabe-se que as variações de perdas de água pela de sudorese são relativas entre espécies e raças, sendo a dos zebuínos mais rápida que a dos taurinos (FINCH et al., 1984).

Em condições de estresse térmico, as vacas tendem a beber maior quantidade de água para repor as perdas do suor e da respiração e promover um resfriamento do corpo. Assim, a eliminação de maior quantidade de urina concentrada e fezes mais seca é comum com o objetivo de aumentar o consumo de água (ALVES & AZEVÊDO, 2009).

### 1.6.2 Reprodução de Fêmeas Bovinas

O estresse térmico afeta o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e o sistema simpático-adrenal para modular a maioria das atividades. A estimulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal é caracterizada pela ativação de neurônios do fator liberador de corticotrofina (FLC) e arginina vasopressina (AVP) no núcleo paraventricular, e a secreção desses neuropeptídeos no sistema porta hipofisário para estimular os corticotróficos da hipófise anterior (TILBROOK, 2000).

Os corticotróficos produzem uma variedade de peptídeos, incluindo o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), endorfina e hormônio estimulante do melanócito, que são liberados em resposta ao estresse térmico (ENGLER et al., 1989). Dessa forma, o

ACTH atua no córtex suprarrenal para estimular a síntese e a secreção de glicocorticoides como o cortisol. As maiores concentrações de cortisol em vacas estressadas pelo calor inibem a liberação de hormônio luteinizante (LH) em bovinos (AGGARWAL & UPADHYAY, 2013).

Com isso, o calor influencia a capacidade de esteroidogênese, a dinâmica folicular, a qualidade dos oócitos e o desenvolvimento embrionário (ROTH et al., 2000), o que pode levar a uma baixa fertilidade das vacas durante os períodos mais quentes do ano. Tais afirmações corroboram aos achados de Lopez-Gatiús et al. (2004), que observaram que a proporção de vacas leiteiras inseminadas que engravidam durante os meses quentes do ano são de 22,1% contra 43,1% das vacas inseminadas na estação fria.

Ronchi et al. (2001) relataram baixas concentrações de hormônio folículo estimulante (FSH) e estradiol em vacas com estresse calórico agudo e crônico, enquanto não foram observadas alterações nas concentrações de FSH em vacas que tinham concentrações normais de estradiol. Por outro lado, não relataram diferenças na frequência, amplitude dos pulsos de FSH e concentrações basais de FSH entre vacas expostas e não expostas a altas temperaturas ambientes.

A diminuição nas taxas de concepção durante o verão pode variar entre 20 e 30% (RENSIS & SCARAMUZZI, 2003), visto que temperaturas elevadas afetam negativamente a capacidade das vacas de apresentar comportamento natural de acasalamento, pois reduz a duração e a intensidade da expressão do estro (ORIHUELA, 2000). Além disso, Schüller et al. (2014) observaram que o estresse térmico pode promover redução no fluxo sanguíneo uterino, redução da dominância do folículo maior e falta de declínio dos folículos pré-ovulatórios, aumentando a infertilidade desse animal.

### **1.6.3 Reprodução dos Machos Bovinos**

Em mamíferos com testículos externos, quando ocorre de os testículos serem internalizados, acontece aumento na temperatura testicular e consequente redução da produção e motilidade dos espermatozoides. Além disso, aumenta a proporção de espermatozoides morfologicamente anormais no ejaculado. Tais efeitos podem ser observados quando uma fonte de calor local é aplicada ao testículo ou a temperatura do corpo é elevada em razão de uma febre ou de um ambiente térmico (SETCHELL, 1998).

Temperaturas elevadas podem causar degeneração das células germinativas meióticas nos túbulos seminíferos, influenciando na estrutura do DNA dos espermatozoides e na contagem de espermatozoides e na redução da motilidade espermática (AGGARWAL & UPADHYAY, 2013). A motilidade progressiva dos espermatozoides é mais sensível à variação de temperatura em comparação com o número de espermatozoides produzidos em cada ejaculação (MOREIRA et al., 2001).

#### **1.6.4 Crescimento e desenvolvimento de bezerros**

A maioria dos estudos prioriza a redução do estresse térmico em vacas leiteiras, deixando em segundo plano os bezerros, de forma que grande parte dos prejuízos sofridos tendem a passar despercebidos (BROUCEK et al., 2006). Este problema se inicia em novilhas que sofreram estresse térmico, cuja cria obtém desvantagem desde a concepção até a lactação em comparação com os animais que estavam em condições termoneutras (DAHL et al., 2016).

Beatty et al. (2006) verificaram que bezerros recém-nascidos com elevado vigor físico são capazes de enfrentar condições climáticas adversas. Em contrapartida, aqueles com baixo vigor físico nascidos sob condições desfavoráveis, como os prematuros, foram prejudicados pelas condições climáticas. Estes bezerros apresentaram hipóxia, acidose, hiperlactatemia e até mesmo menor mobilização de lipídios corporais (BROUCEK et al., 2009).

Além de se tornarem suscetíveis do ponto de vista sanitário, ocorrem reduções drásticas no crescimento antes e depois do desmame em bezerros expostos a elevadas ou baixas temperaturas. Menores crescimento e desenvolvimento foram observados, mesmo não havendo diminuição no consumo de ração, sugerindo redução na eficiência alimentar de bezerros submetidos ao estresse térmico em relação àqueles sob condições ambientais moderadas (BROUCEK et al., 2006).

Sabe-se que o crescimento e o desenvolvimento de um animal é resultado da junção do genótipo e do ambiente. Quando ocorre déficit em um desses fatores, conseqüentemente, ocorrerão prejuízos para o desempenho do animal (JUSINA et al., 2010).

Assim, a temperatura tende a ser um fator a mais para definir o desempenho dos bezerros, além da radiação, vento e umidade do ar. Ou seja, animais quando estão sob níveis elevados ou inferiores de temperatura, saindo das zonas de conforto da espécie, tendem a apresentar alterações no peso ao nascer, redução da precocidade do animal,

maior tempo para desmama, além de uma cascata de prejuízos. Como os bezerros recém-nascidos terão uma capacidade de regulação térmica reduzida, caso venham a sofrer efeito do calor, eles podem entrar em hipertermia e aumentar a mortalidade na propriedade (ALVES & AZEVÊDO, 2009).

### **1.6.5 Aspectos produtivos**

Vacas leiteiras em lactação têm alta taxa metabólica e incremento de calor, exigindo, portanto, um mecanismo termorregulador efetivo para manter a temperatura corporal. Quando expostas a estresse térmico, o mecanismo imediato desses animais é reduzir o consumo de matéria seca, causando diminuição na disponibilidade de nutrientes usados para a síntese do leite (BAUMGARD & Jr, 2013). Simultaneamente, há aumento no metabolismo basal causado pela ativação do sistema termorregulatório, promovendo aumento de gastos na manutenção metabólica e consequente redução da produção de leite (POLSKY & VON KEYSERLIGK, 2017).

Barash et al. (2010) mostraram que, em baixas temperaturas, vacas no segundo mês de lactação expressaram potencial máximo de produção, mas, em contrapartida, esse potencial não foi detectado no verão. Spiers et al. (2004) afirmaram ainda que ocorrem aumento da taxa respiratória e da temperatura retal e diminuição do consumo de matéria seca. Consequentemente, a produção das vacas é afetada significativamente, com perdas de proteínas variando de 0,02 a até 0,10%, corroborando assim Bernabucci et al. (2014).

Além disso, vacas no segundo mês de lactação tendem a ter rendimento prejudicado, diferentemente de animais que estão no nono mês, pois apresentam melhor razão entre o aumento da temperatura e a produção de leite, permitindo que consigam resistir mais tempo a dias mais longos com alta produção (BARASH et al., 2001). Auld et al. (1998) também observaram que, além do declínio da produção de leite, a produção de proteínas também foi reduzida em períodos com maior exposição a raios solares.

### **1.6.6 Comportamento Animal**

O estresse térmico pode provocar diversas alterações comportamentais em vacas leiteiras. Um dos comportamentos mais observados é a redução do consumo de alimento concentrado, que é ligado à necessidade básica do animal em manter sua manutenção energética, acarretando assim falta de energia e posterior redução na produção de leite (DASET et al., 2016).

Animais que apresentam efeito do estresse térmico tentam procurar sua homeostase térmica de diversas maneiras. Assim, procuram ficar por mais tempo em pé para tentar eliminar mais calor. No entanto, esse comportamento por mais tempo que o normal pode reduzir a produção de leite, pois diminui o fluxo sanguíneo para o úbere, além de aumentar os episódios de claudicação nos animais (ALLEN et al., 2015).

Uma das maneiras de minimizar os níveis de problemas causados pelo estresse térmico é a seleção de um sistema de produção adequado que condiz com a realidade de cada produtor. Primeiramente, analisam-se a variação da temperatura na região, o nível de sombreamento da propriedade e o sistema de criação (pastejo, free stall e compost barn), além da capacidade de utilizar meios de resfriamento pela água, ventiladores e túnel de ventilação (FORA et al., 2004).

### **1.7 Estratégias para diminuir o estresse térmico**

Algumas estratégias que podem contribuir para redução do estresse calórico estão em manejos básicos diários, como fornecer alimento de alta qualidade, aumentar a porcentagem de minerais na alimentação e fornecer dietas com mais de 65% de proteína degradável no rúmen. Adicionalmente, a utilização de tamponantes e o aumento o número de refeições, fornecendo a alimentação em horários mais frescos do dia, também são de suma importância para reduzir o estresse térmico (BAUMGARD & Jr, 2013).

Além desses fatores podem ser colocados cochos e bebedouros em lugares sombreados, utilizar sombras tanto artificiais como naturais e aspersores, deixando os animais sempre com abundante disponibilidade de água (ALVES & AZEVÊDO, 2009).

Compost de Barn também podem apresentar telhado com lanternin, que são aberturas que permitem a saída do ar quente produzido pelas vacas. Assim, há constante renovação da temperatura interna do galpão (PRIA, 2015).

Entretanto, sistemas de resfriamento artificiais tornam-se necessários para alcançar as condições ideais de conforto térmico para vacas leiteiras. Os sistemas de resfriamento evaporativo podem ser agrupados em “mist” (nebulização de baixa a média pressão), “fog” (nebulização de alta pressão) e “sprinkling” (aspersão). A diferença entre os sistemas “mist” e “fog” é basicamente o tamanho das gotas. O sistema de nebulização de alta pressão (fog) é o método mais eficiente de resfriamento do que o de baixa a média pressão (mist), porém é mais caro e requer mais manutenção. O uso de



aspersão ou de nebulização, associado a sistemas de ventilação forçada, pode ser bastante eficiente no resfriamento das instalações. O sistema ventilação/nebulização produz uma névoa que permanece em suspensão no ar e evapora antes de ser depositada no piso da instalação, desta maneira resfriando o ambiente. Já no sistema ventilação/aspersão, o tamanho da gota de água é maior, havendo, portanto, um gasto maior da água que cai sobre a vaca, ou diretamente no chão. A aspersão constante tende a manter a atmosfera saturada de vapor, o que dificulta as trocas térmicas por evaporação nos animais. Por esse motivo, a aspersão de água é mais útil em ambientes muito secos (Pinheiro et al., 2015).

A aspersão na linha de cocho é uma forma muito utilizada de resfriamento em alguns sistemas, sendo bastante efetiva. No entanto, manter esse sistema requer grande utilização de água e energia. Quando se utiliza da ventilação forçada, reduz-se o desperdício de água, mas há maior dispêndio de energia e frequência de manutenções. Independentemente de custos, ambos os sistemas de resfriamento reduzem a temperatura retal e a taxa respiratória dos animais. Além disso, as vacas ficam mais tempo na área de alimentação, evitando redução do consumo de matéria seca e consequente perda na produção de leite (FRAZZI et al., 2000).

Conforme D'emilio et al. (2018), os fatores benéficos vindos dos modelos de aspersão não são observados somente de dia. Os animais sob efeito da aspersão permanecem em decúbito durante quase toda noite. Já os animais sem ação da aspersão interrompem seu descanso para procurar um meio de se resfriar.

De acordo com Pinheiro et al. (2005), a nebulização associada à ventilação melhora a produção diária de leite de vacas Jersey por promover resfriamento evaporativo dos animais.

Uma alternativa para redução do estresse térmico é a utilização de Compost de Barn com túnel de ventilação. Neste sistema, o galpão fechado por cortinas laterais tende a ter altura de pé direito com cerca de 3,5 metros e apresenta exaustores em um dos lados e placas evaporativas no outro. Assim, quando os exaustores são ligados, o ar é enviado para dentro do galpão, passando pelas placas evaporativas para ser resfriado. Dessa forma, retira calor dos animais e mantém a temperatura do ambiente adequada (BEWLEY et al., 2012).

O estresse térmico tem efeito negativo sobre os desempenhos produtivo e reprodutivo de bovinos leiteiros, desencadeando perdas significativas ao sistema. Vale salientar que a categoria de vacas em lactação não é a única afetada dentro do rebanho,

de forma que o estresse térmico tem impacto significativo sobre bezerros, touros e novilhas.

## 2. REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, A.; UPADHYAY, R. **Heat stress and animal productivity**. Dordrecht: Springer, 2013. 199p.
- AIURA, A.L.O.; AIURA, F.S.; SILVA, R.G. Respostas Termorreguladoras de Cabras Saanen e Pardo Alpina em Ambiente Tropical. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 228, p. 605–608, 2010.
- ALLEN, J.D.; HALL, L.W.; COLLIER, R.J. et al. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 118–127, 2015.
- ALVES, D.M.M.R.A.; AZEVÊDO, A. **Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos**, 1.ed. Teresina: Embrapa, 2009. 83p.
- ARMSTRONG, D.V. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2044–2050, 1994.
- AULDIST, M.J.; WALSH, B.J.; THOMSON, N.A. Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. **Journal of Dairy Research**, v. 65, p. 401–411, 1998.
- BARASH, H.; SILANIKOVE, N.; SHAMAY, A. et al. Interrelationships among Ambient Temperature, Day Length, and Milk Yield in Dairy Cows under a Mediterranean Climate. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 10, p. 2314–2320, 2001.
- BAUMGARD, L.H.; JR, R.P.R. Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics. **Annual Review Animal Bioscience**, v. 1, p. 311–337, 2013.

BEATTY, D.T.; BARNES, A.; TAYLOR, E. et al. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. **Journal of animal science**, v. 84, n. 4, p. 972–85, 2006.

BEEDE, D.K.; COLLIER, R.J. Potential Nutritional Strategies for Intensively Managed Cattle during Thermal Stress. **Journal of Animal Science**, v. 62, n. 2, p. 543–554, 1986.

BERNABUCCI, U.; BIFFANI, S.; BUGGIOTTI, L. et al. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 471–486, 2014.

BEWLEY, J.; TARABA, J.; DAY, G. et al. Compost Bedded Pack Barn Design: Features and Management Considerations. **University of Kentucky College of Agriculture**, v.11, p.0132, 2012.

BROUCEK, J.; ARAVE, C.W.; KISAC, P. et al. Effects of Some Management Factors on Milk Production in First-calf Heifers. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 19, p. 672–678, 2006.

BROUCEK, J.; KISAC, P.; UHRINCAT, M. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. **International Journal of Biometeorology**, v. 53, p. 201–208, 2009.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black Globe-Humidity Index (BGHI) as Comfort Equation for Dairy Cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, p. 0711–0714, 2013.

CARVALHO, V.F.; JUNIOR, T.Y.; FERREIRA, L. et al. Zoneamento do potencial de uso de sistemas de resfriamento evaporativo no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 358–366, 2010.

CATTELAM, J.; VALE, M.M. Estresse térmico em bovinos leiteiros. **Revista portuguesa de ciências veterinárias**, v. 108, p. 96–102, 2013.

D'EMILIO, A.; CASCONI, G.; LANTERI, P. et al. Effects of different cooling

systems on heat stress and behaviour of dairy cows. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 2018, n. Special Issue, 2018.

DAHL, G.E.; TAO, S.; MONTEIRO, A.P.A. Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 3193–3198, 2016.

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

DU PREEZ, J.H.; GIESECKE, W.H.; HATTINGH, P.J. Heat stress in dairy cattle and other livestock under southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. **The Onderstepoort journal**, v. 57, p.77-87, 1990.

E. FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F. et al. Behavior of Dairy Cows in Response to Different Barn Cooling Systems. **Transactions of the ASAE**, v. 43, p. 387–394, 2000.

ENGLER, D.; PHAM, T.; FULLERTON, M. et al. Studies of the Secretion of Corticotropin Releasing Factor and Arginine Vasopressin into the Hypophysial-Portal Circulation of the Conscious Sheep. **Neuroendocrinology**, v. 49, p. 367–381, abr. 1989.

FAÇANHA, D.; CHAVES, D.; MORAIS, J. et al. Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 14, p. 91–103, 2013.

FINCH, V.A.; BENNETT, I.L.; HOLMES, C.R. Coat Colour In Cattle: Effect on Thermal Balance, Behaviour and Growth, And Relationship with Coat Type. **The Journal of Agricultural Science**, v. 102, p. 141–147, 1984.

GOUVEIA, A.J.; MARTINS, V.C.; ESTEVES, E. et al. Níveis de GABA, Serotonina, Dopamina, Adrenalina e Noradrenalina em Touros de Lide e Bovinos Produtores de Carne sob Stress, v.18, p.1-16, 2017.

HAMMAMI, H.; BORMANN, J.; M'HAMDI, N. et al. Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 1844–1855, 2013.

HUTCHINSON, J.C.; BROWN, G.D. Penetrance of cattle coats by radiation. **Journal of applied physiology**, v. 26, p. 454–64, 1969.

JUSTINA, L.A.D.; CALUZI, J.J.; MEGLHIORATTI, F.A. et al. A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, p. 55–71, 2010.

KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N. et al. Heat stress in lactating dairy cows: A review. **Livestock Production Science**, v. 77, p. 59–91, 2002.

LAITANO, O.; KALSI, K.K.; POOK, M. et al. Separate and combined effects of heat stress and exercise on circulatory markers of oxidative stress in euhydrated humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, p. 953–960, 2010.

LOPEZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P.; YANIZ, J.L. et al. Timing of Early Foetal Loss for Single and Twin Pregnancies in Dairy Cattle. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 39, p. 429–433, 2004.

MAIA, A. S.C.; DASILVA, R.G.; BATTISTON LOUREIRO, C.M. 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.

MATTE JÚNIOR, A.A.; JUNG, C.F. Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. **Ágora**, v. 19, p. 34, 2017.

MCARTHUR, A.J.; CLARK, J.A. Body temperature of homeotherms and the conservation of energy and water. **Journal of Thermal Biology**, v. 13, p. 9–13, 1988.

MCDOWELL, R.E.; HOOVEN, N.W.; CAMOENS, J.K. Effect of Climate on Performance of Holsteins in First Lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 59, p. 965–

971, 1976.

MELO-MARINS, D.; SOUSA-SILVA, A.A.; SILAMI-GARCIA, E. et al. Termorregulação e Equilíbrio Hídrico no Exercício: Aspectos Atuais e Recomendações. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 25, p. 181, 2017.

MOREIRA, F.; ORLANDI, C.; RISCO, C.A. et al. Effects of Presynchronization and Bovine Somatotropin on Pregnancy Rates to a Timed Artificial Insemination Protocol in Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 1646–1659, 2001.

OLIVEIRA, M.S.; TIBURCIO, M.; FERREIRA, S.G.C. Influência do Estresse Térmico Sobre a Reprodução de Bovinos de Corte. In: VI MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. **Anais...** Maringá: Centro Universitário de Maringá, 2012. p.17.

ORIHUELA, A. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 70, p. 1–16, 2000.

PAULA, E.J.H.; MARTINS, E.N.; MAGNABOSCO, C.U. et al. Mudanças climáticas e impacto na produção animal. **PUBVET**. v.6, n.30, 2012.

PERISSINOTTO, MAURÍCIO MOURA, D. J. D. Determinação do Conforto Térmico de Vacas Leiteiras utilizando a Mineração de Dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 1,p. 117, 2015.

PINHEIRO, A.C.; SARAIVA, E.P.; SARAIVA, C.A.S. et al. Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical. **Revista Agropecuaria Técnica (AGROTEC)**, v. 36, p. 280–293, 2015.

PINHEIRO, M.G.; NOGUEIRA, J.; LIMA, M. et al. Efeito do ambiente pré-ordenha (sala de espera) sobre a temperatura da pele, a temperatura retal e a produção de leite de bovinos da raça Jersey. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, v. 12, p. 37–43, 2005.

PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse**

**calórico em gado de leite.** 1ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. p.1-6.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M.A.G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 8645–8657, 2017.

PRIA, Ana Dalla. [2015]. **Novo modelo de estábulo para vacas leiteiras melhora produtividade.** Available at:

<<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2015/06/novo-modelo-de-estabulopara-vacas-leiteiras-melhora-produtividade.html>>. Acesso em: 07 maio 2019.

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

RODRIGUES, A.L.; MORAIS, J.; FILHO, P. Influência do Sombreamento e dos Sistemas de Resfriamento no Conforto Térmico de Vacas Leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6,p. 14–22, 2010.

RONCHI, B.; STRADAIOLI, G.; SUPPLIZI, A.V. et al. Influence of heat stress or feed restriction on plasma progesterone, oestradiol-17 $\beta$ , LH, FSH, prolactin and cortisol in Holstein heifers. **Livestock Production Science**, v. 68, p. 231–241, 2001.

ROTH, Z.; MEIDAN, R.; BRAW-TAL, R. et al. Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. **Journal of reproduction and fertility**, v.120, p. 83-90, 2000.

SCHÜLLER, L.K.; BURFEIND, O.; HEUWIESER, W. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. **Theriogenology**, v. 81, p. 1050–1057, 2014.

SETCHELL, B.P. The Parkes Lecture. Heat and the testis. **Journal of reproduction and fertility**, v. 114, p. 179–94, 1998.

SOUZA, B.B.; SILVA, I.J.O.; MELLACE, E.M. et al. Avaliação do Ambiente Físico

Promovido pelo Sombreamento sobre o Processo Termorregulatório em Novilhas Leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, p. 59-65, 2010.

SPIERS, D.E.; SPAIN, J.N.; SAMPSON, J.D. et al. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 29, p. 759–764, 1 2004.

STEWART, R.E. Absorption of solar radiation by the hair of cattle. **Agricultural Engineering**, v. 34, p. 235, 1953. SUBCOMMITTEE ON DAIRY CATTLE NUTRITION COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION BOARD ON AGRICULTURE AND NATURAL RESOURCES NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7ed. Washington: National Academy Press, 2001. 401p.

TAVARES, J.E.; BENEDETTI, E. Água : Uso De Bebedouros E Sua Influência na Produção de Bovinos em Pasto . **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v. 2, 2011.

TILBROOK, A. Effects of stress on reproduction in non-rodent mammals: the role of glucocorticoids and sex differences. **Reviews of Reproduction**, v. 5, n. 2, p. 105–113, 2000.

WEST, J.W. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 21, 1997.

WEST, J. W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2131–2144, 2003.

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. CRC Press: Boca Raton, FL. 1985.

### 3. OBJETIVOS GERAIS

Objetivou-se avaliar os efeitos da estação do ano de nascimento das bezerras holandesas no comprimento de gestação, retenção de placenta, desenvolvimento das bezerras (peso corporal e índice de mortalidade) e na eficiência das novilhas (peso e



idade à puberdade, idade e taxa de concepção ao primeiro serviço de inseminação artificial).

#### **4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar o efeito da estação de nascimento de bezerras da raça holandesa sobre o peso ao nascimento;
- Observar o efeito da estação de nascimento de bezerras da raça holandesa sobre o peso ao desmame;
- Identificar o efeito da estação de nascimento de bezerras da raça holandesa sobre a susceptibilidade a doenças até a puberdade;
- Identificar o efeito da estação de nascimento de bezerras da raça holandesa sobre a mortalidade até a puberdade;
- Verificar o efeito da estação de nascimento de bezerras da raça holandesa sobre a idade à puberdade;
- Avaliar o efeito da estação de nascimento de bezerras da raça holandesa sobre o peso à puberdade;
- Analisar o efeito da estação de nascimento de bezerras da raça holandesa sobre o número de inseminações para ficarem prenhez e idade ao primeiro parto;
- Analisar o efeito da estação de nascimento de bezerras da raça holandesa sobre a idade ao parto.

## **CAPÍTULO 2 - ESTRESSE TÉRMICO AFETA O DESENVOLVIMENTO DE BEZERRAS E A EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DE NOVILHAS DA RAÇA HOLANDESA**

(Normas de acordo com a Revista Livestock Science)

## RESUMO

O estresse térmico (ET) ocorre quando a carga de calor de um animal é maior que sua capacidade de perder calor. O desafio do ET na criação de bovinos é maior em áreas geográficas onde a duração do verão é longa com constante de radiação solar e alta umidade, resultando em alívio mínimo do calor. Objetivou-se avaliar os efeitos da estação do ano de nascimento das bezerras holandesas no comprimento de gestação, retenção de placenta, no desenvolvimento das bezerras (peso corporal e índice de mortalidade) e na eficiência das novilhas (peso e idade à puberdade, idade e taxa de concepção ao primeiro serviço de inseminação artificial). O estudo foi realizado a partir do banco de dados de uma fazenda comercial no Centro Oeste do Brasil durante quatro anos. As vacas com partos nos meses mais quentes apresentaram menor comprimento de gestação e maior taxa de retenção de placenta. As bezerras filhas destas vacas exibiram 4,2 kg e 12,28 kg a menos no peso à desmama aos 90 dias e à puberdade, respectivamente, do que as que nasceram no inverno. Assim, o estresse térmico afeta não apenas a categoria de vacas em lactação, mas impacta a progênie no desenvolvimento, saúde e eficiência reprodutiva. Essa pesquisa veio acrescentar informações da importância de adotar melhores estratégias de conforto térmico e bem-estar para as vacas durante o período seco, contribuindo para o esclarecimento de produtores e técnicos.

**Palavras-chave:** Data de nascimento, Programação Fetal, Peso corporal, Taxa de concepção.

**THERMAL STRESS AFFECTS THE DEVELOPMENT OF CALVES AND THE REPRODUCTIVE EFFICIENCY OF HEALERS OF DUTCH BREED HEIFERS**

(Norms according to Livestock Science Magazine)

## ABSTRACT

Thermal stress (TS) occurs when an animal's calorie load is greater than its ability to lose calories. HT challenge in cattle breeding is greatest in geographic areas where the duration of the summer is long with constant solar radiation and high humidity, providing minimal relief from heat. The objective of this study was to evaluate the effects of the season of birth of Holstein calves on the length of gestation, placental retention and somatic cell count of the mother; in the development of calves (body weight and mortality index) and in the efficiency of heifers (weight and age at puberty, age and conception rate at the first artificial insemination service). The study was carried out from the database of a commercial farm in the Midwest of Brazil for four years. Cows calving in the warmer months heat shorter gestation length and higher rate of placental retention. The calves daughters these cows exhibited 4.2 kg and 12.28 kg less in weight at weaning at 90 days and at puberty, respectively, make that as if they were born in winter. Thus, the thermal stress affected not only the category of lactating cows, but impacts the progeny in development, health and reproductive efficiency. This research added information about the importance of adopting better thermal comfort and welfare strategies for cows during the dry period, contributing to the clarification of producers and technicians.

**Key words:** Date of birth, Fetal Programming, Body weight, Conception rate.

## 1. INTRODUÇÃO

O estresse térmico (ET) é definido como a soma das forças internas e externas que agem sobre um animal para causar aumento na temperatura corporal e promover uma resposta fisiológica (DIKMEN e HANSEN, 2009). O bem-estar dos animais deve

ser baseado em três perspectivas diferentes: o ambiente de estresse térmico, resposta fisiológica do animal e sinais de que a manutenção das condições homeotérmicas esteja falhando (HERBUT et al., 2018).

Em países tropicais, o ET é evidenciado como um grande empecilho nos sistemas de produção animal, pois afeta a expressão do potencial produtivo e reprodutivo. Elementos meteorológicos como elevada temperatura, radiação solar e elevada umidade exercem efeitos negativos diretos sobre o conforto térmico dos animais, desencadeando modificações fisiológicas e comportamentais com o objetivo de regular a temperatura corporal (SOUZA et al., 2010).

A grande maioria dos estudos tende a priorizar a redução do ET em vacas em lactação. Vacas normalmente têm o ciclo de produção de 12 meses, sendo dois meses de período seco, em que estão prenhas, e cerca de 10 meses em lactação. No período de dez meses, essas vacas se encontram prenhas e em lactação e nos outros dois meses estão vazias e em lactação (DEKKERS et al., 1998), deixando em segundo plano o conceito de programação fetal. A programação fetal é referida como os estímulos durante os estágios intrauterinos do desenvolvimento fetal que podem afetar esse feto, levando a efeitos permanentes após a maturação sexual. Essa fase é fundamental na formação do fenótipo do animal adulto (HUBER et al., 2020).

Assim grande parte dos prejuízos sofridos passam despercebidos (BROUCEK et al., 2006). De fato, quando as vacas em lactação sofrem estresse por calor, elas diminuem a ingestão, alteram as prioridades metabólicas e acabam sofrendo redução na produção de leite (COLLIER et al., 2006; BAUMGARD e RHOADS, 2013). Assim, estes problemas que se iniciaram em vacas que sofreram ET fazem com que suas crias que nasceram sob as mesmas condições tenham desvantagens até a lactação em comparação com os animais que estavam em condições termoneutras durante sua fase fetal (DAHL et al., 2016).

Objetiva-se com este trabalho identificar o efeito das condições bioclimatológicas e estação do ano em que a bezerra nasceu sobre o seu desenvolvimento, saúde e eficiência reprodutiva até a fase de novilha.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado a partir do banco de dados de uma granja leiteira comercial localizada no centro-oeste do Brasil, região tipo Aw, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (CARDOSO et al., 2015). Dados das

bezerras nascidas ao longo de três anos (parto de 1º de janeiro de 2016 a 31 de dezembro de 2018) foram coletados até a primeira concepção.

Trinta dias antes da previsão do parto, vacas e novilhas holandesas foram alojadas em sistema de produção tipo *Compost Barn*. Ração mista total (RMT) foi oferecida *ad libitum* duas vezes ao dia (5 a.m. e 1 p.m.). A RMT era baseada em silagem de milho, farelo de soja, milho moído, caroço de algodão e núcleo comercial, seguindo as recomendações do National Research Council (NRC, 2001). Na tentativa de proporcionar conforto térmico, ventiladores posicionados na área das camas e da linha de cocho eram acionados em temperatura acima de 20°C e desligados abaixo de 17°C e aspersores eram ligados duas vezes ao dia (10 a.m. e 3 p.m.) por 40 minutos, intercalando um minuto ligados e sete minutos desligados.

Logo após o nascimento, as bezerras foram retiradas da mãe e o colostro foi fornecido em mamadeira em volume correspondente a 10% do peso vivo. Após 24 horas do nascimento, o sangue das bezerras foi coletado para verificação da eficiência da colostragem mediante exame de concentração de proteína plasmática. A assepsia do umbigo com tintura de iodo foi feita diariamente até a queda do coto umbilical.

As bezerras nascidas foram alocadas em baias individuais localizadas em galpão até os 30 dias de vida e depois direcionadas a piquetes coletivos com lotes de 15 animais até o desmame, aos 90 dias de vida. Após esta idade, as bezerras permaneceram em confinamento, alojadas em grupo contemporâneo, até peso corporal de 330 kg e início da puberdade determinado pela presença de corpo lúteo no ovário.

## 2.1 Manejo das bezerras

A qualidade do colostro e a transferência de imunidade passiva foram avaliadas por meio de refratômetro analógico (Instrutemp®, Belenzinho, Brasil), com escala de 0 a 32 °Brix, sendo a leitura feita segundo instruções do fabricante, e os resultados de sólidos solúveis totais foram expressos em Brix.

Os sólidos solúveis totais podem ser correlacionados com a concentração de IgG do colostro. O colostro foi avaliado após ordenha completa e sua homogeneização. Uma amostra foi retirada para leitura imediata no refratômetro, obtendo a seguinte classificação da qualidade do colostro: Baixa (< 13 °Brix, correspondente a < 20 mg de Ig por mL), Média (13 a 21 °Brix, correspondente 20 a 50 mg de Ig por mL) e Alta (> 21 °Brix, correspondente a > 50 mg de Ig por mL) (QUIGLEY et al., 2013).

Quando o colostro da mãe obteve avaliação de baixa ou média qualidade, foi

fornecido à bezerra colostro de alta qualidade previamente congelado ( $> 21$  °Brix, correspondente a  $> 50$  mg de Ig por mL). O descongelamento deste colostro foi feito em banho maria à temperatura de 45 a 50 °C, pois, segundo Lorenz et al. (2011), temperaturas superiores provocam perdas na qualidade e concentração de anticorpos por desnaturação.

Vinte e quatro horas após o nascimento da bezerra, uma amostra de sangue foi coletada por venopunção jugular em tubo a vácuo de 4 mL acoplado a uma agulha 21G (25x8 mm), sem anticoagulante. Após a colheita, o tubo permaneceu em temperatura ambiente até a separação do soro sanguíneo e do coágulo. Logo após, uma gota do soro foi utilizada para a dosagem de proteína total em refratômetro de Brix, segundo metodologia utilizada por Quigley et al. (2013), obtendo a seguinte classificação para transferência de imunidade passiva: Sucesso ( $> 8$  %, correspondente a  $> 5,5$ g por dL); Moderada (5 a 8%, correspondente a 5,0 a 5,4 g por dL) e Falha (5%, correspondente a  $< 5,0$ g por dL).

As bezerras foram alimentadas de acordo com a idade: 0 a 30 dias (4 litros de leite, água e concentrado à vontade), 31 a 70 dias (6 litros de leite, água e concentrado à vontade), 71 a 80 dias (4 litros de leite, 3 kg de concentrado e 3 kg de silagem, água à vontade) e 81 a 90 dias (2 litros de leite, 3 kg de concentrado e silagem e água à vontade). Independentemente do volume, o leite fornecido às bezerras do 1° ao 90° dia e garantida a ingestão de 1 kg de matéria seca por dia.

Após o desmame, era fornecida ração mista total (RMT) à base de silagem de milho, farelo de soja, milho moído e núcleo comercial (mineral e vitamínico) conforme as recomendações do National Research Council (NRC, 2001). A dieta foi oferecida no cocho *ad libitum* duas vezes ao dia (7 a.m. e 3 p.m.). A pesagem das bezerras foi feita mensalmente, com auxílio de balança digital (Coimma®, Dracena, Brasil), ao nascimento e aos 30, 60 e 90 dias de vida das bezerras.

## **2.2. Coleta de dados produtivos e meteorológicos**

Todos os dados foram coletados dos softwares Ideagri® (Rehagro, Belo Horizonte, Brasil) e Dairy Plan® (GEA Farm Technologies, Düsseldorf, Alemanha). As datas estabelecidas para as estações do ano no hemisfério sul definiram as estações de nascimento: primavera (21 setembro a 20 dezembro), verão (21 dezembro a 20

março), outono (21 março a 20 junho) e inverno (21 junho a 20 setembro).

Os dados meteorológicos foram coletados a partir do software da estação meteorológica localizada na fazenda (ADAMA Clima<sup>®</sup>, Adama Brasil, Londrina, Brasil). Já os níveis de ET dos animais foram determinados pelo índice de temperatura e umidade (ITU), calculado para as datas de parto de cada vaca para as temperaturas máxima, mínima e média, conforme modelo definido por Thom (1959) e utilizado por Marques et al. (2014):  $ITU = 0,8 \times T + [(UR (\%) \div 100) \times (T - 14,4)] + 46,4$ , em que T é a temperatura em graus Celsius e UR é a umidade relativa do ar.

### 2.3. Análise estatística

A análise de consistência dos dados foi feita para verificar a existência de *outliers*, normalidade e homogeneidade de variância, sendo transformados para uma escala logarítmica quando necessário. A análise dos dados foi dividida em dois conjuntos de dados: aleitamento e recria. Toda a análise de dados foi feita no software R (R Core Team, 2020).

Os dados referentes às variáveis ambientais (temperatura ambiente e umidade relativa do ar) foram avaliados quanto à estação do ano mediante análise de variância (ANOVA), e as médias, comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis.

Os pacotes “FactoMineR” (LÊ et al., 2008) e “Factoextra” (KASSAMBARA et al., 2017) foram utilizados para análise de componentes principais. Foi utilizada a abordagem gráfica baseada na proporção explicada da variância por cada eigenvector (JACKSON, 1993), usando a regra de Cattell, que determina que os componentes correspondentes aos eigenvalues à esquerda da linha horizontal devem ser mantidos (os eigenvalues correspondentes a variáveis aleatórias se localizam em uma linha paralela ao eixo x) (CATTELL, 1966). Os gráficos foram plotados com o pacote “ggplot2” (WINCKHAM et al., 2016).

A análise de modelos mistos foi utilizada para avaliar o efeito da estação de nascimento sobre as características avaliadas conforme apresentado na Tabela 2. Os pacotes “lme4” (BATES et al., 2014), “car” (FOX, 2018) e “emmeans” (LENTH et al., 2018) foram utilizados para as análises de modelos mistos e para comparação de médias por quadrados mínimos.

Para análise das características binárias, foram feitas análises de regressão logística utilizando o pacote “car” (FOX, 2018), “lme4” (BATES et al., 2014) e “broom.mixed” (BOLKER e ROBINSON, 2020). Para retenção de placenta, foram

analisados os efeitos de estação de nascimento e ordem de lactação. Para a mortalidade à desmama, foram considerados os efeitos de estação de nascimento, ordem de lactação e proteína plasmática. Para taxa de concepção à primeira inseminação artificial (IA), foram avaliados os efeitos de estação de nascimento, peso aos 90 dias, tipo de sêmen e tipo de sincronização para IA. Para a mortalidade da desmama ao parto, foram considerados apenas o efeito de estação de nascimento.

O teste de Wald foi utilizado para verificar a significância dos efeitos no modelo de regressão logística. A magnitude dos efeitos foi determinada pela análise do odds ratio, usando a função *tidy*. A escolha dos modelos apropriados para explicar o comportamento de cada variável resposta foi baseada na razão de verossimilhança, obedecendo ao Critério de Informação de Akaike (AIC) e ao Critério de Informação Bayesiano (BIC).

**Tabela 2.** Modelos mistos utilizados para avaliar as variáveis resposta.

Variável Resposta	Efeitos fixos	Efeitos aleatórios
GestLength	BirthSeason + Nlact	Vaca; Touro
Wbirth	BirthSeason + Nlact + GestLength	Vaca; Touro
W30	BirthSeason + Nlact + Wbirth	Vaca;
W60	+ PlasmPtn	Touro
W90	BirthSeason + Nlact + Wbirth + PlasmPtn + Ndiseases	Vaca; Touro
PlasmPtn	BirthSeason + Nlact + Vcolostrum + ColostrumQ	Vaca; Touro
PubertyAge		
PubertyWeigh	Wbirth+PlasmPtn+Wweaning	Touro
PregAge		
NAI		

GestLength=comprimento de gestação, Wbirth=peso ao nascimento, W30=peso aos 30 dias, W60=peso aos 60 dias, W90=peso aos 90 dias, PlasmPtn=proteína plasmática, PubertyAge=idade à puberdade, PubertyWeigh=peso à puberdade, PregAge=idade a prenhez, NAI=número de inseminação artificial, BirthSeason=estação de nascimento, Nlact=número da lactação, Ndiseases=número de doenças, Vcolostrum=quantidade de colostro, ColostrumQ=qualidade do colostro, Wweaning=peso a desmama.

### 3. RESULTADOS

Esta pesquisa apresenta dados sobre a influência do ET no nascimento da bezerra até o início da fase reprodutiva. Desse modo, os resultados da pesquisa foram divididos em etapas para facilitar a percepção dos dados apresentados, dos quais são



analisadas as variáveis ambientais, a fase de aleitamento das bezerras, a fase de recria das bezerras, consolidando os resultados com as análises de componentes principais das fases de criação avaliadas.

### 3.1. Avaliações ambientais

Durante o período experimental, a temperatura ambiente média e ITU médio foram mais elevados na primavera, seguida do verão, inverno e outono (Tabela 3). A UR foi mais alta no verão, mais baixa no inverno e semelhante na primavera e no outono. O inverno foi caracterizado pela maior amplitude térmica, apresentando menor temperatura mínima e menor ITU mínimo, mas não diferindo de primavera e do verão quanto à temperatura máxima e ao ITU máximo (Tabela 3).

**Tabela 3.** Média e erro padrão das variáveis ambientais, temperatura ambiente (T) mínima, máxima e média, umidade relativa do ar (UR) e índice de temperatura e umidade (ITU) mínimo, máximo e médio nas diferentes estações do ano durante o período experimental.

Variáveis	Estação do ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
T mínima	19,71±0,28 <sup>a</sup>	20,43±0,26 <sup>a</sup>	17,54±0,24 <sup>b</sup>	16,04±0,29 <sup>c</sup>
T máxima	31,96±0,28 <sup>a</sup>	30,73±0,26 <sup>b</sup>	29,60±0,24 <sup>c</sup>	31,36±0,28 <sup>ab</sup>
T média	24,99±0,25 <sup>a</sup>	24,11±0,23 <sup>b</sup>	22,02±0,21 <sup>d</sup>	23,03±0,25 <sup>c</sup>
UR	66,67±1,19 <sup>b</sup>	79,70±1,10 <sup>a</sup>	70,70±1,03 <sup>b</sup>	47,05±1,21 <sup>c</sup>
ITU mínimo	66,25±0,44 <sup>a</sup>	67,37±0,41 <sup>a</sup>	62,84±0,38 <sup>b</sup>	60,48±0,45 <sup>c</sup>
ITU máximo	85,44±0,44 <sup>a</sup>	83,53±0,40 <sup>b</sup>	81,74±0,38 <sup>c</sup>	84,51±0,44 <sup>ab</sup>
ITU médio	74,53±0,39 <sup>a</sup>	73,14±0,36 <sup>b</sup>	69,86±0,33 <sup>d</sup>	71,45±0,39 <sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes na mesma linha são estatisticamente diferentes pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ).

### 3.2. Avaliações das Matrizes

O comprimento de gestação apresentou interação entre a estação do ano em que ocorreu o parto e o número da lactação da mãe ( $P = 0,006$ ), não havendo influência de touros que foram utilizados na IA equivalente ( $P > 0,05$ ).

Desse modo, vacas de primeira lactação que pariram na primavera apresentaram menor comprimento de gestação em comparação com aquelas que pariram no inverno e em relação às vacas de segunda e terceira lactação que pariram na mesma estação ( $P <$

0,05) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Comprimento de gestação (média±EPM) de acordo com a interação entre estação de nascimento da bezerra e ordem de lactação da vaca.

Número da lactação	Estação de nascimento da bezerra			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
1	269±1,98 <sup>b</sup>	276±1,68 <sup>ab</sup>	278 1,52 <sup>ab</sup>	278±1,73 <sup>a</sup>
2	278±1,92 <sup>a</sup>	276±1,77 <sup>ab</sup>	276 1,82 <sup>ab</sup>	278±2,00 <sup>ab</sup>
3	283±2,51 <sup>a</sup>	277±2,64 <sup>ab</sup>	278 2,03 <sup>ab</sup>	277±2,51 <sup>ab</sup>
4	278±3,32 <sup>ab</sup>	271±3,17 <sup>ab</sup>	280 2,78 <sup>ab</sup>	276±3,30 <sup>ab</sup>
Mais de 5	274±3,23 <sup>ab</sup>	279±3,29 <sup>ab</sup>	280 4,68 <sup>ab</sup>	275±4,50 <sup>ab</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes na mesma linha e coluna são estatisticamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

Animais que pariram no inverno tiveram menos chance de retenção de placenta em relação às demais estações, sendo que na primavera foram verificadas as maiores taxas (4,14 vezes;  $P = 0,03$ ), seguidas do outono (3,82 vezes;  $P = 0,04$ ) e verão (3,58 vezes;  $P = 0,0544$ ). Ademais, não se observou influência do número da lactação e do tipo de parto (normal ou distócico) na ocorrência de retenção de placenta ( $P > 0,05$ ).

### 3.3. Fase de aleitamento

Neste estudo, o peso ao nascimento não foi influenciado pela estação de nascimento das bezerras ( $P < 0,05$ ), mas foi maior à medida que o comprimento de gestação das vacas aumentou ( $P = 0,0002$ ). Outrossim, as bezerras oriundas de mães de terceira lactação tiveram maior peso ao nascimento (39 kg) do que as de primeira lactação (37,1 kg;  $P = 0,003$ ).

Bezerras nascidas no verão apresentaram peso aos 30 dias reduzido em 2,3 kg em relação às nascidas no inverno ( $P = 0,01$ ) (Tabela 5). Aquelas nascidas na primavera pesaram 3,4 kg a mais aos 60 dias que aquelas nascidas no inverno ( $P = 0,009$ ) (Tabela 5). Já o peso aos 90 dias das bezerras que nasceram no verão foi 4,2 kg menor do que as que nasceram no inverno ( $P = 0,02$ ) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Média e erro padrão do peso corporal das bezerras aos 30, 60 e 90 dias de acordo com a estação do ano.

Peso das bezerras	Primavera	Verão	Outono	Inverno
-------------------	-----------	-------	--------	---------

30 dias	55,6±0,8 <sup>ab</sup>	53,4±0,8 <sup>b</sup>	54,6±0,8 <sup>ab</sup>	55,7±0,9 <sup>a</sup>
60 dias	73,8±1,3 <sup>a</sup>	71,8±1,3 <sup>ab</sup>	70,7±1,3 <sup>ab</sup>	70,4±1,4 <sup>b</sup>
90 dias	101,0±1,9 <sup>ab</sup>	97,6±1,9 <sup>b</sup>	101,0±1,9 <sup>ab</sup>	101,8±2,0 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes na mesma linha são estatisticamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

Além destes dados, é interessante salientar que os modelos lineares mistos revelaram que o peso das bezerras aos 30 dias foi influenciado positivamente pela proteína plasmática ( $P < 0,0001$ ). No entanto, situação semelhante não aconteceu quanto ao número da lactação ( $P > 0,05$ ).

Em relação ao peso aos 60 dias, foram observadas bezerras mais pesadas quando filhas de vacas de terceira lactação do que de primíparas ( $P = 0,006$ ). Verificou-se ainda influência do peso ao nascimento ( $P < 0,0001$ ) e dos níveis de proteína plasmática ( $P = 0,019$ ) no peso alcançado aos 60 dias.

Observou-se tendência da influência da proteína plasmática no peso aos 90 dias ( $P = 0,10$ ), o que se associa com os resultados encontrados para peso aos 30 e 60 dias. Constatou-se também que bezerras com maior peso corporal aos 90 dias apresentaram menor número de doenças desde o nascimento ( $P = 0,05$ ).

Não houve influência do número da lactação em que a vaca se encontrava e não foi observada nenhuma influência da estação de nascimento da bezerra na taxa de mortalidade do nascimento até a desmama ( $P > 0,05$ ).

### 3.4. Fase de Recria

Bezerras nascidas no verão apresentaram 12,28 kg a menos quando atingiram a puberdade do que as nascidas no inverno ( $P = 0,013$ ) (Tabela 6). Todavia, a taxa de concepção ao primeiro serviço de IA não foi influenciada pela estação de nascimento das bezerras ( $P > 0,05$ ) (Tabela 6).

O peso à puberdade foi influenciado pelo peso à desmama ( $P = 0,02$ ), mas não foi influenciado pela proteína plasmática ( $P > 0,05$ ).

A idade à puberdade sofreu influência do peso à desmama. Todavia, não foi influenciada diretamente pela estação de nascimento e pela proteína plasmática ( $P > 0,05$ ).

**Tabela 6.** Médias e erro padrão médio de peso à puberdade (kg), idade à puberdade (dias), idade à concepção (dias) e taxa de concepção ao primeiro serviço de

inseminação artificial (1<sup>a</sup>IA-%) de acordo com a estação de nascimento das bezerras.

Variável	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Peso à puberdade	357±3,3 <sup>ab</sup>	350±3,1 <sup>b</sup>	353±3,2 <sup>ab</sup>	362±3,5 <sup>a</sup>
Idade à puberdade	414±6,7 <sup>a</sup>	400±6,4 <sup>a</sup>	403±6,4 <sup>a</sup>	408±7,0 <sup>a</sup>
Idade à concepção	492±11,9 <sup>a</sup>	496±10,3 <sup>a</sup>	473±9,7 <sup>a</sup>	459±10,7 <sup>a</sup>
Taxa de concepção à 1 <sup>a</sup> IA	33,3% <sup>a</sup>	35,4% <sup>a</sup>	45,7% <sup>a</sup>	44,0% <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes na mesma linha são estatisticamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

A idade à concepção apresentou tendência à influência do peso à desmama ( $P = 0,0593$ ), mas não apresentou nenhuma relação com a estação de nascimento e com a proteína plasmática ( $P > 0,05$ ).

A taxa de concepção à primeira IA não foi influenciada pelo tipo de sincronização (cio natural, prostaglandinas e inseminação artificial em tempo fixo) ( $P > 0,05$ ), mas foi menor quando se utilizou sêmen sexado, apresentando 0,48 vezes menor chance de concepção quando comparado ao sêmen convencional ( $P = 0,0116$ ). Ademais, bezerras mais pesadas aos 90 dias apresentaram tendência a uma maior taxa de concepção em relação à primeira IA ( $P = 0,083$ ).

Não foi observada nenhuma influência da estação de nascimento da bezerra nas taxas de mortalidade da desmama até a puberdade ( $P > 0,05$ ).

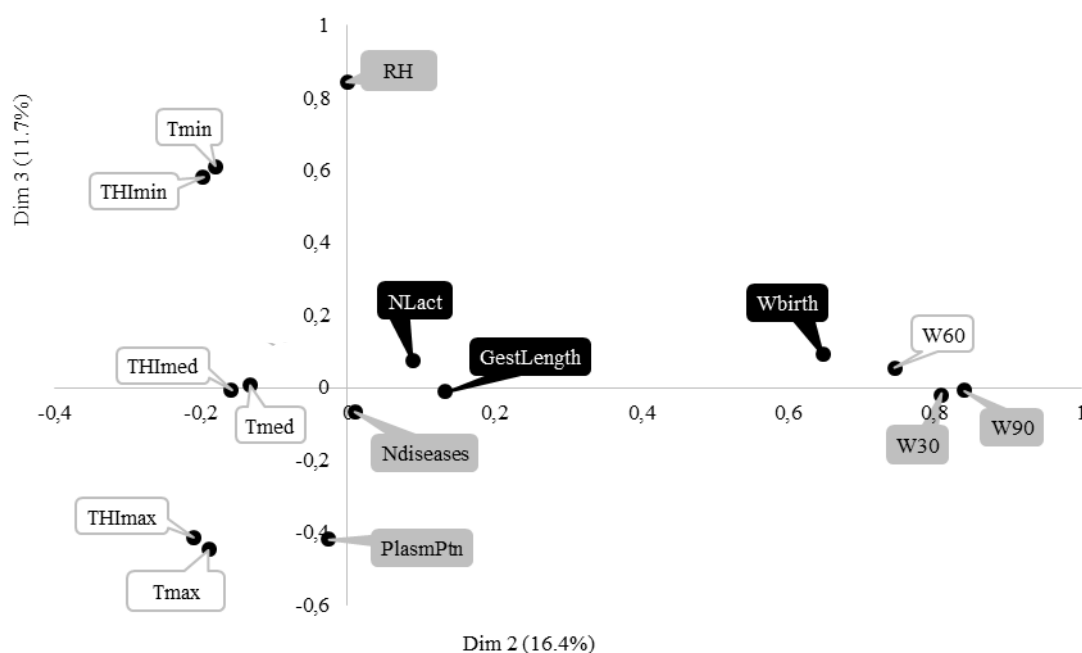
### 3.5. Análise de componentes principais e análise discriminante da fase de aleitamento

Entre as 10 dimensões avaliadas, as três primeiras dimensões foram selecionadas para exploração seguindo a regra de Cattell (Anexo 1). As três primeiras dimensões explicam em conjunto 49,9% da variância observada nos dados das bezerras até a desmama. A dimensão 1 explica 21,8% da variância observada nos dados, no entanto as variáveis ambientais Tmax, Tmin, Tmed, THImax, THImin e THImed foram as únicas com contribuição significativa para a dimensão (Anexo 2). Assim, a primeira dimensão não apresenta nenhum resultado importante para o presente estudo. As dimensões 2 e 3 explicam 28,1% da variância (Figura 3). As variáveis de peso Wbirth, W30, W60 e W90 foram as que contribuíram significativamente para a segunda dimensão. Já a terceira dimensão, teve a contribuição da UR, Tmin, THImin, THImax, PlasmProt, THImax e do peso.

O peso ao nascimento está correlacionado positivamente com o número da

lactação e o comprimento da gestação (Figura 3). Todos os dados de temperatura e ITU estão em situação oposta aos dados de peso, demonstrando que menores temperaturas e ITU estão associados a maiores pesos (Figura 3). Vacas de primeira lactação que pariram na primavera apresentaram menor comprimento de gestação (269 dias), em comparação com aquelas que pariram no inverno (278 dias) e em relação às vacas de segunda (278 dias) e terceira lactação (283 dias), que pariram na mesma estação ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4).

Além disso, verificou-se que a umidade relativa do ar está correlacionada negativamente com a proteína plasmática.



**Figura 3.** Biplot com representação dos escores das observações para os componentes principais 2 e 3 utilizando os dados até a desmama.

\*Tmin=temperatura ambiente mínima no parto, Tmed=temperatura ambiente média no parto, Tmax=temperatura ambiente máxima no parto, RH=umidade relativa do ar, THImin=índice de temperatura e umidade mínimo no parto, THImed=índice de temperatura e umidade médio no parto, THImax=índice de temperatura e umidade máximo no parto, NLact=número de lactações, GestLength=comprimento da gestação, Wbirth=peso da bezerra ao nascimento, W30=peso da bezerra aos 30 dias de vida, W60=peso da bezerra aos 60 dias de vida, W90=peso da bezerra aos 90 dias de vida, PlasmPtn=proteína plasmática, Ndiseases=número de doenças até a desmama.

Os dados das bezerras até a desmama classificaram corretamente as observações em 57,9% dos casos no inverno, 53,1% no verão, 39,3% na primavera e 33,3% no outono. As variáveis que contribuíram significativamente para esta classificação foram

proteína plasmática, peso da bezerra aos 30, 60 e 90 dias, número de doenças e ocorrência de retenção de placenta.

### **3.6. Componentes principais e análise discriminante da fase de recria**

A segunda análise de componentes principais envolveu a adição dos dados de reprodução das bezerras.

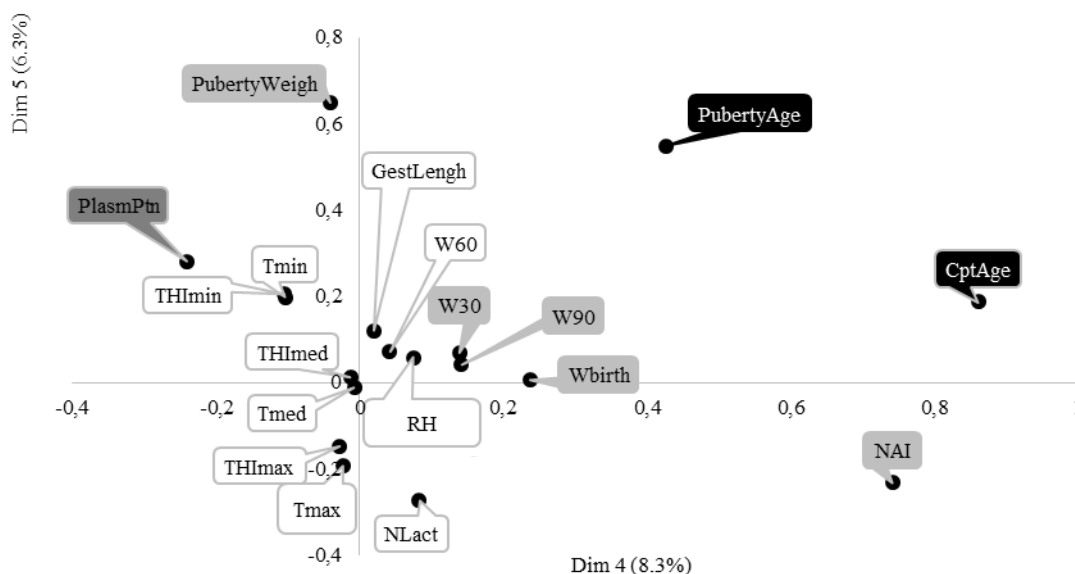
Utilizando novamente a regra de Cattell, são analisadas as primeiras cinco dimensões (Anexo 3).

Novamente a primeira dimensão foi representada pelos dados de temperatura e ITU (Anexo 4). E as dimensões 2 e 3 representam a mesma variabilidade explorada na análise anterior (Figura 3). Observa-se que as novas variáveis adicionadas a essa análise (idade à puberdade, peso à puberdade, idade à prenhez e número de inseminações artificiais até a concepção) tiveram correlação significativa com as dimensões 4 e 5, por isso optou-se por analisar essas dimensões.

Observa-se relação positiva entre número de inseminações artificiais até a prenhez, idade à prenhez e idade à puberdade com os dados de peso ao nascimento e peso aos 30 e 90 dias (Figura 4). Observa-se posição oposta entre proteína plasmática e as variáveis reprodutivas idade à prenhez e número de inseminações artificiais, demonstrando que maiores valores de proteína plasmática estão associados a menores idades à prenhez e ao número de inseminações artificiais.

Utilizando somente os dados de peso à puberdade e idade à prenhez, a análise discriminante foi capaz de classificar corretamente as observações em inverno e verão, em 45,3% e 46,9% dos casos, respectivamente. A capacidade de classificação no outono e primavera foi bem menor, 11% e 25,8%, respectivamente.

Foi feita também uma análise discriminante para identificar se todo o conjunto de dados era capaz de discriminar as novilhas que ficaram prenhes na primeira IA ou não. A única variável mantida no modelo pelo processo stepwise foi a proteína plasmática. O modelo classificou corretamente o sim em 56,8% dos casos e o não em 59,04% dos casos, mostrando o impacto que a proteína plasmática tem na vida das bezerras.



**Figura 4.** Biplot com representação dos escores das observações para os componentes principais 4 e 5 utilizando os dados até a concepção.

\*Tmin=temperatura ambiente mínima no parto, Tmed=temperatura ambiente média no parto, Tmax=temperatura ambiente máxima no parto, UR=umidade relativa do ar, THlmin=índice de temperatura e umidade mínimo no parto, THlmed=índice de temperatura e umidade médio no parto, THlmax=índice de temperatura e umidade máximo no parto, NAI=número de inseminações artificiais até a concepção, NLact=número de lactações, GestLengh=comprimento da gestação, Wbirth=peso da bezerra ao nascimento, W30=peso da bezerra aos 30 dias de vida, W60=peso da bezerra aos 60 dias de vida, W90=peso da bezerra aos 90 dias de vida, PlasmPtn=proteína plasmática, NDiseases=número de doenças até a desmama, PubertyAge=idade à puberdade, PubertyWeigh= peso à puberdade, CptAge=idade à concepção.

#### 4. DISCUSSÃO

O ET tem efeito negativo sobre o desenvolvimento e eficiência reprodutiva de bovinos leiteiros, desencadeando perdas significativas ao sistema. Tais prejuízos foram identificados em todo aspecto produtivo de bovinos leiteiros, pois mesmo as bezerras sofrendo pequenas alterações de índices de ITU intrauterino, foi verificada redução do desenvolvimento, da saúde e da eficiência reprodutiva.

O comprimento de gestação apresentou interação entre a estação do ano em que ocorreu o parto (inverno=278 dias vs primavera=269 dias) e o número da lactação da mãe, sendo que na primavera o comprimento de gestação foi superior na segunda e terceira lactação em relação à primeira (278 dias vs 283 dias vs 269 dias, respectivamente) ( $P = 0,006$ ), não havendo influência dos touros utilizados na IA equivalente ( $P > 0,05$ ).

O aumento do estresse por calor observado durante a primavera (ITU=74,53) pode ter promovido antecipação do parto. O estresse pelo calor pode alterar a resposta ao cortisol e acelerar o parto (KINDHAL et al., 2004), haja vista que a condição de estresse no trabalho de parto está relacionada a níveis crescentes de cortisol (HYDBRING et al., 1999).

Além disso, como a primavera apresentou maiores temperatura e ITU médios, o estresse pelo calor também pode ter sido responsável pelo aumento da taxa de retenção de placenta. Tais resultados corroboram DuBois & Williams (1980), que atribuem maior taxa de retenção de placenta a um possível estresse por calor que gerou mudanças neuroendócrinas, resultando em gestações mais curtas.

A não influência do número da lactação e do tipo de parto na ocorrência de retenção de placenta é apoiada por Muller & Owens (1974), que relataram que em parto de um único bezerro a incidência de retenção de placenta foi semelhante em vacas de todas as idades, independentemente do número da lactação.

No presente estudo, não foram observadas diferenças no peso ao nascimento nas diferentes estações do ano. Contrariamente, Laporta et al. (2017) e Ouellet et al. (2020) relataram que os bezerros nascidos de vacas em zona de ET são, em média, 2,9 kg e 4,6 kg mais leves, respectivamente, do que bezerros nascidos de vacas em zona de conforto térmico.

De acordo com Sangild et al. (2000), 60% do peso do bezerro ao nascer do é atingido durante os últimos dois meses de gestação. Durante esse período, os órgãos passam por maturação funcional em preparação para sustentar a vida fora do útero.

Além disso, temperaturas elevadas impedem o fornecimento de nutrientes fetais, pois as vacas em ambiente estressante consomem aproximadamente 12,7% menos matéria seca (REYNOLDS et al., 1990). Isso ocorre porque o fornecimento adequado de nutrientes, o desenvolvimento e as funções da placenta são pré-requisitos para garantir o crescimento e o desenvolvimento fetal ideal (LIMESAND et al., 2018).

Quanto ao peso aos 30, 60 e 90 e aos níveis de proteína plasmática, os resultados apoiam nossa hipótese de que o desenvolvimento das bezerras nascidas em estações mais quentes, como primavera e verão, que apresentaram maiores temperaturas e ITU médio, é reduzido e traz prejuízos em cadeia até o desmame.

Este estudo mostra diferenças significativas do peso corporal de bezerras nascidas no verão em comparação ao inverno nos primeiros 30 dias de vida (53,4 kg vs 55,7 kg). Estes dados se associam às diferenças observadas entre o verão e o inverno



em relação ao ITU médio (73,14 vs 71,45) e à umidade relativa do ar (79,70 vs 47,05), respectivamente. Assim, esta pesquisa confirma os achados de Laporta et al. (2017), que relataram que novilhas nascidas de vacas em conforto térmico ganharam 0,2 kg a mais por dia do que as novilhas nascidas de vacas em ET.

No presente estudo, também foi observado que o peso ao desmame das bezerras nascidas no verão foi menor que no inverno (97,6 kg vs 101,8 kg). Estes resultados corroboram Laporta et al. (2017) e Ouellet et al. (2020), ao verificarem que o peso corporal no desmame é maior em bezerras nascidas de vacas em conforto térmico, 3,6 kg e 7,1 kg, respectivamente.

Além disso, foi possível observar influência positiva da proteína plasmática no peso aos 30 dias e 60 dias, com tendência aos 90 dias. Tal fato pode ser devido à ingestão de colostro e absorção de imunoglobulina G (IgG) no intestino, que apresentou relação oposta aos altos índices de temperatura e umidade, conferindo alta concentração nas primeiras semanas de vida das bezerras (JEZEK, KLOPEIC & KLINKON, 2006). Entretanto, a capacidade da bezerra de absorver IgG do colostro ingerido é afetada negativamente pelo estresse térmico (TAO et al., 2012a). Esta pode ser a justificativa de as bezerras nascidas no inverno terem apresentado melhor imunidade passiva em relação ao verão e, por consequência, maior peso aos 30 dias.

Assim, de acordo com Schmidek (2004), é consenso na literatura que bezerros com peso reduzido têm pior conversão alimentar, redução na imunidade e, conseqüentemente, maiores taxas de mortalidade. Por consequência, uma colostragem eficiente garante níveis de proteína plasmática adequados e, portanto, melhor imunidade, saúde e desenvolvimento da bezerra.

Em vista disso, o ET provoca alterações a curto prazo na função imune e fisiológica da bezerra, com conseqüente redução do peso e da saúde, reforçando os dados encontrados por Tao et al. (2012a, 2012b) e Monteiro et al. (2014, 2016b).

Outro fato que pode justificar as perdas produtivas e reprodutivas das vacas leiteiras, de acordo com Skibieli et al. (2018), é a identificação de aproximadamente 400 genes que foram diferencialmente metilados e aproximadamente 100 genes que foram diferencialmente expressos em vacas que passaram por ET no útero materno. Esse fator revela várias vias e funções biológicas potencialmente alteradas pela exposição ao ET no útero, como a função imunológica, o que pode aprofundar e elucidar ainda mais a redução da imunidade passiva das bezerras na fase de cria e recria.

Os prejuízos de desempenho gerados pelo ET no início da vida das bezerras

prolongam-se até a fase de recria, pois o peso a desmama aos 90 dias de vida foi menor no verão em relação ao inverno ( $P < 0,01$ ).

Como observado, as bezerras nascidas no verão tiveram menor peso na puberdade (350kg). Esta diferença mostra os prejuízos prolongados que o ET pode causar, uma vez que os animais no verão se encontravam em zona de ET médio-moderado (ITU médio=73,14), enquanto os animais nascidos no inverno estavam na zona considerada limite do estresse (ITU médio =71,45) (COLLIER et al., 2012).

Além disso, Broucek et al. (2009) observaram menor crescimento sem redução no consumo de ração em animais nascidos nas estações mais quentes do ano. Tal afirmação sugere redução na eficiência alimentar de bezerras submetidas ao ET no útero materno em relação àquelas sob condições ambientais moderadas. Isso pode ser um dos fatores que justificam redução no ganho de peso das bezerras do presente estudo, apesar de não ter sido mensurada a eficiência alimentar.

O fato de a idade à puberdade não ter sido influenciada pela estação de nascimento e pela proteína plasmática ( $P > 0,05$ ) mostra que, por mais que os animais tivessem redução da imunidade no seu desenvolvimento, tal fator não atrasou os animais para o início da vida reprodutiva.

Os dados de idade à concepção mostram que por mais que a proteína plasmática baixa reduza a imunidade desses animais, ela não interfere diretamente na idade em que entram na puberdade e na concepção. No entanto, a proteína plasmática influenciou os pesos aos 30, 60 e 90 dias, interferindo no peso à puberdade, na idade à puberdade e na idade à concepção, podendo assim a proteína plasmática ter ação sobre tais características.

Dessa maneira, bezerras que estavam em ambiente de conforto térmico tendem a ser mais pesadas, tendo um sistema imunológico mais robusto e melhor desempenho reprodutivo em comparação com as bezerras nascidas de vacas em ambiente de ET, como no período do verão (DAHL et al., 2016).

## **5. CONCLUSÃO**

Bezerras nascidas em diferentes estações do ano apresentaram distinções zootécnicas, sendo confirmada a suposição de que os animais nascidos do verão são prejudicados pelas altas médias de temperatura e umidade, com menor desenvolvimento das bezerras e menor peso à puberdade das novilhas.

As vacas em lactação não são as únicas afetadas no rebanho, de forma que o estresse térmico tem impacto negativo sobre as bezerras, o que impactará todo o sistema produtivo.

Vale ressaltar, portanto, a importância da adoção de melhores estratégias de conforto térmico e bem-estar durante o período seco, na tentativa de obter melhor desempenho produtivo e reprodutivo e evitar prejuízos na propriedade leiteira.

## **6. DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE**

Não há conflitos próprios de interesse associados a esta publicação e não houve suporte financeiro para este trabalho que pudesse ter influenciado seu resultado.

Confirmamos que o manuscrito foi lido e aprovado por todos os autores, assim como a ordem dos autores listados no manual foi aprovada por todos.

## **7. RECONHECIMENTOS**

The authors would like to thank the Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiano - Rio Verde Campus (Rio Verde, GO, Brazil) and CAPES.

## **8. REFERÊNCIAS**

- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., 2014. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7.
- Baruselli, P.S., Souza, A.H., Martins, C.M., 2007. Sexed semen: Artificial insemination and embryo transfer. *Rev. Bras. de Repr. Ani.* 31, 374-381.
- Baumgard, L.H., Rhoads Jr, R.P., 2013. Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 1(1), 311-337.
- Bolker, B., Robinson, D., 2020. broom. mixed: Tidying Methods for Mixed Models. R package version 0.2. 6.
- Broucek, J., Arave, C.W., Kisac, P., Mihina, S., Flak, P., Uhrincat, M., Hanus, A., 2006. Effects of some management factors on milk production in first-calf heifers. *Asian-austr. Jour. of Ani. Scie.* 19(5), 672-678. <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.672>.

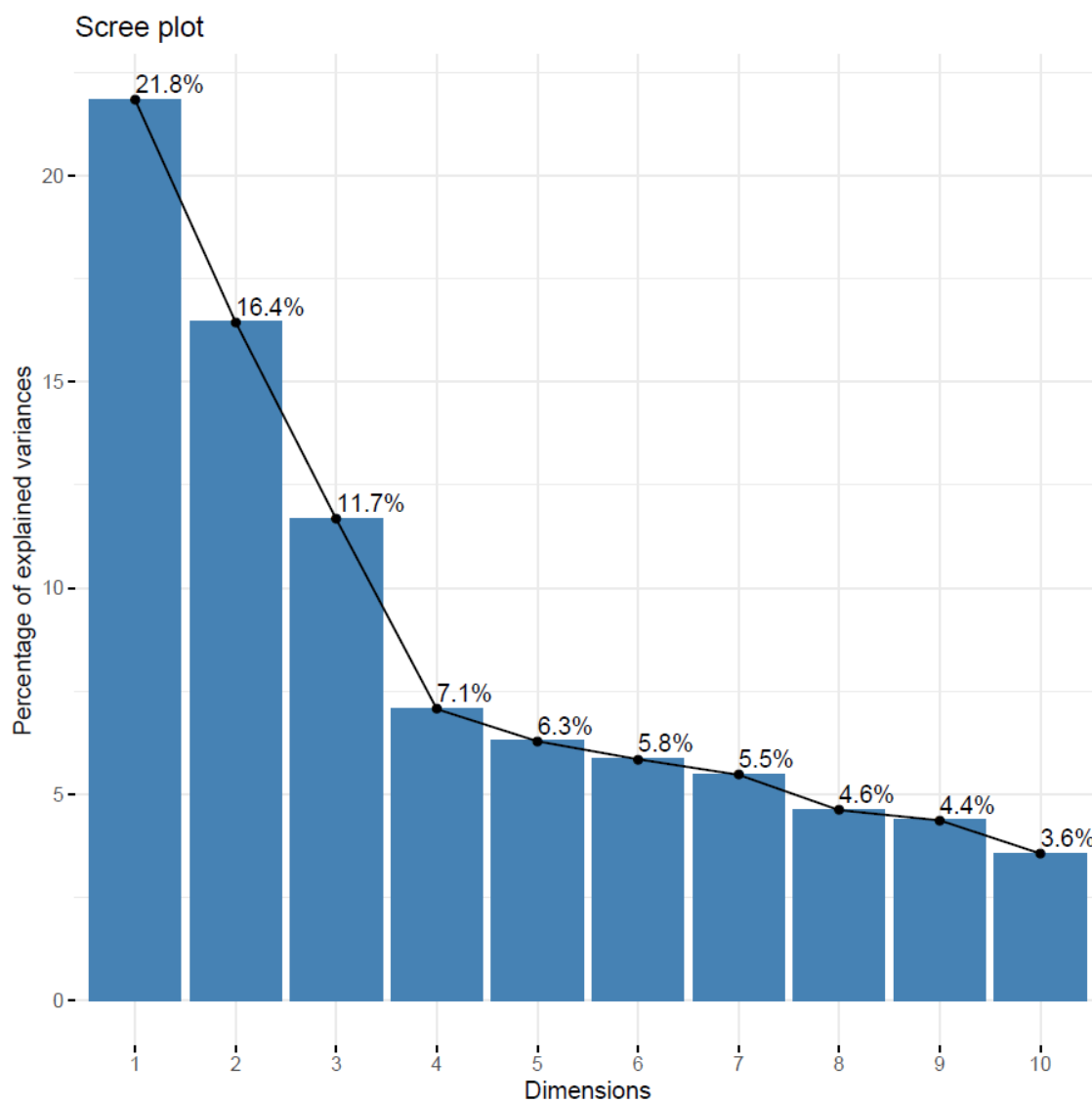
- Broucek, J., Kisac, P., Uhrincat, M., 2009. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. *Inter Jour. of Biome.* 53(2), 201-208. <https://doi.org/10.1007/s00484-008-0204-1>.
- Cardoso, M.R.D., Marcuzzo, F.F.N., Barros, J.R., 2015. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. *Acta Geográfica* 8(16), 40-55. <http://dx.doi.org/10.5654/acta.v8i16.1384>.
- Collier, R.J., Dahl, G.E., VanBaale, M.J., 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Jour. of Dair. Scie.* 89(4), 1244-1253. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72193-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2).
- Collier, R.J., Hall, L.W., Rungruang, S., Zimbleman, R.B., 2012. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. *Depa. of Ani. Scie.* University of Arizona, 68.
- Dahl, G.E., Tao, S., Monteiro, A.P.A., 2016. Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves. *Jour. of Dair. Scie.* 99(4), 3193-3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9990>.
- Dekkers, J. C. M., Ten Hag, J. H., & Weersink, A., 1998. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Live. Prod. Scie.* 53(3), 237-252. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00124-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00124-3).
- Dikmen, S.E.R.D.A.L., Hansen, P.J., 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?. *Jour. of Dair. Scie.* 92(1), 109-116. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>.
- DuBois, P.R., Williams, D.J., 1980. Increased incidence of retained placenta associated with heat stress in dairy cows. *Theriogen.* 13(2), 115-121. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(80\)90120-X](https://doi.org/10.1016/0093-691X(80)90120-X).
- Fowden, A.L., Ward, J.W., Wooding, F.P.B., Forhead, A.J., Constancia, M., 2006. Programming placental nutrient transport capacity. *The Jour. of Phys.* 572(1), 5-15. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.104141>.
- Fox, J., Weisberg, S., 2018. *An R companion to applied regression.* Sage publications.
- Harrell, F.E., 2020. “With contributions from Charles Dupont and many others (2017). *Hmisc: Harrell Miscellaneous*”. R package version 4.0-1.
- Herbut, P., Angrecka, S., Walczak, J., 2018. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. *Inte. Jour. of Biom.* 62(12), 2089-2097. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9>.
- Hydbring, E., Madej, A., MacDonald, E., Drugge-Boholm, G., Berglund, B., Olsson,

- K., 1999. Hormonal changes during parturition in heifers and goats are related to the phases and severity of labour. *Jour. of Endo.* 160(1), 75-86. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1600075>.
- Huber, E., Notaro, U. S., Recce, S., Rodríguez, F. M., Ortega, H. H., Salvetti, N. R., & Rey, F., 2020. Fetal programming in dairy cows: Effect of heat stress on progeny fertility and associations with the hypothalamic-pituitary-adrenal axis functions. *Anim. Repr. Sci.* 216, 106348. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106348>.
- Ježek, J., Klopčič, M., Klinkon, M., 2006. Influence of age on biochemical parameters in calves. *Bull Vet Inst Pulawy* 50, 211-214.
- Kassambara, A., Mundt, F., 2017. Factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1(5), 337-354.
- Kindahl, H., Kornmatitsuk, B., Gustafsson, H., 2004. The cow in endocrine focus before and after calving. *Repr. in Domes. Anim.* 39(4), 217-221. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2004.00506.x>.
- Laporta, J., Fabris, T.F., Skibieli, A.L., Powell, J.L., Hayen, M.J., Horvath, K., Miller-Cushon, E.K., Dahl, G.E., 2017. In utero exposure to heat stress during late gestation has prolonged effects on the activity patterns and growth of dairy calves. *Jour. of Dair. Sci.* 100(4), 2976-2984. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11993>.
- Lê, S., Josse, J., Mazet, F., 2008. Package 'FactoMineR. *J Stat Softw [Internet]* 25(1), 1-18.
- Russell, L., 2018. emmeans: Estimated marginal means, aka Least-Squares Means. R package version 1.3. 0.
- Limesand, S.W., Camacho, L.E., Kelly, A.C., Antolic, A.T., 2018. Impact of thermal stress on placental function and fetal physiology. *Anim. Repr.* 15(Supplement 1), 886-898. <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0056>.
- Lorenz, I., Mee, J.F., Earley, B., More, S.J., 2011. Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention. *Irish Veter. Jour.* 64(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-64-10>.
- Monteiro, A.P.A., Tao, S., Thompson, I.M., Dahl, G.E., 2014. Effect of heat stress during late gestation on immune function and growth performance of calves: Isolation of altered colostral and calf factors. *Jour. of Dair. Sci.* 97(10), 6426-6439. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7891>.

- Monteiro, A.P.A., Guo, J.R., Weng, X.S., Ahmed, B.M., Hayen, M.J., Dahl, G.E., Bernard, J.K., Tao, S., 2016. Effect of maternal heat stress during the dry period on growth and metabolism of calves. *Jour. of Dair. Scie.* 99(5), 3896-3907. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10699>.
- Muller, L.D., Owens, M.J., 1974. Factors associated with the incidence of retained placentas. *Jour. of Dair. Scie.* 57(6), 725-728. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)84956-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)84956-8).
- National Research Council., 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Ed Nati. Acad. of Scie. Washington, DC, USA.
- Ouellet, V., Laporta, J., Dahl, G.E., 2020. Late gestation heat stress in dairy cows: Effects on dam and daughter. *Theriogen.* 150, 471-479. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.03.011>.
- Quigley, J.D., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., Polo, J., 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Jour. of Dair. Scie.* 96(2), 1148-1155. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5823>.
- Sangild, P.T., Schmidt, M., Jacobsen, H., Fowden, A.L., Forhead, A., Avery, B., Greve, T., 2000. Blood chemistry, nutrient metabolism, and organ weights in fetal and newborn calves derived from in vitro-produced bovine embryos. *Biol. of Repr.* 62(6), 1495-1504. <https://doi.org/10.1095/biolreprod62.6.1495>.
- Schimidek, A., 2004. Habilidade materna e aspectos relacionados à sobrevivência de bezerros: valores ótimos nem sempre são valores extremos. *ABCZ Uberaba* 21, 72-citation\_lastpage.
- Skibieli, A.L., Peñagaricano, F., Amorín, R., Ahmed, B.M., Dahl, G. E., Laporta, J., 2018. In utero heat stress alters the offspring epigenome. *Scie. Repor.*, 8(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32975-1>.
- Souza, B.D., Silva, I.J.O., Mellace, E.M., Santos, R.F.S., Zotti, C.A., Garcia, P.R., 2010. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. *Agrop. Cien. no Semi.* 6(2), 59-65.
- Tao, S., Monteiro, A.P.A., Thompson, I.M., Hayen, M.J., Dahl, G.E., 2012a. Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. *Jour. of Dair Scie.* 95(12), 7128-7136. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5697>.

- Tao, S., Thompson, I.M., Monteiro, A.P.A., Hayen, M.J., Young, L.J., Dahl, G.E., 2012b. Effect of cooling heat-stressed dairy cows during the dry period on insulin response. *Jour. of Dair. Scie.* 95(9), 5035-5046. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5405>.
- Tao, S., Dahl, G.E., 2013. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *Jour. of Dair. Scie.* 96(7), 4079-4093. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6278>.
- Team, R.C., 2013. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing.
- Wickham, H., 2009. Springer-Verlag; New York: 2009. *Elegant Graphics for Data Analysis*. [Google Scholar]

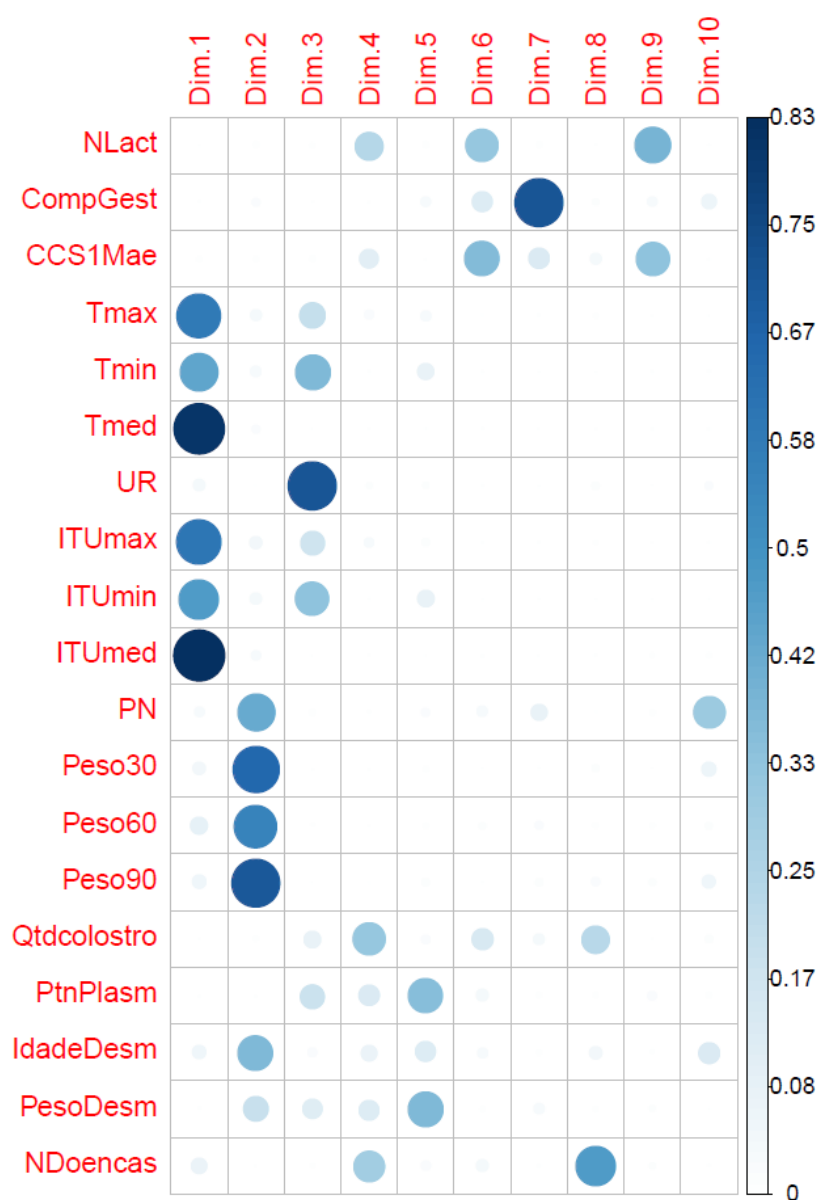
componentes principais com os dados das bezerras até o desmame.



**ANEXO 2.** Correlação de cada variável para cada dimensão da análise de componentes

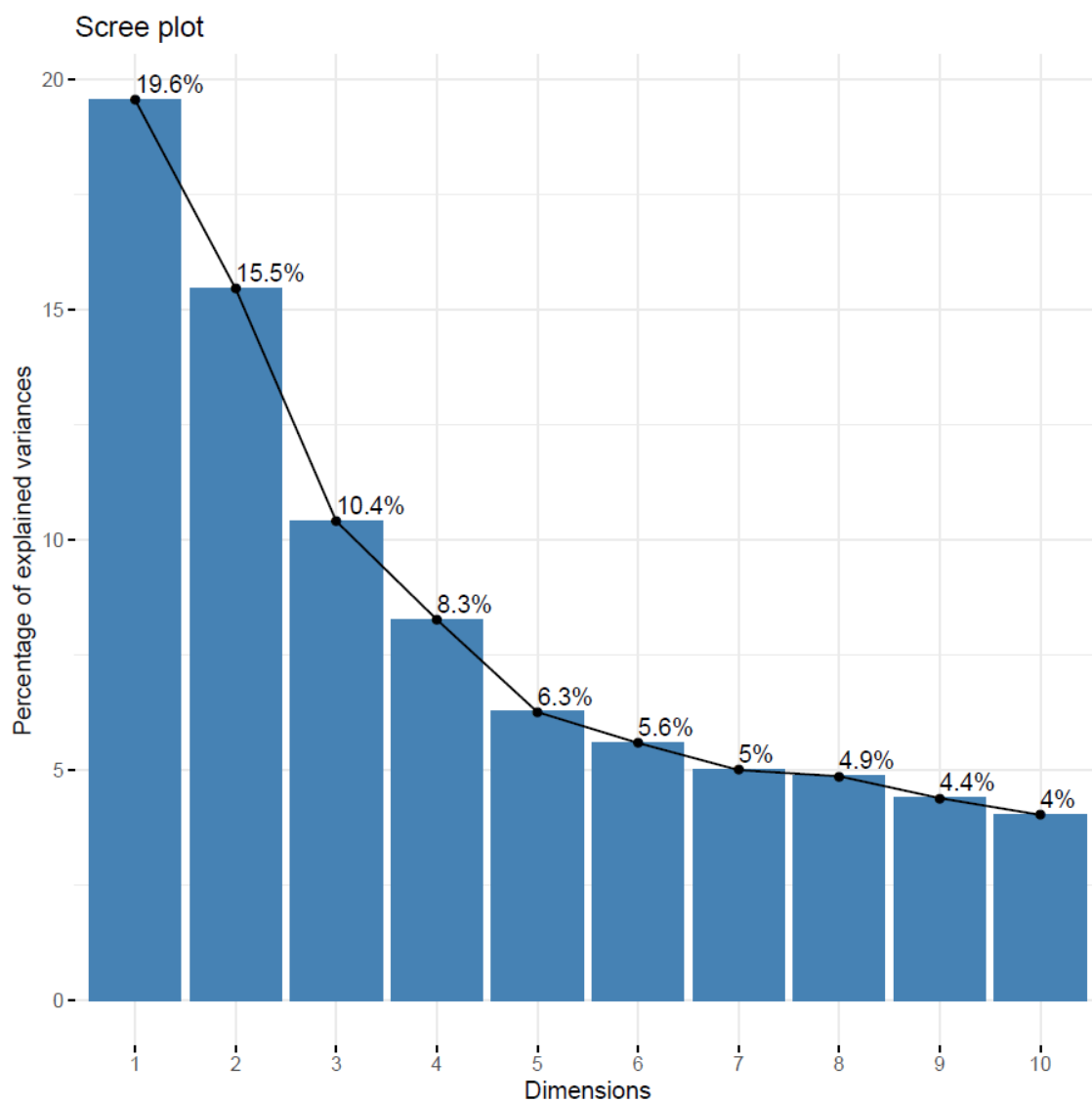


principais com os dados das bezerras até o desmame.



**ANEXO 3.** Porcentagem da variância explicada por cada dimensão da análise de

componentes principais com os dados de recria das bezerras até a concepção.



**ANEXO 4.** Correlação de cada variável para cada dimensão da análise de componentes

principais com os dados de recria das bezerras até a concepção.

