

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANDRESSA ALVES STORTI

**AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO DE BOVINOS DA RAÇA NELORE AO AMBIENTE
TROPICAL**

Uberlândia

2020

ANDRESSA ALVES STORTI

**AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO DE BOVINOS DA RAÇA NELORE AO AMBIENTE
TROPICAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias/Doutorado da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Ciências Veterinárias.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador (a): Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento

Uberlândia

2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S886 Storti, Andressa Alves, 1982-
2020 Avaliação da adaptação de bovinos da raça nelore ao ambiente tropical [recurso eletrônico] / Andressa Alves Storti. - 2020.

Orientadora: Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Veterinárias.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.237>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Veterinária. I. Nascimento, Mara Regina Bueno de Mattos, 1964-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 619

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias
BR 050, Km 78, Campus Glória,
Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6811 -
www.ppgcv.famev.ufu.br-
mesvet@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	CIÊNCIAS VETERINÁRIAS				
Defesa de:	TESE DE DOUTORADO Nº PPGCV/004/2020				
Data:	28 de fevereiro de 2020	Hora de início:	14:15	Hora de encerramento:	18:00
Matrícula do Discente:	11513MEV001				
Nome do Discente:	ANDRESSA ALVES STORTI				
Título do Trabalho:	AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO DE BOVINOS DA RAÇA NELORE AO AMBIENTE TROPICAL				
Área de concentração:	PRODUÇÃO ANIMAL				
Linha de pesquisa:	MANEJO E EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DOS ANIMAIS, SEUS DERIVADOS E SUBPRODUTOS				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	EFEITO DO AMBIENTE TÉRMICO SOBRE OS ANIMAIS HOMEOTÉRMICOS				

Reuniu-se na Sala 216, bloco 1CCG, Campus Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: Robson Carlos Antunes - UFU; Carina Ubirajara de Faria - UFU; Inês de Freitas Gomide - IFTM; Carla Cristian Campos - Centro Universitário UNA; Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(as) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

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

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/03/2020, às 18:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carina Ubirajara de Faria Bernardes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/03/2020, às 18:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Robson Carlos Antunes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/03/2020, às 18:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **INÊS DE FREITAS GOMIDE**, Usuário Externo, em 02/03/2020, às 20:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carla Cristian Campos**, Usuário Externo, em 02/03/2020, às 20:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1901183** e o código CRC **37D1C94F**.



Referência: Processo nº 23117.014807/2020-70 SEI nº 1901183

Aos meus pais Osmar e Suely, aos meus
irmãos Anderson e Aline.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por manter minha fé e esperança diante dos desafios e dificuldades encontradas.

À minha família pelo apoio e compreensão ao longo dessa jornada.

Um agradecimento mais que especial à Profa. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento pela orientação, apoio, ensinamentos, dedicação e por sempre acreditar em mim ao longo desses anos de orientação.

Ao Prof. Dr. Robson Carlos Antunes pelo apoio, compreensão, ensinamentos e por aceitar participar da banca.

À Profa. Dra. Carina Ubirajara de Faria pela contribuição e disponibilização dos dados dos animais participantes da prova de desempenho individual de touros Nelore da UFU e por aceitar participar da banca.

À Profa. Ricarda Maria dos Santos pela contribuição e disponibilização de informações do rebanho das fêmeas bovinas durante as estações de monta.

Ao Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães e a Profa. Dra. Natasha Almeida Marques Silva pela presteza e auxílio nas análises estatísticas.

Aos colaboradores da Fazenda Capim Branco, em especial ao Rui, Bolivar e Marcio, a todos os alunos da graduação e Pós Graduação envolvidos neste estudo, em especial aos colegas Fernanda Gatti Nascimento, Gustavo Pereira Viana, Gabriela Pereira de Souza, Amanda Martins.

À secretaria do Programa de Pós Graduação Célia Regina Macedo pelo apoio e atenção dedicados.

As Professoras Inês de Freitas Gomide e Carla Cristian Campos por aceitarem participar como membros da banca.

À todos que de certa forma contribuíram com este trabalho. Obrigada.

RESUMO

O primeiro estudo teve como objetivo determinar dentre 16 índices térmicos quais são mais indicados para identificar os efeitos do estresse por calor em touros da raça Nelore criados em ambiente tropical. Foram utilizados 78 touros jovens da raça Nelore (*Bos taurus indicus*), participantes da V Prova de Desempenho Individual de Touros Nelore, UFU. Durante a prova foram mensuradas nos animais a temperatura retal (TR) e a temperatura de superfície na frente, na escápula e na virilha, e em seguida calculada a temperatura de superfície média (TSM). Calculou-se ainda, a diferença entre a temperatura de superfície média e a do ar (TSM-TA) e a diferença entre a temperatura retal e a de superfície média (TR-TSM), constituindo os gradientes térmicos. No ambiente térmico foram mensuradas as temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido e de globo negro, velocidade do vento, umidade relativa e a pressão parcial de vapor. Em seguida calculou-se a temperatura radiante média, a radiação solar e o Índice de Globo Negro e Umidade (IGNU), Índice de Temperatura Equivalente (ITE), Índice de Estresse Ambiental (IEA), Índice de Frequência Respiratória (IFR), Índice de Carga Térmica, Índice Climático Compreensivo, Índice de Estresse Térmico para vacas (IETV) e nove Índices de Temperatura e Umidade (ITU). Os dezesseis índices de estresse térmico apresentaram correlação significativa, positiva e moderada com a temperatura superficial média, e não significativa com a temperatura retal. Ao considerar que não houve correlação entre os índices de estresse térmico com a temperatura retal, e ainda considerando que os bovinos foram capazes de manter sua temperatura retal dentro dos limites fisiológicos, os touros Nelore neste estudo mostraram-se adaptados ao ambiente.

O segundo estudo verificou o efeito de variáveis termofisiológicas no momento da inseminação artificial sobre a probabilidade de prenhez de fêmeas bovinas Nelore. Foram acompanhados um total de 816 inseminações de fêmeas bovinas da raça Nelore, submetidas a protocolo de inseminação artificial em tempo fixo (IATF), durante cinco anos. No momento da inseminação artificial foram mensuradas a frequência respiratória e as temperaturas retal e superficial, assim como as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido, de globotermômetro e a velocidade do vento. Calculou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o Índice de Temperatura Equivalente (ITE), Índice de Carga Térmica (ICT) e a radiação solar. A temperatura superficial foi medida na frente e na escápula obtendo-se a temperatura da superfície corporal média (TSM). Calculou-se, ainda, a diferença entre a temperatura da superfície corporal média e de bulbo seco (TSM-T_{BS}) e a diferença entre temperaturas retal e da superfície corporal média (TR-TSM), constituindo os gradientes térmicos. O diagnóstico

de gestação foi realizado no 28º dia pós inseminação. O número de fêmeas bovinas prenhas ou não prenhas não diferiu entre os grupos de temperatura retal G1 ($T_R \leq 38,7$) e G2 ($T_R > 38,7$ °C). A T_{Fronte} e da $T_{Escápula}$ apresentaram correlação significativa, positiva e alta com a TSM. O fator 1 explicou 51,05% da variação dos dados e as variáveis de maior influência na composição desse fator são ITU_{Berman}, ITU_{Thom}, T_{BS}, TSM, T_G, ITE, T_{Fronte} , ICT, P_P e $T_{Escápula}$. A T_{Fronte} e a TSM apresentaram correlação significativa, positiva e moderada com T_{BS}, P_P, T_G, ITU, ICT e ITE. O ambiente térmico não representou um desafio aos animais deste estudo. A probabilidade de prenhez não foi influenciada quando dividiu os animais em grupos pela temperatura retal ($T_R \leq 38,7$ °C e $T_R > 38,7$ °C). No bioma cerrado, a temperatura retal e o ambiente térmico na primavera e no verão, no momento da inseminação de fêmeas bovinas da raça Nelore submetidas a protocolo de IATF, não influenciam a probabilidade de prenhez.

Palavras-chave: Bovino Nelore. Índice de Temperatura e Umidade. Temperatura retal.

ABSTRACT

The first study aimed to determine among 16 thermal indexes, which are more suitable to identify the effects of heat stress in Nellore bulls bred in a tropical environment. 78 young Nellore bulls (*Bos taurus indicus*) were used, participating in the V Individual Performance Test of Nellore Bulls, UFU. During the test, the rectal temperature (RT) and the surface temperature on the forehead, scapula and groin were measured in the animals, and then the average surface temperature (AST) was calculated. It was also calculated the difference between the average surface temperature and the air temperature (AST-AT) and the difference between the rectal temperature and the average surface temperature (RT-AST), constituting the thermal gradients. In the thermal environment, dry bulb, wet bulb and black globe temperatures, wind speed, relative humidity and partial vapor pressure were evaluated. Then the average radiant temperature, solar radiation and the Black Globe and Humidity Index (BGHI), Equivalent Temperature Index (ETI), Environmental Stress Index (ESI), Respiratory Rate Predictor (PRR), Thermal Load Index (TLI), Comprehensive Climate Index (CCI), Index Thermal Stress for cows (ITSC) and nine Temperature and Humidity Indexes (THI).

The sixteen heat stress indices showed a significant, positive and moderate correlation with the average surface temperature, and not significant with the rectal temperature. When considering that there was no correlation between the thermal stress indexes and the rectal temperature, and even considering that the cattle were able to maintain their rectal temperature within the physiological limits, the Nellore bulls in this study proved to be adapted to the environment.

The second study verified the effect of thermophysiological variables at the time of artificial insemination on the pregnancy probability of Nellore bovine females. A total of 816 inseminations of Nellore bovine females were followed, submitted to a fixed-time artificial insemination protocol (FTAI), for five years. At the time of artificial insemination, respiratory rate, rectal and surface temperatures, as well as dry bulb, wet bulb, globe temperature and wind speed temperatures were measured. The Temperature-Humidity Index (THI), Equivalent Temperature Index (ETI), Thermal Load Index (TLI) and solar radiation were calculated. The surface temperature was measured in the forehead (T_F) and scapula (T_s), obtaining the mean body surface temperature (STM). The difference between the temperature of the mean surface temperature and dry bulb (STM-T_{DB}) and the difference between rectal temperature and the mean surface temperature (RT-STM) was also calculated, constituting the thermal gradients. The pregnancy diagnosis was made on the 28th day after insemination. The number of

pregnant or non-pregnant bovine females did not differ between the groups of rectal temperature ($R_T \leq 38.7$) and ($R_T > 38.7$ °C). T_F and T_S showed a significant, positive and high correlation with STM. Factor 1 explained 51.05% of the data variation and the variables with the greatest influence on the composition of this factor are $\text{THI}_{\text{Berman}}$, THI_{Thom} , T_{DB} , STM, T_G , ETI, T_F , TLI, Pv and T_S . T_F and STM showed significant, positive and moderate correlations with T_{DB} , Pv, T_G , THI, TLI and ETI. The probability of pregnancy was not influenced when the animals were divided into groups by the rectal temperature ($R_T \leq 38.7$ °C and $R_T > 38.7$ °C). In the Cerrado biome, the rectal temperature and the thermal environment in spring and summer, at the time of insemination of Nellore bovine females submitted to FTAI protocol do not influence the probability of pregnancy.

Keywords: Bovine Nellore. Temperature-Humidity Index. Rectal temperature.

Lista de tabelas

Capítulo 2

Tabela 1	Índices de estresse térmico calculados.....	58
Tabela 2	Valor médio, máximo e mínimo das variáveis do ambiente térmico e termofisiológicas de touros jovens Nelore em agosto e dezembro de 2015 e fevereiro e abril de 2016, Uberlândia, MG.....	59
Tabela 3	Coeficiente de correlação de Spearman entre os Índices de Temperatura e Umidade (ITUs) e as variáveis termofisiológicas de touros jovens Nelore em agosto e dezembro de 2015 e fevereiro e abril de 2016.....	60
Tabela 4	Coeficiente de correlação de Spearman entre índices de estresse térmico e as variáveis termofisiológicas de touros jovens Nelore em agosto e dezembro de 2015 e fevereiro e abril de 2016.....	61

Capítulo 3

Table 1	Meteorological and thermophysiological variables at the time of insemination of Nellore bovine females submitted to fixed-time artificial insemination (FTAI).....	69
Table 2	Effect of rectal temperature at the time of insemination on the probability of pregnancy of Nellore bovine females submitted to fixed-time artificial insemination (FTAI).....	70
Table 3	Factors observed for meteorological and thermophysiological variables at the time of insemination of Nellore bovine females submitted to fixed-time artificial insemination (FTAI).....	71
Table 4	Pearson's correlation coefficients for meteorological and thermophysiological variables at the time of insemination of Nellore bovine females submitted to fixed-time artificial insemination (FTAI).....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

e	Base do logaritmo natural
ERHL	Carga térmica de radiação efetiva
FR	Frequência Respiratória
° C	Graus Celsius
IATF	Inseminação Artificial em Tempo Fixo
ICC	Índice Climático Compreensivo
ICT	Índice de Carga Térmica
IEA	Índice de Estresse Ambiental
IETV	Índice de Estresse Térmico para Vacas
IFR	Índice de Frequência Respiratória
IGNU	Índice de Globo Negro e Umidade
ITE	Índice de Temperatura Equivalente
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
K	Kelvin
mov.min ⁻¹	Movimentos respiratórios por minuto
m.s ⁻¹	Metros por segundos
%	Percentual
pv	Pressão parcial de vapor
NRC	National Research Council
S	Radiação solar
Ta	Temperatura do ar
Tbs	Temperatura de bulbo seco
Tbu	Temperatura de bulbo úmido
Tg	Temperatura de globo negro
Tg*	Preditor da temperatura de globo negro
Tpo	Temperatura do ponto de orvalho
TSM	Temperatura superficial média
TR	Temperatura retal
Vv	Velocidade do vento
UR	Umidade relativa
W.m ⁻²	Watts por metro quadrado

SUMÁRIO

CÁPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	16
1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivos Gerais	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 ADAPTABILIDADE DA RAÇA NELORE	20
3.2 TERMORREGULAÇÃO DE BOVINOS	20
3.3 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DURANTE O ESTRESSE POR CALOR	21
3.4 ÍNDICES AMBIENTAIS	23
3.4.1 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU).....	24
3.4.2 ÍNDICE DE GLOBO NEGRO E UMIDADE (IGNU).....	25
3.4.3 ÍNDICE DE TEMPERATURA EQUIVALENTE (ITE).....	26
3.4.4 ÍNDICE DE ESTRESSE AMBIENTAL (IEA)	27
3.4.5 ÍNDICE DE FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA (IFR)	27
3.4.6 ÍNDICE DE CARGA TÉRMICA (ICT)	28
3.4.7 ÍNDICE CLIMÁTICO COMPREENSIVO (ICC).....	29
3.4.8 ÍNDICE DE ESTRESSE TÉRMICO PARA VACAS (IETV)	30
3.5 EFEITOS DO ESTRESSE POR CALOR SOBRE A REPRODUÇÃO	32
REFERÊNCIAS	33
CAPÍTULO 2 ÍNDICES DE ESTRESSE TÉRMICO PARA TOUROS JOVENS NELORE CRIADOS EM AMBIENTE TROPICAL	42
ABSTRACT	43
INTRODUÇÃO	45
MATERIAIS E MÉTODOS	46
RESULTADOS	47
DISCUSSÃO	48

CONCLUSÃO	52
REFERENCES.....	53
CAPÍTULO 3 DO THERMOREGULATION VARIABLES AT THE TIME OF ARTIFICIAL INSEMINATION INFLUENCE THE PREGNANCY PROBABILITY OF NELLORE BOVINE FEMALES INSEMINATED AT A FIXED TIME?	62
ABSTRACT.....	63
1. Introduction	64
2. Materials and methods	65
3. Results	68
4. Discussion	73
5. Conclusion.....	75
References	75
ANEXO A – PROTOCOLO DE REGISTRO NO CEUA-UFU	79
ANEXO B – PROTOCOLO DE REGISTRO NO CEUA-UFU.....	80

CÁPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A mudança climática surgiu como uma das principais preocupações ao setor pecuário (NARDONE et al., 2010). Além disso, o estresse térmico induzido por essa mudança se estabeleceu como um dos fatores que podem afetar a produção pecuária (RASHAMOL et al., 2018). O estresse por calor pode diminuir a produção de carne, a eficiência reprodutiva e a saúde animal (SEJIAN et al., 2010).

O estresse térmico pode ser definido como a soma de fatores externos que agem sobre um animal e que causam aumento da temperatura corporal e consequentemente geram uma resposta fisiológica. A capacidade de um organismo de manter a homeotermia mesmo sob estresse térmico está vinculado a melhorar a dissipação de calor e isso faz parte do processo de aclimatação (MOSELEY, 1997). Inicialmente nesse processo o animal pode aumentar a ingestão de água, reduzir o consumo de ração e alterar funções fisiológicas, como eficiência produtiva e reprodutiva, mudanças nas frequências respiratória e cardíaca (RASHAMOL et al., 2018).

Os bovinos da raça Nelore no Brasil são largamente disseminados e bem adaptados, exibindo boas características termorreguladoras para condições de ambiente tropical (HOOPER et al., 2018), como, por exemplo baixo metabolismo, superfície tecidual que o protege de efeitos negativos de altas temperaturas além de uma atividade de transpiração (DE MELO COSTA et al., 2017). Nos animais de criação, a adaptação é uma característica relevante a ser entendida, com a finalidade de manter e aumentar a produtividade (HOOPER et al., 2018). De acordo com Deb et al. (2014) em ambiente tropical, em um longo processo adaptativo, o *Bos taurus indicus* foi capaz de melhor controlar a temperatura retal em resposta ao estresse térmico que o *Bos taurus taurus*. A adaptação é uma característica fundamental para os animais manterem a homeostase térmica e diante disso, é necessário entender a dinâmica entre o ambiente e o animal e quais são as características importantes para vencer situações adversas (HOOPER et al., 2018).

Algumas variáveis fisiológicas são importantes na adaptação ao estresse térmico, por exemplo, a temperatura retal e a frequência respiratória, que fora do padrão fisiológico, podem resultar na redução da produção (INDU et al., 2015). A temperatura corporal interna é um excelente indicador da suscetibilidade de um animal à carga térmica (MADER et al., 2006) e está entre os fenótipos mais importantes em animais de criação, pois está ligada à saúde, ao sucesso reprodutivo e à produtividade (DUFF; GALYEAN, 2007). O aumento da temperatura corporal profunda pode ser causada por doenças, lesões, estresse térmico,

exposição a toxinas ou a diversos problemas relacionados à saúde (KOLTES et al., 2018). Medidas tradicionais de temperatura e indicadores de temperatura corporal elevada têm sido utilizados para identificar animais doentes e em estresse pelo calor (DUFF; GALYEAN, 2007; BURDICK et al., 2012). A temperatura retal está entre as medições mais comumente usadas da temperatura corporal (KOLTES et al., 2018).

Em bovinos, há evidências de que o estresse por calor antes da inseminação está associado à redução da fertilidade. Isto pode prejudicar a reprodução, por exemplo, influenciando o desenvolvimento do óvulo (CHINCHILLA-VARGAS et al., 2018). Além disso, o estresse por calor variando de 12 a 72 horas pós-serviço pode afetar negativamente as taxas de concepção de bovinos (AMBROSE et al., 1999). O estresse por calor também pode afetar a esteroidogênese (ZERON et al., 2001), reduzir a qualidade, a viabilidade (HANSEN, 2002) e competência dos óvulos (AL-KATANANI et al., 2002).

Muitos índices térmicos foram desenvolvidos para medir o efeito do estresse por calor e todos se mostraram capazes de quantificar os níveis de estresse térmico (WANG et al., 2018). No entanto, de acordo com estes autores cada índice foi desenvolvido com diferentes raças e metodologias, e portanto, podem apresentar diferentes resultados dependendo de qual índice é utilizado. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é um dos métodos mais utilizados para estimar o estresse térmico, e pode ser calculado usando a temperatura ambiente (Ta) e a umidade relativa (UR) para mensurar o estresse por calor que um animal experimenta (GARCÍA-ISPIERTO et al., 2007). No entanto, a energia radiante e a velocidade do vento também contribuem para a extensão do estresse por calor (GARCÍA ISPIERTO et al., 2007; DE RENSISS et al., 2015). Um ITU mais recente foi proposto por Berman et al. (2016), baseado no teor de calor do ar e mistura de vapor de água, como um indicador de estresse térmico mais preciso para uma maior variedade de climas.

A importância de se estudar detalhadamente os mecanismos adaptativos fisiológicos em diferentes animais, bem como conhecer qual índice de estresse térmico é o mais adequado para determinada região pode ajudar os produtores a identificar o manejo mais adequado para os animais para diferentes regiões climáticas e assim garantir a criação de bovinos sem estresse por calor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

- Avaliar dentre os diversos índices térmicos qual o mais indicado para identificar os efeitos do estresse por calor em bovinos da raça Nelore em ambiente tropical.
- Verificar o efeito de variáveis termofisiológicas no momento da inseminação artificial sobre a prenhez em bovinos da raça Nelore em ambiente tropical.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar a temperatura retal, frequência respiratória e temperatura de superfície em touros da raça Nelore;
- Mensurar as temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e do globo negro e velocidade do vento e calcular a umidade relativa, pressão parcial de vapor, temperatura radiante média e a radiação solar;
- Calcular os seguintes índices térmicos: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Globo Negro e Umidade (IGNU), Índice de Temperatura Equivalente (ITE), Índice de Estresse Ambiental (IEA), Índice de Frequência Respiratória (IFR), Índice de Carga Térmica, Índice Climático Compreensivo e o Índice de Estresse Térmico para vacas (IETV);
- Determinar a associação entre dezesseis índices de estresse térmico com as variáveis termofisiológicas de touros jovens da raça Nelore criados a pasto em ambiente tropical;
- Quantificar a temperatura retal, frequência respiratória e temperatura de superfície em fêmeas da raça Nelore no momento da inseminação;
- Calcular a taxa de concepção;
- Determinar o efeito das características de termorregulação medidas no momento da inseminação sobre a probabilidade de prenhez de fêmeas bovinas Nelore, submetidas a protocolo de IATF.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ADAPTABILIDADE DA RAÇA NELORE

Bovinos de origem zebuína criados em ambiente tropical adquiriram genes, seja por mutação ou herança, que determinaram sua melhor tolerância ao calor e os tornou melhor adaptados a climas quentes, diminuindo sua capacidade em apresentar hipertermia em resposta ao estresse por calor, quando comparados com raças *Bos taurus* (MACEDO et al., 2013).

As raças zebuínas são consideradas adaptadas aos trópicos e apresentam uma taxa metabólica mais baixa, em virtude principalmente de uma menor exigência quanto à lactação e taxa de crescimento, órgãos internos proporcionalmente menores, além de propriedades físicas relacionadas à pele e aos tecidos que facilitam a dispersão do calor ao contrário do que ocorre em raças taurinas (SOUTO, 2018).

A adaptação mais importante do bovino Nelore foi a superfície cutânea com pele altamente pigmentada coberta com pelo branco, curto e denso (Da SILVA et al., 2003). Além disso, maior comprimento do corpo, altura da cernelha, perímetro torácico e corcova proeminente também foram características atribuídas à melhor tolerância ao calor de animais Nelore (MCMANUS et al., 2005; BIANCHINI et al., 2006).

3.2 TERMORREGULAÇÃO DE BOVINOS

Os bovinos são considerados animais homeotérmicos, pois são capazes de manter estável a temperatura interna do corpo mesmo com as variações na temperatura do ambiente (SILVA, 2000; SOUZA; BATISTA, 2012). Para manter a homeostase, o calor perdido precisa aumentar ou diminuir com base no ambiente térmico e no estado térmico do animal (BROWN-BRANDL, 2018).

A perda de calor pelo organismo pode ocorrer por dois processos físicos: calor sensível e calor latente, sendo que condução, convecção e radiação são considerados perdas de calor sensível, enquanto que calor latente é o calor perdido pela evaporação da umidade da superfície da pele ou do trato respiratório do animal (BROWN-BRANDL, 2018).

Quando ocorre transferência de energia térmica de um corpo a outro através de ondas eletromagnéticas é denominado de radiação (SILVA, 2000). Na convecção ocorre a

transferência de energia térmica por intermédio do deslocamento de um fluido, que pode ser líquido ou gasoso, o qual recolhe energia térmica em um ponto e o transporta para outro (ÇENGEL, 2012). Já a condução é um mecanismo de troca de energia térmica entre corpos ou entre partes de um mesmo corpo, pela troca de energia cinética das moléculas ou pelo deslocamento de elétrons, exige contato direto para ocorrer, e passa das partículas mais energéticas com maiores temperaturas, para as menos energéticas com menores temperaturas, tendendo ao equilíbrio (INCROPERA et al., 2008).

A termorregulação se dá pelo equilíbrio entre a energia térmica produzida pelo organismo animal e as perdas, ganhos e trocas com o meio ambiente, assim o animal e o ambiente formam um sistema equilibrado (SOUZA; BATISTA, 2012). O controle da temperatura dos bovinos ocorre pelo centro termorregulador, localizado no hipotálamo, assim as células periféricas especializadas transmitem as sensações de frio e calor para que o sistema nervoso central passe essas informações para o hipotálamo (CRUZ et al., 2011).

Dentro da zona de homeotermia existe uma faixa denominada zona de conforto térmico, onde o balanço térmico é nulo, ou seja, o calor que o organismo animal produz, mais o que ele ganha do ambiente é igual ao calor perdido e quando acima da temperatura da zona de conforto térmico ocorre o estresse pelo calor e abaixo desta o estresse pelo frio (SILVA, 2000).

Quando submetidos a intensa radiação solar e altas temperaturas ambientais, os animais tornam-se mais suscetíveis a alterações circulatórias, respiratórias e endócrinas, na tentativa de perder o calor corporal e permanecer em equilíbrio térmico (KAHWAGE et al., 2017).

O estresse térmico pode ser definido por dois fatores: metabolização e atividades físicas do animal que geram carga térmica e fatores ambientais específicos, como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar, que afetam a dissipação de calor (MADER et al., 2006). Assim quando a capacidade de eliminação de calor é menor que o ganho de calor do ambiente e do metabolismo, ocorre o estresse térmico (PIRES, 2006).

3.3 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DURANTE O ESTRESSE POR CALOR

A capacidade adaptativa dos animais é determinada pelas características anatômicas, fisiológicas, morfológicas, bioquímicas e comportamentais que os auxilia a sobreviver em um determinado ambiente (DAS et al., 2016).

Os animais apresentam diversos mecanismos de adaptação fisiológica para lidar com condições climáticas adversas, sendo que alguns desses mecanismos de adaptação frente ao estresse térmico são: frequência respiratória, temperatura retal, freqüência cardíaca, temperatura de pele e taxa de sudorese (INDU et al., 2015).

A frequência respiratória, temperatura retal e temperatura de superfície são essenciais pois ajudam a manter o equilíbrio térmico e homeostase nos animais em estresse por calor e são considerados indicadores para quantificar o estresse térmico em animais de produção (SILANIKOVE, 2000; RASHAMOL et al., 2018). Em bovinos adultos, a taxa respiratória basal pode variar de 24 a 36 movimentos por minuto (FERREIRA et al., 2006), enquanto que a faixa normal de temperatura retal é de 38,1 a 39,1 °C para bovinos de corte (ROBINSON, 2014).

A temperatura retal é usada como uma medida representativa da temperatura corporal do animal e reflete o balanço térmico corporal, ou seja, o balanço entre o calor absorvido do ambiente mais o produzido pelo metabolismo e o que está sendo liberado para o ambiente, e é utilizada para avaliar a adversidade do ambiente sobre os animais (SILVA, 2000). Assim, de acordo com este autor, seu aumento é uma indicação de que os mecanismos termorregulatórios estão falhando ou não estão conseguindo manter a homeotermia.

Animais submetidos a altos níveis de estresse térmico tentam equilibrar a temperatura corporal dissipando a carga de calor ao máximo possível (RASHAMOL et al., 2018). Segundo Kadzere et al. (2002), o aumento da temperatura retal até um grau ou menos, é suficiente para reduzir o desempenho dos animais. De Melo Costa et al. (2018) ao estudarem os padrões circadianos de respostas fisiológicas e regulação térmica de bovinos Nelore adultos, citam que a temperatura retal de bovinos Nelore variou de 39,01°C para 39,5°C, não apresentando correlação com a temperatura do ar que variou de 21,5°C a 30,86°C, indicando que as condições meteorológicas impostas não influenciaram o nível de energia térmica produzida pelo metabolismo de bovinos Nelore.

Segundo Rashamol et al. (2018) a respiração é a ingestão de oxigênio e a eliminação de dióxido de carbono e em condições de termoneutralidade levam à evaporação e dissipação da umidade do trato respiratório e, com isso, mantém o equilíbrio térmico e evita o aumento excessivo da temperatura durante a exposição ao calor (SHENHE et al., 2018). É visualmente determinada pela contagem dos movimentos respiratórios observados no flanco, com o auxílio de um cronômetro (SHAJI et al., 2016). A variação entre 15 e 30 movimentos/min, pode indicar se os animais utilizaram a evaporação respiratória como mecanismo primário de dissipaçāo de calor (SILVA et al., 2012). Valores de frequência respiratória de 40 a 60, 60 a

80 e 80 a 120 movimentos por minuto representam um baixo, médio e alto estresse para ruminantes respectivamente, e acima de 200 movimento/min já é considerado severo (SILANIKOVE, 2000).

Em um estudo Valente et al. (2015) também relataram uma frequência respiratória significativamente maior em bovinos da raça Angus (104 movimentos respiratórios/minuto) durante a condição de estresse térmico (37,7 °C). Já De Melo Costa et al. (2018) relataram que o sistema respiratório foi um meio insignificante de manter o equilíbrio térmico em bovinos da raça Nelore, mantidos à temperatura ambiente variando de 20°C a 35°C, e protegidos da radiação solar direta.

A camada externa da pele nos mamíferos é um meio importante para a troca de calor entre o corpo e o ambiente (RASHAMOL et al., 2018). A temperatura de superfície pode ser mensurada em diferentes partes do corpo como no dorso, região do flanco e na frente (PAULO; LOPES, 2014). A energia térmica produzida pelo metabolismo animal é transferida para o ambiente e depende da superfície da pele e da condutância externa, que estão relacionadas a alterações no fluxo sanguíneo e a propriedades físicas da superfície cutânea do animal, respectivamente (GEBREMEDHIN et al., 2010). De acordo com De Melo Costa et al. (2018) este mecanismo pode manter a temperatura da superfície constante, protegendo-a de oxilações da temperatura do ar. Para Hansen (2004) a habilidade de manter e aumentar a condutância através da pele é uma das características que explicam a alta tolerância de gado *Bos indicus* criados em ambiente tropical. De Melo Costa et al. (2018) concluíram que quando a temperatura do ambiente está acima de 29 °C a evaporação cutânea foi principal meio de dissipar o calor produzido por bovinos da raça Nelore, ou seja a medida que a temperatura do ambiente aumenta, a perda de calor latente ganha progressiva importância dissipando o excesso de calor corporal, mantendo assim o equilíbrio térmico.

3.4 ÍNDICES AMBIENTAIS

Os índices ambientais são importantes na avaliação do impacto do ambiente sobre os animais, principalmente em condições tropicais, pois descrevem os efeitos do ambiente térmico sobre a habilidade dos animais em dissipar calor (MARTELLO et al., 2004).

De acordo com Silva et al. (2007), os índices envolvem medidas meteorológicas locais da temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, temperatura radiante média e radiação

solar, mas as variáveis e seus coeficientes em um determinado índice devem ser consistentes com os mecanismos fisiológicos de troca de calor dos animais.

3.4.1 ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)

Este índice proposto originalmente por Thom (1959) para avaliar o conforto térmico em humanos, levando em consideração a temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido (COLLIER; COLLIER, 2012), foi adaptado para avaliação do conforto térmico em bovinos. É responsável pelos efeitos combinados da temperatura ambiente e umidade relativa do ar, e por isso pode ser facilmente calculado (BERMAN et al., 2016) sendo uma maneira útil e fácil de avaliar o estresse por calor dos animais (AKYUZ et al., 2010).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) de Thom (1959) é obtido pela seguinte equação:

$$\text{ITU} = 0,4 (\text{Tbs} + \text{Tbu}) \times (1,8) + 47$$

Em que:

Tbs = temperatura de bulbo seco, °C;

Tbu = temperatura de bulbo úmido, °C.

Devido às diferenças de sensibilidade à temperatura ambiente e quantidade de umidade no ar entre as espécies, uma série de equações para o cálculo do ITU com diferentes ponderações da temperatura do bulbo seco e umidade do ar foram propostas (BOHMANOVA et al., 2007). A equação de Bianca (1962) representa a umidade do ar pela temperatura de bulbo úmido, enquanto que a do National Research Council (NRC) (1971) pode ter equações que utilizam tanto a temperatura de bulbo úmido, quanto a temperatura do ponto de orvalho, quanto a umidade relativa em seus cálculos. Já a equação de Yousef (1985) utiliza em seus cálculos a temperatura do ponto de orvalho. Mader et al. (2006) propuseram uma equação em que pudessem fazer ajustes na umidade relativa de acordo com as variáveis velocidade do vento e radiação solar.

Os ITUs mencionados acima podem ser representados pelas seguintes equações:

$$\text{ITU} = (0,15 \text{ Tbs}) + (0,85\text{Tbu}) 1,8 + 32 \text{ (BIANCA, 1962);}$$

$$\text{ITU} = (0,35\text{Tbs}) + (0,65 \text{ Tbu}) 1,8 + 32 \text{ (BIANCA, 1962);}$$

$ITU = (0,55Tbs) + (0,2 Tpo)1,8 + 32 + 17,5$ (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1971);

$ITU = (1,8Tbs + 32) - (0,55 - 0,0055UR) \times (1,8Tbs - 26)$ (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1971);

$ITU = (Tbs + Tbu) 0,72 + 40,6$ (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1971);

$ITU = Tbs + 0,36Tpo + 41,2$ (YOUSEF, 1985).

Em que:

Tbs = temperatura de bulbo seco, em °C;

Tbu = temperatura de bulbo úmido, em °C.

Tpo = temperatura do ponto de orvalho, em °C;

UR = umidade relativa, em %.

O ITU proposto mais recentemente foi o de Berman et al. (2016) em que o índice de estresse térmico é baseado no calor sensível do ar e da umidade contido nele e que, segundo este autor, resloveria as deficiências apresentadas pelos demais índices, pois os mesmos não expressariam a real contribuição da temperatura e umidade para os diversos ambientes.

O ITU de Berman et al. (2016) é representado pela seguinte equação:

$$ITU = 3,43 + 1,058Tbs - 0,293UR + (0,0164TbsUR) + 35,7$$

Em que:

Tbs= temperatura de bulbo seco, em °C;

UR= umidade relativa, em %.

3.4.2 ÍNDICE DE GLOBO NEGRO E UMIDADE (IGNU)

O Índice de Globo Negro e Umidade (IGNU) desenvolvido inicialmente por Buffington et al. (1981) como um índice térmico para vacas leiteiras expostas à radiação solar direta e indireta, utiliza em sua equação medidas da temperatura do globo negro e temperatura do ponto de orvalho e é considerado um dos melhores índices para representar o estresse

térmico em áreas abertas sob radiação térmica direta e indireta (BACCARI JUNIOR et al., 2001).

A equação que descreve o IGNU é:

$$\text{IGNU} = \text{Tg} + 0,36 \text{ Tpo} + 41,5$$

Em que:

Tg = temperatura de globo negro, °C;

Tpo = temperatura do ponto de orvalho, °C.

De acordo com Baêta e Souza (2010) valores de IGNU até 74 indicam conforto térmico para bovinos, entre 75 e 78 situação de alerta, entre 79 e 84 caracteriza perigo e, acima de 84, situação de emergência.

O uso do IGNU apresenta como desvantagem a inexistência de medições da temperatura de globo negro nas estações meteorológicas distribuídas ao longo do país (ABREU et al., 2011), não sendo fácil sua utilização no campo (ROCHA, 2008), dificultando assim uma avaliação bioclimática de uma determinada região.

3.4.3 ÍNDICE DE TEMPERATURA EQUIVALENTE (ITE)

A equação do Índice de Temperatura Equivalente (ITE) foi testada originalmente em câmaras climáticas para avaliar o conforto ambiental de vacas holandesas pretas e brancas. Segundo Baêta e Souza (2010) os efeitos da temperatura, da umidade relativa e da velocidade do vento sobre o equilíbrio térmico de vacas leiteiras foram combinados originando a equação deste índice:

$$\begin{aligned} \text{ITE} = & 27,88 - 0,456\text{Tbs} + 0,107547\text{Tbs}^2 - 0,4905\text{UR} + 0,0008\text{UR}^2 + 1,1507\text{Vv} - \\ & 0,126447\text{Vv}^2 + (0,0198767 \text{ TbsUR}) - 0,046313\text{TbsVv} \end{aligned}$$

Em que:

Tbs: temperatura de bulbo seco, em °C;

UR: umidade relativa, em %;

Vv: velocidade do vento, em m.s⁻¹.

Em regiões tropicais o ITE é considerado um dos mais precisos na avaliação do conforto térmico de animais (SILVA; MORAIS; GUILHERMINO, 2007).

3.4.4 ÍNDICE DE ESTRESSE AMBIENTAL (IEA)

Moran et al. (2001) propuseram um novo índice a partir de dados da temperatura de bulbo seco, umidade relativa e radiação solar para avaliar e determinar se esse índice poderia servir como uma alternativa confiável e válida ao índice de Globo Negro e Umidade (IGNU) para medir o estresse ambiental. Este índice foi considerado muito bom para determinação do conforto de seres humanos, mas dependente de mais estudos sob diferentes condições ambientais. O Índice de Estresse Ambiental (IEA) é definido por meio da seguinte equação:

$$\text{IEA} = 0,63\text{Tbs} - 0,03\text{UR} + 0,002\text{S} + 0,0054(\text{Tbs} \times \text{UR}) - 0,073(0,1 \times \text{S}) - 1$$

Onde:

Tbs: temperatura bulbo seco, em °C;

UR: umidade relativa, em %;

S: radiação solar, em W.m⁻².

3.4.5 ÍNDICE DE FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA (IFR)

O Índice de Frequência Respiratória (IFR) é um índice desenvolvido para gado de corte confinado (SILVA, 2008). Foi desenvolvido por Eigenberg et al. (2002; 2003) e apresenta duas equações com base em animais em confinamentos abertos (expostos ao sol) e em confinamentos cobertos:

a) Animais expostos ao sol, temperatura ambiente > 25 °C:

$$\text{IFR} = 5,4 \text{ Tbs} + 0,58 \text{ UR} - 0,63\text{Vv} + 0,024\text{S} - 110,9$$

b) Animais à sombra, temperatura ambiente > 25 °C:

$$\text{IFR} = 2,8 \text{ Tbs} + 0,39\text{UR} - 0,36\text{V} + 0,064\text{S} - 30,0$$

Onde:

Tbs: temperatura de bulbo seco, em °C;

UR: umidade relativa, em %;

Vv: velocidade do vento, em m.s⁻¹;

S: radiação solar, em W.m⁻²

3.4.6 ÍNDICE DE CARGA TÉRMICA (ICT)

Proposto inicialmente por Gaughan et al. (2002) o Índice de Carga Térmica (ICT) foi utilizado para o manejo de gado de corte de raças europeias sob confinamento (temperaturas ambiente > 28°C). Utiliza em sua equação um preditor da temperatura do globo, que é considerado mais fácil de se obter por criadores de bovinos, que muitas vezes não tem acesso ao termômetro de globo negro (SILVA, 2008).

Sua equação é representada por:

$$\text{ICT} = 33,2 + 0,2 \text{ UR} + 1,2 \text{ Tg}^* - (0,82 \text{ Vv})0,1 - \log (0,4 \text{ Vv}^2 + 0,0001)$$

$$\text{Tg}^* = 1,33\text{Tbs} - 2,65 \text{ Tbs}^{1/2} + 3,21 \log (\text{S} + 1) + 3,5$$

Em que:

Tg*: preditor da temperatura de globo negro, em °C;

Tbs: temperatura de bulbo seco, em °C;

UR: umidade relativa, em %;

Vv: velocidade do vento, em m.s⁻¹;

S: radiação solar, em W.m⁻².

Mais tarde Gaughan et al. (2008) desenvolveram e validaram um novo ICT com base inicialmente na dinâmica respiratória de bovinos Angus sem acesso a sombra e em condições de temperatura do globo negro acima ou abaixo de 25 °C. Este índice é representado pela equação:

a) Para temperatura do globo negro > 25°C:

$$\text{ICT} = 8,62 + (0,38 \times \text{UR}) + (1,55 \times \text{Tg}) - (0,5 \times \text{Vv}) + [e2,4 - \text{Vv}]$$

b) Para temperatura do globo negro < 25°C:

$$\text{ICT} = 10,66 + (0,28 \times \text{UR}) + (1,3 \times \text{Tg}) - \text{V}$$

Onde:

Tg: temperatura de globo negro, em °C;

UR: umidade relativa, em %;

Vv: velocidade do vento, em m.s⁻¹;

e: base do logaritmo natural = 2,71828.

De acordo com Gaughan et al. (2008), o ICT baseado na dinâmica respiratória pode assumir a seguinte escala:

Normal	< 70
Cautela	> 70 e < 77
Extrema cautela	> 77 e < 86
Perigo	> 86

3.4.7 ÍNDICE CLIMÁTICO COMPREENSIVO (ICC)

Com o objetivo de pesquisar um índice que abrangesse uma grande variedade de condições ambientais e que incorporasse em sua equação ajustes para os efeitos combinados de temperatura e umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar, Mader, Johnson e Gaughan (2010) desenvolveram o índice climático comprehensivo (ICC) ou também chamado de Índice Climático Abrangente. Segundo estes autores o ICC têm um grande potencial de uso na avaliação dos efeitos ambientais sobre a saúde, conforto, bem-estar, manutenção e produtividade dos animais e é obtido pela equação a seguir:

$$\text{ICC} = \text{Tbs} + [\text{Eq.1}] + [\text{Eq.2}] + [\text{Eq.3}]$$

Em que:

$$\text{Eq. 1: Fator de Correção da UR} = e^{0,00182 \times \text{UR} + 1,8 \times 10^{-5} \times \text{Tbs} \times \text{UR}} \times (0,000054 \times \text{Tbs}^2 + 0,00192 \times \text{Tbs} - 0,0246) \times (\text{UR} - 30)$$

$$\text{Eq. 2: Fator de correção da V} = [-6,56 \div e^{\{1 \div (2,26 \times \text{Vv} + 0,23)^{0,45 \times (2,9 + 1,14 \times 10^{-6} \times \text{Vv}^2,5 - \log 0,6(2,26 \times \text{Vv} + 0,66) - 2)}\}}] - 0,00566 \times \text{Vv}^2 + 3,33$$

$$\text{Eq. 3: Fator de Correção da } S = 0,0076 \times S - 0,00002 \times S \times T_{bs} + 0,00005 \times T_{bs}^2 \times \sqrt{S} + 0,1 \times T_{bs} - 2$$

Em que:

T_{bs}: temperatura de bulbo seco, em °C;

UR: umidade relativa, em %;

Vv: velocidade do vento, em m.s⁻¹;

S: radiação solar, em W.m⁻²

O ICC foi desenvolvido em condições ambientais tanto de frio como calor (-30° C a 45 °C) e fornece um ajuste da temperatura do ar quando se considera a umidade relativa (Eq. 1), a velocidade do vento (Eq. 2) ou a radiação solar (Eq. 3). Assim Mader, Johnson e Gaughan (2010) propuseram uma escala que leva em consideração o estresse por calor da seguinte forma:

Sem estresse	<25
Estresse leve	25 a 30
Estresse moderado	30 a 35
Estresse grave	35 a 40
Estresse extremo	40 a 45
Perigo extremo	>45

3.4.8 ÍNDICE DE ESTRESSE TÉRMICO PARA VACAS (IETV)

Índice criado para avaliar vacas leiteiras em regiões intertropicais, com especial destaque para os semiáridos e leva em consideração os efeitos da radiação solar (SILVA; MAIA; COSTA, 2015). Para estes autores os principais objetivos foi avaliar a relação entre radiação solar e as respostas termorregulatórias de bovinos leiteiros no nordeste do Brasil e também implementar melhores práticas de gerenciamento nesses ambientes quentes e ensolarados. Para nosso estudo em questão utilizamos este índice para avaliar seus efeitos quando aplicado em bovinos da raça Nelore criados em ambiente tropical.

O IETV é dado pela seguinte equação:

$$\text{IETV} = 77,1747 + 4,8327 \text{Tbs} - 34,8189 \text{Vv} + 1,111 \text{Vv}^2 + 118,6981 \text{ pV} - 14,7956 \text{pV}^2 - 0,1059 \text{ ERHL}$$

Em que:

Tbs: temperatura de bulbo seco, em °C (bulbo seco);

Vv: velocidade do vento, em m.s⁻¹;

pV: pressão parcial de vapor, em kPa;

ERHL: Carga Térmica de Radiação Efetiva, obtida pela equação:

$$\text{ERHL} = 0,5S + \sigma \text{TRM}^4$$

Em que:

S: radiação solar, em W.m⁻²

TRM: temperatura radiante média, em °C

Com base no estudo em vacas leiteiras Silva, Maia e Costa (2015) definiram a seguinte escala:

Conforto≤150

Desconforto leve151-200

Desconforto201-250

Estresse251-350

Perigo≥350

Para valores acima de 200 é importante que se considere medidas para minimizar o estresse pelo calor, como fornecimento de sombras (naturais ou artificiais), nos horários mais quentes do dia alojar os animais em instalações que favoreçam o fluxo de ar, com cobertura adequada contra as principais fontes de radiação e com dispositivos de aspersão de água e ventilação artificial (SILVA; MAIA; COSTA, 2015).

3.5 EFEITOS DO ESTRESSE POR CALOR SOBRE A REPRODUÇÃO

As variáveis ambientais têm sido determinantes no comprometimento da eficiência reprodutiva, principalmente para os sistemas reprodutivos como monta natural, inseminação artificial, aspiração de oócitos e transferência de embriões, que envolvem custos e animais de alto valor genético e comercial (MACEDO et al., 2013).

Chinchilla-Vargas et al. (2018) mencionam que o estresse por calor altera a duração do estro, taxa de concepção e função uterina em bovinos, além disso o estresse térmico antes da inseminação está associado à diminuição da fertilidade, possivelmente, refletindo efeitos prejudiciais no oóbito em desenvolvimento. Influi ainda em vários pontos do processo reprodutivo, inclusive na depressão da expressão do estro, proporcionando uma queda na eficiência reprodutiva (SAKATANI et al., 2012).

Ambientes tropicais, com elevadas temperaturas e umidade relativa são determinantes no desempenho reprodutivo (ROCHA et al., 2012). E o estresse por calor, comum nesses ambientes, vem sendo considerado um dos principais fatores de falha reprodutiva de fêmeas bovinas, incluindo danos ao desenvolvimento e maturação oocitária e desenvolvimento embrionário inicial (MACEDO et al., 2013).

Neste contexto, há vários relatos da influência negativa de variáveis ambientais no desempenho reprodutivo. Villa-Mancera et al. (2011) relataram um efeito direto do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) sobre a taxa de concepção em vacas leiteiras da raça Holstein, registrando níveis mais baixos de fertilidade durante os meses de verão em comparação com o inverno. Garcia-Isprierto et al. (2007) observaram também em vacas Holstein, que os fatores climáticos são altamente relevantes nos três primeiros dias antes da inseminação artificial.

Em um estudo para determinar a associação de variáveis ambientais com a taxa de prenhez em vacas *Bos taurus*, Amundson et al. (2006) citam uma associação negativa do ITU médio (72,9) com a taxa de prenhez nos períodos de reprodução avaliados (primavera-verão). Em um estudo Chebel et al. (2004) observaram que vacas da raça Holstein expostas ao estresse por calor ($> 29^{\circ}\text{C}$) antes da inseminação artificial tiveram taxa de gestação menor que vacas não expostas a esse fator. Já Costa e Silva et al. (2010) relataram em receptoras bovinas, cruzadas zebu x europeu, que mesmo em temperatura e umidade relativa elevadas, não houve diferença significativa quanto à taxa de prenhez.

O gado zebuíno sofre menos os efeitos deletérios de altas temperaturas do que o gado europeu, o que pode ser um fator importante para determinar seu melhor desempenho reprodutivo (HANSEN, 2009; KRININGER et al., 2003). Embriões produzidos por

inseminação de oócitos de vacas da raça Brahman com sêmen de Angus por exemplo, são mais termotolerantes do que embriões produzidos por inseminação de oócitos de vacas da raça Holstein com sêmen de Angus (BLOCK et al., 2002). Paula-Lopes et al. (2013) citam que os efeitos negativos do estresse por calor são menos evidentes em *Bos indicus* do que em *Bos taurus* e essa diferença genética entre subespécies resulta de uma maior capacidade termorregulatória e de termoresistência celular em raças mais tolerantes ao calor.

A capacidade do animal de resistir ao estresse por calor, em função de altas temperatura e umidade relativa, tem sido avaliada fisiologicamente por alterações na temperatura retal e na frequência respiratória, explicando a tentativa de o animal perder o calor absorvido (AZEVEDO et al., 2005; MAIA et al., 2005). Costa e Silva et al. (2010) com o objetivo de verificar o efeito do manejo e do ambiente sobre a taxa de gestação de receptoras bovinas cruzadas zebu x europeu inovuladas com embriões Nelore observaram que apesar da temperatura retal e a frequência respiratória dos animais estar acima de 39,7 °C e 48 movimentos por minuto, respectivamente, não houve diferença entre fêmeas gestantes e não gestante para estas duas variáveis. No entanto, neste mesmo estudo os autores verificaram que a temperatura de pele diferiu entre fêmeas gestantes e não gestantes e a maior temperatura de pele ($> 37^{\circ}\text{C}$) sugere uma influência negativa sobre a taxa de gestação, demonstrando que a dificuldade em perder calor, com consequente aumento de temperatura interna, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento embrionário.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; ABREU, V. M. N.; FRANCISCON, L.; COLDEBELLA, A.; AMARAL, A. G. Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 6, p. 1-7, 2011. DOI: <https://doi.org/10.13083/1414-3984.v19n06a08>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/issue/view/43>. Acesso em: 10 Dez. 2019.
- AMBROSE, J. D.; DROST, M.; MONSON, R. L.; RUTLEDGE, J. J.; LEIBFRIED-RUTLEDGE, M. L.; THATCHER, M. J.; KASSA, T.; BINELLI, M.; HANSEN, P. J.; CHENOWETH, P. J.; THATCHER, W. W. Efficacy of Timed Embryo Transfer with Fresh and Frozen In Vitro Produced Embryos to Increase Pregnancy Rates in Heat-Stressed Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, p. 2369–2376, 1999. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75487-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75487-1). Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10575603>. Acesso em: 5 Fev. 2019.
- AMUNDSON, J. L.; MADER, T. L.; RASBY, R. J.; HU, Q. S. Environmental effects on pregnancy rate in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 3415-3420, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2005-611>

AKYUZ, A.; BOYACO, S.; CAYLI, A. Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, [s.l.], v. 13, p. 1824–1827, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.1824.1827>.

AL-KATANANI, Y. M.; PAULA-LOPES, F. F.; HANSEN, P. J. Effect of season and exposure to heat stress on oocyte competence in Holstein cows. **Journal Dairy of Science**, v. 85, p. 390–396, 2002. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74086-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74086-1).

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras ½, ¾ e 7/8 Holandês-Zebu e lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v34n6/27254.pdf>. Acesso em: 8 Nov. 2019.

BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001. 141 p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.ed. Viçosa: UFV, 269p. 2010.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. B. Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. **Journal of Dairy Science**, v. 90 (4), p. 1947 – 1956, 2007. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>.

BERMAN, A.; HOROVITZ, T.; KAIM, M.; GACITUA H. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n. 10, p. 1453-1462, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>

BIANCA, W. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. **Nature**, v. 195 (4838), p. 251–252, 1962. DOI: <https://doi.org/10.1038/195251a0>.

BIANCHINI, E.; MCMANUS, C.; LUCCI, C. M.; FERNANDES, M. C. B.; PRESCOTT, E.; MARIANTE, A. DA S.; EGITO, A. A. DO. Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1443–1448, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000900014>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2006000900014&lng=en&nrm=iso&tlang=pt. Acesso em: Out. 2019.

BLOCK, J.; CHASE, C. C. Jr.; HANSEN, P. J. Inheritance of resistance of bovine preimplantation embryos to heat shock: Relative importance of the maternal versus paternal contribution. **Molecular Reproduction and Development**, New York, v.63, p. 32–37, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1002/mrd.10160>.

BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 47, p. 1- 9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbz4720160414>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982018000100205. Acesso em: 20 Dez. 2018.

BUFFINGTON, D. E.; COLASSO-AROCCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24 (3), p. 711-714, 1981. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.34325>.

BURDICK, N. C.; CARROLL, J. A.; DAILEY, J. W.; RANDEL, R. D.; FALKENBERG, S. M.; SCHMIDT, T. B. Development of a self-contained, indwelling vaginal temperature probe for use in cattle research. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 37, p. 339–343, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2011.10.007> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456511001458>. Acesso em: 5 Fev. 2019.

CHEBEL, R. C.; SANTOS, J. E. P.; REYNOLDS, P. P.; CERRI, R. L.; JUCHEM, S. O.; OVERTON, M. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 84, p. 239-255, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.012>.

CHINCHILLA-VARGAS, J.; JAHNKE, M. M.; DOHLMAN, T. M.; ROTHSCHILD, M. F.; GUNN, P. J. Climatic factors affecting quantity and quality grade of *in vivo* produced bovine embryos. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 192, p. 53-60, 2018. DOI: https://doi.org/10.31274/ans_air-180814-406. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29496342>. Acesso em: 20 Fev. 2019.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. Equação de condução de calor. In: _____. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 4 ed. Porto Alegre: AMGH, 2012, p.63-115.

COLLIER, R. J; COLLIER, J. L. **Environmental Physiology of Livestock**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119949091>.

COLLIER, R. J; GEBREMEDHIN, K. G. Thermal biology of domestic animals. **Annual Review of Animal Bioscience**, [s.l.], v.3, p.513–532, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659>.

COSTA E SILVA, E. V.; KATAYAMA, K. A.; MACEDO, G. G.; RUEDA, P. M.; ABREU, U. G. P.; ZÚCCARI, C. E. S. N. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões, **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 280-291, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5216/cab.v11i2.3166>.

CRUZ, L. V.; ANGRIMANI, D. S. R.; RUI, B. R.; SILVA, M. A. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, n. 16, p. 1-18, 2011. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/site/e/medicina-veterinaria-16-edicao-janeiro-de-2011.html#tab946>. Acesso em: 20 Fev. 2019.

DA SILVA, R. G.; LA SCALA JR, N.; TONHATI, H. Radiative properties of the skin and haircoat of cattle and other animals. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 46, p. 913 – 918, 2003. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.13567>

DAS, R.; SAILO, L.; VERMA, N.; BHARTI, P.; SAIKIA, J. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. **Veterinary World**, [s.l.], v. 9, p. 260-268, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4823286/>. Acesso em: 11 Jan. 2019.

DEB, R.; SAJJANAR, B.; SINGH, U.; KUMAR, S.; SINGH, R.; SENGAR, G.; SHARMA, A. Effect of heat stress on the expression profile of Hsp90 among Sahiwal (*Bos indicus*) and Frieswal (*Bos indicus* × *Bos taurus*) breed of cattle: a comparative study. **Gene**, Amsterdam, v. 536, p. 435–440, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2013.11.086>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24333856>. Acesso em: 6 Fev. 2019.

DE MELO COSTA, C.C., CAMPOS MAIA, A.S., TAVARES NASCIMENTO, S., NAGIB NASCIMENTO, C.C., CHIQUITELLI NETO, M., DE FRANÇA CARVALHO FONSECA, V. Thermal balance of Nellore cattle. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 62(5), p. 723–731, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1349-6>.

DE MELO COSTA, C.C., CAMPOS MAIA, A.S., BROWN-BRANDL, T.M., CHIQUITELLI NETO, M., DE FRANÇA CARVALHO FONSECA, V. 2018. Thermal equilibrium of Nellore cattle in tropical conditions: an investigation of circadian pattern. **Journal Thermal of. Biology**, Oxford, v. 74, p. 317–324, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.014>.

DE RENSI, F.; GARCIA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. **Theriogenology**, Stoneham, v. 84, p. 659–666, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.021>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26025242>. Acesso em: 2 Fev. 2019.

DUFF, G. C.; M. L. GALYEAN. Board-invited review: recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 823–840, mar. 2007. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2006-501>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17085724>. Acesso em: 20 Jun 2019.

EIGENBERG, R.A.; BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A. HAHN, G. Dynamic response of feedlot cattle to shade and no-shade. In: MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 2002, St Joseph. **Proceedings...** St Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2002. Paper no. 024050.

EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T.M. Development of a livestock safety monitor for cattle. In: MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 2003, St Joseph. **Proceedings...** St Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2003. Paper no. 032338. <https://doi.org/10.13031/2013.13837>

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, SG.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M.; FACURY FILHO, E. J.; CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, p.732–738, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352006000500005>. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352006000500005&lng=en&nrm=iso&tlang=pt. Acesso em: 3 Mar 2019.

GARCÍA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F.; BECH-SABAT, G.; SANTOLARIA, P.; YÁNIZ, J. L.; NOGAREDA, C.; DE RENSIS, F.; LÓPEZ-BÉJAR, M. Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in northeastern Spain.

Theriogenology, Stoneham, v. 67, p. 1379–1385, 2007. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.02.009>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17412409>. Acesso em: 5 Fev. 2019.

GAUGHAN, J. B.; TAIT, L. A.; EIGENBERG, R.; BRYDEN, W. L. Effect of shade on respiration rate and rectal temperature of angus heifers. **Animal Production in Australia**, [s.l.], v.25, p.69–72, 2002.

GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S. M.; LISLE, A. A new heat load index for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n.1, p. 226–234, 2008. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305>.

GEBREMEDHIN, K. G.; LEE, C. N.; HILLMAN, P. E.; COLLIER, R. J. Physiological responses of dairy cows during extended solar exposure. **Transactions of the ASABE**, St Joseph, v.53 (1), p. 239-247, 2010. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.29499>. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/271427642_Physiological_Responses_of_Dairy_Cows_during_Extended_Solar_Exposure. Acesso em: 10 Maio 2019.

HANSEN, P. J. Embryonic mortality in cattle from the embryo's perspective. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.80, p. E33-E44., 2002. DOI: https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E33x

HANSEN, P. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 82-83, p. 349-360, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>.

HANSEN, P. J. Effects of heat stress on mammalian reproduction. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 364, p. 3341–3350, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0131>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2781849/>. Acesso em: 9 Mar. 2019.

HOOPER, H. B.; TITTO, C. G.; GONELLA-DIAZA, A. M.; HENRIQUE, F. L.; PULIDO-RODRÍGUEZ, L. F.; LONGO, A. L. S.; LEME-DOS-SANTOS, T. M. C.; GERALDO, A. C. A. P. M.; PEREIRA, A. M. F.; BINELLI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; TITTO, E. A. L. Heat loss efficiency and HSPs gene expression of Nellore cows in tropical climate conditions. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, p. 1-12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1576-5>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30116935>. Acesso em: 16 Dez. 2018.

INCROPERA, F. P.; DE WITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**, 6. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2008.

INDU, S.; PAREEK, A. A Review: Growth and Physiological Adaptability of Sheep to Heat Stress under Semi-Arid Environment. **International Journal of Emerging Trends in**

Science and Technology, Madhya Pradesh, v. 2, p. 3188-3198, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18535/ijest/v2i9.09>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282073423_A_Review_Growth_and_Physiological_Adaptability_of_Sheep_to_Heat_Stress_under_Semi-Arid_Environment. Acesso em: 20 Dez. 2018.

KADZERE, C. T., MURPHY, M. R., SILANIKOVE, N., MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 77, p. 59-91, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)

KAHWAGE, P. R.; ESTEVES, S. N.; JACINTO, M. A. C.; BARIONI JUNIOR, W.; PEZZOPANE, J. R. M.; PANTOJA, M. H. A.; BOSI, C.; MIGUEL, M. C. V.; MAHLMEISTER, K.; GARCIA, A. R. High systemic and testicular thermolytic efficiency during heat tolerance test reflects better semen quality in rams of tropical breeds.

International Journal of Biometeorology, Lisse, v. 61, p.1819–1829, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1367-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00484-017-1367-4>. Acesso em: 10 Jan. 2019.

KRININGER III, C. E.; BLOCK, J.; AL-KATANANI, Y. M.; RIVERA, R. M.; CHASE JR, C. C.; HANSEN, P. J. Differences between Brahman and Holstein cows in response to estrus synchronization, superovulation and resistance of embryos to heat shock. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 78, p. 13-24, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00045-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00045-9).

KOLTES, J. E.; KOLTES, D. A.; MOTE, B. E.; TUCKER, J.; HUBBELL, D. S. Automated collection of heat stress data in livestock: new technologies and opportunities. **Translational Animal Science**, Oxford, v. 2, p.319–323, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/tas/txy061> Disponível em: <https://academic.oup.com/tas/article/2/3/319/4999824>. Acesso em: 10 Jan. 2019.

MACEDO, G. G.; COSTA E SILVA, E. V.; MARTINS, L. F.; PINHO, R. O.; MONTEIRO, B. M. Estresse por calor: alterações na fisiologia reprodutiva e estratégias para amenizar seus efeitos negativos na fertilidade de fêmeas bovinas. **Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 16, n. 1, p. 79-85, 2013. Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/4487/2712>. Acesso em: 20 Dez. 2019.

MADER, T. L.; DAVIS, M.; BROWN-BRANDL, T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 712-719, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16478964>. Acesso em: 15 Dez. 2018.

MADER, T. L.; JOHNSON, L. J.; GAUGHAN, J. B. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 6, p.2153-2165, 2010. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2586>.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latent heat loss form the body surface of Holstein cow in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 50, p. 17-22, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-005-0267-1>.

MARTELLO, L. S; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. DA L.; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, p.181-191, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000100022>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982004000100022&lng=en&nrm=iso&tlang=pt. Acesso em: 5 Dez. 2019.

MCMANUS, C.; PALUDO, G. R.; LOUVANDINI, H.; GARCIA, J. A. S.; EGITO, A. A.; MARIANTE, A. S. Heat tolerance in naturalised cattle in Brazil: physical factors. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 54, p.453–458, 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178082/1/ID-27810-1.pdf> Acesso em: 16 Ago. 2019.

MOSELEY, P. L. Invited review: heat shock proteins and heat adaptation of the whole organism. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 83, p. 1413–1417, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1997.83.5.1413>. Disponível em: https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappl.1997.83.5.1413?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub%3Dpubmed&. Acesso em: 15 Dez. 2018.

MORAN, D.S.; PANDOLF, K.B.; SHAPIRO, Y.; Y., HELED; Y., SHANI; Y., MATHEW; W. T.; GONZALEZ, R. R. An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v.26, n. 4, p.427-431, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(01\)00055-9](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(01)00055-9)

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A guide to environmental research on animals**. Washington: National Academic Science. 361p. 1971.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, Suwon, v. 130, p. 57–69, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>

PAULA-LOPES, F. F.; LIMA, R. S.; SATRAPA, R. A.; BARROS, C. M. Physiology and endocrinology symposium: Influence of cattle genotype (*Bos indicus* vs. *Bos taurus*) on oocyte and preimplantation embryo resistance to increased temperature, **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 1143-1153, 2013. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5802>

PAULO, J. L. A.; LOPES, F. A. Daily activity patterns of Saanen goats in the semi-arid northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.43, p. 464–470, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000900002>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982014000900464. Acesso em: 10 Nov. 2019.

PIRES, M. F. A. Manejo nutricional para evitar o estresse calórico. In: EMBRAPA GADO DE LEITE. **EMBRAPA**. Juiz de Fora, 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65427/1/COT-53-Consideracoes-sobre-o.pdf>. Acesso em: 4 Ago. 2019.

ROBINSON, E. N. Termorregulação. In: Cunningham J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. p. 559–568.

RASHAMOL, V. P.; SEJIAN, V.; BAGATH, M.; KRISHNAN, G.; ARCHANA, P. R.; BHATTA, R. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. **Journal of Animal Behavior Biometereology**, [s.l.], v. 6: 62-71, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v6n3p62-71>

ROCHA, D. R. **Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus x Bos indicus*) criadas em clima tropical quente e úmido no estado do Ceará**. 2008. 67f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Fortaleza, 2008. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/14691>. Acesso em: 6 Jan. 2020.

ROCHA, D. R.; SALLES, M. G. F; MOURA, A. A. A. N.; ARAÚJO, A. A. Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 36, p.18-24, 2012.

SAKATANI, M.; BALBOULA, A. Z; YAMANAKA, K.; TAKAHASHI, M. Effect of summer heat environment on body temperature, estrous cycles and blood antioxidant levels in Japanese Black cow. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 83, p. 394-402, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2011.00967.x>

SHENHE, L.; LI JUN, L.; ZIPENG, L.; TINGXIAN, D.; REHMAN, Z. U.; ZHOU ZICHAO, Z.; LIGUO, Y. Effect of season and breed on physiological and blood parameters in buffaloes. **Journal of Dairy Research**, Cambridge, v. 85, p. 181–184, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029918000286>.

SEJIAN, V.; MAURYA, V. P.; NAQVI, S. M. Adaptability and growth of Malpura ewes subjected to thermal and nutritional stress. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 42, p.1763-1770, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9633-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11250-010-9633-z>. Acesso em: 6 Jan. 2019.

SHAJI, S.; SEIJAN, V.; BAGATH, M.; MECH, A.; DAVID, I.C. G.; KURIEN, E. K.; VARMA, G.; BHATTA, R. Adaptive capability as indicated by behavioral and physiological responses, plasma HSP70 level and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v.60, p.1311-1323, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1124-5>.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 67, p.1-18, 2000.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n.4, p.1192-1198, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000500028>.

SILVA, R.G. **Biofísica ambiental.** Os animais e seu ambiente. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2008, 393p.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; COSTA, L. L. M. Index of thermal stress for cows (ITSC) under high solar radiation in tropical environments. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 59, n. 5, p. 551-559, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0868-7>.

SILVA, T. P. D.; OLIVEIRA, R. G.; JÚNIOR, S. C. S.; SANTOS, K. R. Efeitos da exposição à radiação solar sobre os parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês x Gir) no sul do estado do Piauí. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, p. 299 – 305, 2012.

SOUTO, P. L. G. **Relações entre características adaptativas, qualidade espermática e perfil proteico do plasma seminal de touros adaptados à região subtropical.** 2018. 113 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 3, p. 6–10, 2012. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/174>. Acesso em: 10 Dez. 2019.

THOM E.C. 1959. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959. DOI: <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>

VALENTE, É. E.; CHIZZOTTI, M. L.; DE OLIVEIRA, C. V.; GALVÃO, M. C.; DOMINGUES, S. S.; DE CASTRO RODRIGUES, A.; LADEIRA, M. M. Intake, physiological parameters and behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 16, p. 4565-4574, 2015. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/21028/17575>. Acesso em: 10 Dez. 2019.

VILLA-MANCERA, A.; MENDEZ-MENDOZA, M.; HUERTA-CRISP, R.; VAZQUEZ-FLORES, F.; CORDOVA-IZQUIERDO, A. Effect of climate factors on conception rate of lactating dairy cows in Mexico. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 43, n. 3, p. 597– 601, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9737-5>.

ZERON, Y.; OCHERETNY, A.; KEDAR, O.; BOROCHOV, A; SKLAN, D.; ARAV, A. Seasonal changes in bovine fertility: relation to developmental competence of oocytes, membrane properties and fatty acid composition of follicles. **Reproduction**, v.121, p.447-454, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1530/rep.0.1210447>.

WANG, X.; BJERG, B. S.; CHOI, C. Y.; ZONG, C.; ZHANG, G. A review and quantitative assessment of cattle related thermal indices. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 77, p. 24-37, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.005>.

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock.** CRC Press: Florida, 159p. 1985.

CAPÍTULO 2

(Artigo publicado na Revista Acta Scientiae Veterinariae, v. 47, p. 1-8, 2019)

DOI: 10.22456/1679-9216.93605

Índices de Estresse Térmico para Touros Jovens Nelore criados em Ambiente Tropical

Thermal Stress Indices in Young Nellore Bulls Raised in Tropical Environments

Andressa Alves Storti¹, Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento², Carina Ubirajara de Faria² & Natascha Almeida Marques da Silva²

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, ²Faculdade de Medicina Veterinária (FAMEV), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, Brazil.

Correspondence: A.A. Storti [andressastorti_vet@hotmail.com - Tel.: +55 (34) 2512-6811].

¹Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Rodovia BR050 – Km 78 – Campus Glória, CEP. 38410-337, Uberlândia MG, Brazil.

ABSTRACT

Background: Thermal stress indices are important in predicting and choosing means for mitigating heat stress and defining critical environmental conditions for animal welfare and performance. The aim of this study was to determine the association between 16 thermal stress indices and thermophysiological variables in young Nellore bulls raised in a tropical pasture to determine the most effective parameter of heat stress to assist in the management of the thermal environment and animal welfare.

Materials, Methods & Results: Seventy-eight young Nellore bulls (*Bos taurus indicus*), with a mean age of 10.5 months and mean body weight of 242.09 ± 32.17 kg at first collection, and 17.92 months and body weight 335.80 ± 39.02 kg at last collection, were used. During the experimental period, rectal temperature (RT) and surface temperature at the forehead, scapula, and groin, from which the average surface temperature (AST) was calculated, were measured. The difference between the AST and air temperature (i.e., AST – AT) and between the RT and AST (i.e., RT – AST) defined the thermal gradient. For the evaluation of thermal

environment, the dry bulb, wet bulb, and globe temperatures, and wind speed were measured. Relative humidity, mean radiant temperature, solar radiation, temperature humidity index (THI), black global temperature humidity index (BGHI), equivalent temperature index (ETI), environmental stress index (ESI), respiratory rate predictor (PRR), heat load index (HLI), comprehensive climate index (CCI), and index of thermal stress for cows (ITSC) were calculated. The average and maximum air temperatures were above thermal comfort levels, while the average relative humidity was within the ideal limit for cattle. The average globe temperature was higher than the air temperature. Solar radiation presented very high values and wind speeds were very low. RT indicated normothermia in the cattle, and AST and thermal gradient (i.e., AST – AT) indicated thermal comfort. The 16 thermal stress indices demonstrated a significant positive and moderate correlation with AST, but were not significantly correlated with RT.

Discussion: The average (28.14°C) and maximum (31.90°C) air temperatures indicated discomfort, since the ideal temperature for cattle is $\leq 27^{\circ}\text{C}$. The high thermal load of this region can contribute to poor animal welfare, thus requiring the provision of natural or artificial shade for pasture farming. The cattle in this study were in thermal equilibrium given that they maintained RT within the normal range, and the maximum limit was higher. If RT is maintained within physiological limits, the mechanisms of thermoregulation are able to eliminate excess heat (i.e., thermolysis is equivalent to thermogenesis). The AST was 5.4°C below the RT. It is important to note that deep body temperature (i.e., RT) is more stable than the surface body temperature, which is influenced by ambient temperature. Considering that there was no correlation between thermal stress indices and RT, and that the cattle were able to maintain RT within physiological limits, the Nellore bulls in this study were adapted to the environment. The thermal stress indices evaluated in this study adequately reflected heat stress in young Nellore bulls raised in pastures in a tropical environment. Surface temperature

was the physiological parameter that responded most significantly to environmental conditions.

Keywords: bovine, body surface temperature, beef cattle, thermal index.

Descritores: bovino, temperatura superficial corporal, gado de corte, índice térmico.

INTRODUÇÃO

Os índices de estresse térmico predizem os efeitos biológicos da temperatura do ar elevada e seu consequente impacto [19], auxiliam na escolha dos meios de mitigação dos seus efeitos deletérios e determinam os períodos que essas medidas devem ser implementadas [3]. Portanto, é necessário um índice para definir condições ambientais críticas para o bem-estar e desempenho animal [3].

O índice mais utilizado é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Das suas várias equações existentes a mais recente é a do ITU-calor sensível, considerado como um indicador preciso para várias condições meteorológicas [3]. Além deste, existem outros índices que consideram a radiação solar e a velocidade do vento, como o Índice Climático Compreensivo (ICC) [23] e o Índice de Carga Térmica (ICT) [18].

Bovinos da raça Nelore (*Bos taurus indicus*), importados da Índia para o Brasil [11], desenvolveram características adaptativas ao ambiente natural e aos sistemas de produção específicos [10].

A adaptabilidade fisiológica foi considerada a principal resposta dos animais sob estresse térmico para auxiliar na homeotermia [30]. Dois indicadores para avaliar o estresse por calor são as temperaturas retal [41] e de superfície [29].

Assim, objetivou-se determinar a associação entre dezesseis índices de estresse térmico com as variáveis termofisiológicas de touros jovens da raça Nelore criados a pasto em ambiente tropical, com a finalidade de indicar o mais adequado em expressar o efeito do

estresse por calor e auxiliar o produtor no gerenciamento do ambiente térmico e do bem-estar animal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local

O estudo foi realizado na fazenda experimental Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Situada na latitude 18° 56' 38" Sul, longitude 48° 18' 39" oeste e altitude média de 865 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é Aw (Clima tropical, com inverno seco). Nesta região o mês com maior média de precipitação é dezembro (318,9 mm) depois é janeiro (311,6 mm) e os menores são junho e agosto (15,3 mm) e julho (8,7 mm) [32]. Este estudo ocorreu de agosto a dezembro de 2015 e fevereiro e abril de 2016.

Animais

Foram utilizados 78 touros jovens da raça Nelore (*Bos taurus indicus*), participantes da V Prova de Desempenho Individual de Touros Nelore, UFU. Os animais eram provenientes de propriedades localizadas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Mato Grosso, registrados pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ), na categoria puro de origem (PO). A idade média na primeira coleta foi de 10,5 meses, com massa corporal de $242,09 \pm 32,17$ kg e a idade na última coleta foi de 17,92 meses e massa corporal de $335,80 \pm 39,02$ kg. Durante a prova foram mantidos em uma área de 16 hectares, constituída de pastagens de *Urochloa sp* syn. Brachiaria, recebendo suplementação mineral e água *ad libitum*.

Avaliação das variáveis termofisiológicas

A temperatura retal (TR) foi medida com o auxílio de um termômetro clínico digital¹ (com escala até 44 °C), o qual permaneceu na mucosa do reto por dois minutos, na

profundidade de 5 cm. A temperatura de superfície foi medida com o termômetro de infravermelho digital portátil e emissividade de 0,95 (DT 8530)², a uma distância de 5 cm do animal, na frente, na escápula e na virilha, em seguida foi calculada a temperatura de superfície média (TSM) [16]. Calculou-se ainda, a diferença entre a temperatura de superfície média e a do ar (TSM-TA) e a diferença entre a temperatura retal e a de superfície média (TR - TSM), constituindo os gradientes térmicos.

Avaliação das variáveis do ambiente térmico

As temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido e de globo negro foram medidas pelo termômetro de globo IBUTG (TGM-200)³ (na sombra) e a velocidade do vento pelo anemômetro⁴ (AD-250). A umidade relativa e a pressão parcial de vapor foram calculadas de acordo com Silva [31]. Em seguida calculou-se a temperatura radiante média [33] e a radiação solar [35].

Nove Índices de Temperatura e Umidade, Índice de Globo Negro e Umidade (IGNU), Índice de Temperatura Equivalente (ITE), Índice de Estresse Ambiental (IEA), Índice de Frequência Respiratória (IFR), Índice de Carga Térmica, Índice Climático Compreensivo e o Índice de Estresse Térmico para vacas foram (IETV) calculados (Tabela 1).

Análise estatística

As correlações estatísticas foram feitas no programa SAEG versão 9.1. Como os dados não atenderam os pressupostos de normalidade (teste de Lilliefors), então, foi feita a análise de correlação não-paramétrica de Spearman entre as variáveis termofisiológicas e os Índices de estresse térmico. Considerou-se significância de 5%.

RESULTADOS

As temperaturas do ar média e máxima estiveram acima do conforto térmico, já a umidade relativa média esteve dentro do limite ideal para bovinos (Tabela 2). A temperatura

média do globo negro esteve acima da temperatura do ar. A temperatura radiante média, ao ser convertida para graus Celsius, apresentou um valor de 30,41 °C, superior a temperatura do ar. A radiação solar apresentou valores muito altos, enquanto que a velocidade do vento muito baixos.

Os valores médios da temperatura retal indicaram normotermia para bovinos. A diferença entre as temperaturas retal média e de superfície média foi de 5,40 °C (Tabela 2). A temperatura de superfície média e o gradiente térmico ($T_{SM} - T_a$) indicaram situação de conforto térmico.

Os dezesseis índices de estresse térmico apresentaram correlação significativa, positiva e moderada com a temperatura superficial média, e não significativa com a temperatura retal (Tabelas 3 e 4).

DISCUSSÃO

Um importante desafio que a humanidade enfrenta neste século é a mudança climática, que é definida como o desequilíbrio da temperatura, vento e chuva de uma região específica a longo prazo [4]. O ambiente térmico desfavorável pode influenciar negativamente o bem-estar e o desempenho produtivo dos bovinos.

Em clima temperado o desconforto térmico ocorre principalmente no verão, já em ambiente tropical, todos os meses do ano é caracterizado por elevadas temperaturas e intensa radiação solar. Esta condição quente e carga térmica elevada podem comprometer a dissipação de calor, e muitas vezes, poderá ocorrer ganho de energia por radiação, e portanto, comprometer o equilíbrio térmico.

As temperaturas do ar média (28,14 °C) e máxima (31,90 °C) indicaram situação de desconforto, pois conforme Cardoso *et al.* [8] para bovinos o conforto térmico é até 27 °C. No entanto, é preciso mais estudos para determinar a temperatura crítica superior para bovinos da raça Nelore, que são bem adaptados ao ambiente quente. Dessa forma, é necessário destacar

que estes bovinos sob temperatura do ar média de 27 °C provavelmente mantém o equilíbrio térmico sem mudanças na produção de calor metabólico ou ativação da dissipação de calor evaporativo. Por outro lado, em ambiente tropical a carga térmica elevada pode contribuir para o pior bem-estar animal, necessitando assim, para a criação a pasto, prover sombras naturais ou artificiais, e para animais confinados em piquetes, além da sombra, escolher materiais construtivos mais adequados, ou até mesmo verificar a necessidade de se usar algum tipo de sistema de resfriamento. A umidade relativa se manteve dentro da faixa ideal que se situa entre 50 e 70% [2].

Mesmo estando na sombra o termômetro de globo registrou valores superiores à temperatura do ar, mostrando a ação da radiação indireta. Portanto, demonstra que os animais neste ambiente podem ganhar energia por este mecanismo. A radiação solar média esteve acima de 800 W.m^{-2} , considerada alta [21], o que pode ter contribuído para um valor maior da temperatura radiante média. A radiação solar é o fator que mais interfere na criação de bovinos, principalmente em regiões tropicais, pois ela amplifica os efeitos negativos de ambientes com altas temperaturas [34].

A velocidade do vento é um dos fatores que auxilia na dissipação de calor corporal para o ambiente [28]. Além disso, facilita a termólise convectiva e ameniza a sensação de calor imposta por temperatura ambiente elevada [15], ou seja, melhora a sensação térmica.

Os bovinos neste estudo estavam em equilíbrio térmico uma vez que, mantiveram a temperatura média retal dentro da faixa de normalidade [17,23], já o valor máximo esteve acima. Se a temperatura retal se mantém no padrão fisiológico, isso significa que os mecanismos de termorregulação são capazes de eliminar o excesso de calor, ou seja a termólise foi equivalente a termogênese [9].

A principal fonte de calor endógeno em bovinos é pelos processos metabólicos, que somado ao térmico (radiação solar) e mecânico (exercício físico) geram o estoque total de

energia. Apesar da radiação solar ter sido elevada, os animais se mostraram bem adaptados ao ambiente de criação. Uma das adaptações importantes do gado Nelore é a superfície cutânea com pelo branco, curto e denso, coberta com pele altamente pigmentada [12]. O pelame branco reflete a radiação infravermelha que é calorífica favorecendo o equilíbrio térmico, uma vez que reduz o calor ganho do ambiente e a pele pigmentada retém a radiação ultravioleta, que em excesso pode ser cancerígena.

Neste estudo a temperatura de superfície média foi 5,4 °C abaixo da temperatura retal. A menor temperatura da superfície em comparação a retal indica que existe um fluxo de energia do interior do corpo para a superfície auxiliando na perda de calor sensível. É importante destacar que a temperatura corporal profunda, ou seja, a temperatura retal, é mais estável que a temperatura corporal superficial que sofre influência da temperatura ambiente.

A diferença entre a temperatura superficial média e temperatura do ar foi de 5,66 °C, e indica maior dissipação de calor para o ambiente uma vez que quanto maior for este gradiente térmico, maior é a perda de calor por convecção [37]. Assim, a eficiência da perda de calor sensível aumenta à medida em que a temperatura ambiente diminui, isso ocorre em função do maior gradiente entre a temperatura do ar e a superfície do animal [36]. A temperatura corporal superficial é influenciada pela temperatura ambiente e é menos estável que a temperatura corporal profunda, como a temperatura retal.

Os bovinos estão expostos a diversos elementos do ambiente térmico, tais como, temperatura, umidade, radiação solar, vento e precipitação [6]. Como forma de avaliar quantitativamente o estresse térmico imposto aos animais, muitos índices térmicos relacionados foram desenvolvidos, e todos se mostraram capazes de avaliar de forma aceitável os níveis de estresse térmico [39]. Os diferentes índices de estresse térmico combinam distintos fatores ambientais [6], entretanto seu uso é limitado pela pobre disponibilidade de dados meteorológicos. Além disso, diferenças entre raças de bovinos, métodos de pesquisa e

de ênfases na investigação (para não mencionar o tipo de clima) frequentemente levarão a resultados diferentes, dependendo de qual índice específico é aplicado [42]. A temperatura ambiente é representada de forma uniforme em todas as equações dos Índices de Temperatura e Umidade, porém a representação da umidade varia entre as diferentes expressões [3], algumas utilizam a temperatura do ponto de orvalho, outras a umidade relativa ou a temperatura de bulbo úmido. O conteúdo de vapor de água é importante porque tem um impacto sobre a taxa de perda evaporativa através da pele e pulmões [6]. Sob ambiente quente, a quantidade de vapor de água no ar se torna um elemento importante na manutenção da homeotermia [6] uma vez que dificulta o mecanismo por evaporação quando sob elevada temperatura combinado com alta umidade do ar.

Muitos estudos sobre os efeitos do estresse por calor sobre a produção e reprodução dos bovinos dão ênfase principalmente na temperatura e umidade do ar [6]. Isto ocorre porque dados de radiação térmica, por exemplo, muitas vezes não estão disponíveis publicamente [6]. Por outro lado, dados de temperatura e umidade do ar podem ser facilmente medidos na fazenda ou obtidos em estações meteorológicas.

Ao considerar que não houve correlação entre os índices de estresse térmico com a temperatura retal, e ainda considerando que os bovinos foram capazes de manter sua temperatura retal dentro dos limites fisiológicos, os touros Nelore neste estudo mostraram-se adaptados ao ambiente. Outros estudos, no entanto, verificaram que com o aumento do Índice de Temperatura e Umidade há um aumento na temperatura retal [9,33] e que esse aumento indica a incapacidade do animal em manter a temperatura corporal durante o estresse térmico [24].

No presente estudo, as condições ambientais como por exemplo velocidade do vento mais baixa e alta incidência de radiação solar podem ter contribuido para uma maior correlação entre os índices ambientais e a temperatura de superfície. Além disso, como a pele

é a interface entre o ambiente e os tecidos do corpo, sua temperatura reflete muito a do ambiente. Ao contrário da temperatura retal, que permanece razoavelmente constante, a temperatura da pele varia em grande escala e muda em resposta ao ambiente térmico [20].

Em bovinos uma resposta fisiológica que ocorre sob estresse por calor é o aumento da temperatura de superfície. Isto acontece com a finalidade de ajustes circulatórios que permitem a circulação do fluxo sanguíneo em vasos periféricos do corpo e assim a troca de calor entre o animal e o ambiente aumenta [26].

CONCLUSÃO

Os Índices de estresse térmico avaliados são adequados em expressar o estresse por calor em touros jovens Nelore criados a pasto em ambiente tropical e a temperatura de superfície foi o parâmetro fisiológico que respondeu sensivelmente às condições do ambiente.

MANUFACTURERS

¹ Inconterm Indústria de Termômetros Ltda, São Paulo, SP, Brasil.

² Instrutemp Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, SP, Brasil

³ Homis do Brasil Equipamentos Industriais Ltda, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, SP, Brasil.

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

Ethical approval. Esta pesquisa foi realizada após avaliação e aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Uberlândia, com protocolo n° 125/2015.

Declaration of interest. The authors report no conflicts of interest. The authors alone are

responsible for the content and writing of the paper.

REFERENCES

- 1 Baeta F.C., Meador N.F., Shanklin M.D. & Johnson H.D. 1987.** Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating cows. In: *Proceedings of the Meeting of the American Society of Agricultural Engineers* (Baltimore, U.S.A.). p.21.
- 2 Baêta F.C. & Souza C.F. 2010.** *Ambiência em edificações rurais: Conforto animal*. 2.ed. Viçosa: UFV, 269p.
- 3 Berman A., Horovitz T., Kaim M. & Gacitua H.A. 2016.** Comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. *International Journal of Biometeorology*. 60 (10): 1453-1462.
- 4 Bertocchi L., Vitali A., Lacetera N., Nardone A., G. Varisco G. & Bernabucci U. 2014.** Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature-humidity index relationship. *Animal*. 8(4): 667 -674.
- 5 Bianca W. 1962.** Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. *Nature*. 195 (4838): 251–252.
- 6 Bohmanova J., Misztal I. & Cole J.B. 2007.** Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *Journal of Dairy Science*. 90 (4): 1947 – 1956.
- 7 Buffington D.E., Collasso-aroch A., Canton G.H., Pitt D., Thatcher W.W. & Collier R.J. 1981.** Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*. 24 (3): 711-714.
- 8 Cardoso C.C., Peripolli V., Amador S.A., Brandão E.G., Esteves G.I.F., Sousa C.M.Z., França M.F.M.S., Gonçalves F.G., Barbosa F.A., Montalvão T.C., Martins C.F., Fonseca Neto A.M. & McManus C. 2015.** Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. *Livestock Science*. 182: 83-92.
- 9 Costa A.N.L., Feitosa J.V., Montezuma P.A., Souza P. T. & Araújo A. A. 2015.** Rectal

temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress northeastern Brazil. *International Journal in of Biometeorology*. 59 (11): 1647-1653.

10 Costa C.C.M., Maia A.S.C., Brown-Brandl T.M., Neto M.C., Fonsêca V.F.C. 2018. Thermal equilibrium of Nellore cattle in tropical conditions: an investigation of circadian pattern. *Journal of Thermal Biology*. 74: 317-324.

11 Costa C.C.M., Maia A.S.C., Nascimento S.T., Nascimento C.C.N., Chiquitelli Neto M. & Fonsêca V.F.C. 2017. Thermal balance of Nellore cattle. *International Journal of Biometeorology*. 62(5): 723-731.

12 Da Silva R.G. & Maia A.S.C. 2013. The Environment. In: *Principles of animal biometeorology*. Springer: New York, pp. 1-37.

13 Eigenberg R.A., Brown-brandl T.M., Nienaber J.A. & Hahn G.L. 2002. Dynamic response of feedlot cattle to shade and no-shade. In: *Proceedings of the Meeting of the American Society of Agricultural Engineers* (Baltimore, U.S.A.). Paper no. 024050.

14 Eigenberg R.A., Nienaber J.A. & Brown-brandl T.M. 2003. Development of a livestock safety monitor for cattle. In: *Proceedings of the Meeting of the American Society of Agricultural Engineers* (Baltimore, U.S.A.). Paper no. 032338.

15 Façanha D.A.E., Da Silva R.G., Maia A.S.C., Guilhermino M.M. & Vasconcelos A.M. 2010. Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38 (4): 837-844.

16 Ferreira F., Pires M.F.A., Martinez M.L., Coelho S.G., Carvalho A.U., Ferreira P.M., Facury Filho E.J., & Campos W.E. 2006. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 58(5): 732-738.

- 17 Gaughan J., Goopy J. & Spark J. 2002.** Excessive heat load index for feedlot cattle. In: *Meat and Livestock-Australia Project Report, Flot 316*. (Sydney, N.S.W.). pp. 1-33.
- 18 Gaughan J.B., Mader T.L., Holt S.M. & Lisle A. 2008.** A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 86 (1): 226-234.
- 19 Hahn G.L., Gaughan J.B., Mader T.L. & Eigenberg R.A. 2009.** Thermal indices and their applications for livestock environments. In: DeShazer J.A. (Ed). *Livestock energetics and thermal environmental management*. ASBE: American Society of Agricultural and Biological Engineers, pp. 113–130.
- 20 Li S., Gebremedhin K.G., Lee C.N. & Collier R.J. 2009.** Evaluation of Thermal Stress Indices for Cattle. In: American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting (Reno, USA). pp. 2283-2302.
- 21 Maia A.S.C., Silva R.G., Nascimento S.T., Nascimento C.C.N., Pedroza H.P. & Domingos H.G.T. 2015.** Thermoregulatory responses of goats in hot environments. *International Journal of Biometeorology*. 59 (8): 1025-1033.
- 22 Mader T.L., Davis M.S. & Brown-Brandl T. 2006.** Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84 (3): 712-719.
- 23 Mader T.L., Johnson L.J. & Gaughan J.B. 2010.** A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. *Journal of Animal Science*. 88 (6): 2153-2165.
- 24 Marai I.F., El-Darawany A.A., Fadiel A. & Abdel-Hafez M.A. 2007.** Physiological traits as affected by heat stress in sheep - a review. *Small Ruminant Research*. 71:1-2.
- 25 Moran D.S., Pandolf K.B., Shapiro Y., Heled Y., Shani Y., Mathew W.T. & Gonzalez R.R. 2001.** An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). *Journal of Thermal Biology*. 26: 427-431.
- 26 Montanholi Y.R., Swanson K.C., Schenkel F.S., McBride B.W., Caldwell T.R & Miller S.P. 2009.** On the determination of residual feed intake and associations of infrared

thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. *Livestock Science*. 125 (1): 22-30.

27 National Research Council. 1971. *A guide to environmental research on animals*. Washington: National Academic Science. 361p.

28 Oliveira C.C., Alves F.V., Almeida R.G., Gamarra E.L., Villela S.D.J. & Martins P.G.M.A. 2018. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. *Agroforestry Systems*. 92 (6): 1659-1672.

29 Poikalainen V., Prak J., Veermäe L & Kokin E. 2012. Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agronomy Research Biosystem Engineering Special*. 1: 187–194.

30 Rashamol V.P., Sejian V., Bagath M., Krishnan G., Archana P.R. & Bhatta R. 2018. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. *Journal of Animal Behavior Biometereology*. 6: 62-71.

31 Silva R.G. 2000. *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo: Nobel, 286 p.

32 Silva E.M. & Assunção W.L. 2004. O clima na cidade de Uberlândia - MG. *Sociedade & Natureza*. 12: 91 - 107.

33 Silva R.G., Guilhermino M.M. & De morais D.A. 2010. Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. *International Journal of Biometeorology*. 54 (1): 5–11.

34 Silva R.G., Maia A.S.C. & Costa L.L.M. 2014. Index of thermal stress for cows (ITSC) under high solar radiation in tropical environments. *International Journal of Biometeorology*. 59 (5): 551-559.

35 Silva R.G., Morais D.A.E.F. & Guilhermino M.M. 2007. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36 (4): 1192-1198.

36 Souza B.B., 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. *Agropecuária Científica no Semiárido*. 6 (2): 59-60.

37 Souza Junior J.B.F., Silva R.B., Domingos H.G.T. & Maia A.S.C. 2008. Temperatura da superfície corporal e fluxo de calor convectivo em vacas holandesas expostas à radiação solar direta no Semiárido. *Revista Científica de Produção Animal*. 12 (1): 6-9.

38 Thom E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*. 12: 7-59.

39 Wang W., Bjerg B.S., Choi C.Y., Chao Zong C. & Zhang G. 2018. A review and quantitative assessment of cattlerelated thermal indices. *Journal of Thermal Biology*. 77: 24 - 37.

40 Yousef M.K. 1985. *Stress physiology in livestock*. CRC Press: Florida, 159p.

41 Yadav B., Singh G., & Wankar A. 2015. Adaptive capability as indicated by redox status and endocrine responses in crossbred cattle exposed to different thermal stresses. *Journal of Animal Research*. 5 (1): 67–73.

Tabela 1. Índices de estresse térmico calculados.

Índices	Referências
Índice de Temperatura e Umidade 1	Thom [38]
Índice de Temperatura e Umidade 2 e 3	Bianca [5]
Índice de Temperatura e Umidade 4, 5 e 6	NRC [27]
Índice de Temperatura e Umidade 7	Yousef [40]
Índice de Temperatura e Umidade 8	Mader <i>et al.</i> [22]
Índice de Temperatura e Umidade 9	Berman <i>et al.</i> [3]
Índice de Globo negro e Umidade	Buffington <i>et al.</i> [7]
Índice de Temperatura Equivalente	Baeta <i>et al.</i> [1]
Índice de Estresse Ambiental	Moran <i>et al.</i> [25]
Índice de Frequência Respiratória	Eigenberg <i>et al.</i> [13,14]
Índice de Carga Térmica 1	Gaughan [17]
Índice de Carga Térmica 2	Gaughan <i>et al.</i> [18]
Índice Climático Compreensivo	Mader <i>et al.</i> [23]
Índice de Estresse Térmico para vacas	Silva <i>et al.</i> [34]

Tabela 2. Valor médio, máximo e mínimo das variáveis do ambiente térmico e termofisiológicas de touros jovens Nelore em agosto e dezembro de 2015 e fevereiro e abril de 2016, Uberlândia, MG.

	Média	Máximo	Mínimo
Temperatura do ar (°C)	28,14	31,90	22,90
Umidade relativa (%)	68,80	94,21	33,59
Temperatura do globo negro (°C)	29,21	33,00	23,30
Temperatura Radiante Média (K)	303,55	316,00	296,45
Radiação solar (W.m ⁻²)	804,09	1089,74	385,75
Velocidade do vento (m.s ⁻¹)	0,34	3,60	0,00
Temperatura retal (°C)	39,20	40,80	38,00
Temperatura de superfície média (°C)	33,80	36,47	30,00
TR – TSM (° C)	5,40	9,30	2,53
TSM – Ta (°C)	5,66	11,37	0,00

°C (graus Celsius), K (Kelvin), W.m⁻² (Watts por metro quadrado), m.s⁻¹ (metros por segundo), TR - TSM (gradiente (diferença) entre a temperatura retal e a temperatura de superfície média) e TSM – Ta (gradiente (diferença) entre a temperatura de superfície média e a temperatura do ar).

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Spearman entre os Índices de Temperatura e Umidade (ITUs) e a variáveis termofisiológicas de touros jovens Nelore em agosto e dezembro de 2015 e fevereiro e abril de 2016.

	TR	TSM
Índice de Temperatura e Umidade 1	- 0,013 ^{ns}	0,539*
Índice de Temperatura e Umidade 2	- 0,014 ^{ns}	0,509*
Índice de Temperatura e Umidade 3	- 0,014 ^{ns}	0,527*
Índice de Temperatura e Umidade 4	- 0,013 ^{ns}	0,539*
Índice de Temperatura e Umidade 5	- 0,016 ^{ns}	0,535*
Índice de Temperatura e Umidade 6	- 0,012 ^{ns}	0,539*
Índice de Temperatura e Umidade 7	- 0,013 ^{ns}	0,540*
Índice de Temperatura e Umidade 8	- 0,016 ^{ns}	0,534*
Índice de Temperatura e Umidade 9	- 0,017 ^{ns}	0,534*

TR (temperatura retal) e TSM (temperatura de superfície média). * P< 0,01; ns= não significativo.

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Spearman entre índices de estresse térmico e as variáveis termofisiológicas de touros jovens Nelore em agosto e dezembro de 2015 e fevereiro e abril de 2016.

	TR	TSM
Índice de Globo negro e Umidade	- 0,020 ^{ns}	0,504*
Índice de Temperatura Equivalente	- 0,009 ^{ns}	0,528*
Índice de Estresse Ambiental	- 0,035 ^{ns}	0,497*
Índice de Frequência Respiratória	- 0,048 ^{ns}	0,457*
Índice de Carga Térmica 1	- 0,084 ^{ns}	0,423*
Índice de Carga Térmica 2	- 0,034 ^{ns}	0,416*
Índice Climático Compreensivo	- 0,0079 ^{ns}	0,410*
Índice de Estresse Térmico para vacas	0,007 ^{ns}	0,466*

TR (temperatura retal) e TSM (temperatura de superfície média). * P< 0,01; ns= não significativo.

CAPÍTULO 3

(Redigido de acordo com as normas da Revista Livestock Science)

1 **Do thermoregulation variables at the time of artificial insemination influence the
2 pregnancy probability of Nellore bovine females inseminated at a fixed time?**

3 Andressa A. Storti^{a*}, Fernanda Gatti O. Nascimento^a, Gustavo P. Viana^a, Ricarda M. Santos^a,
4 Carina U. Faria^a, Ednaldo C. Guimarães^b, Mara Regina B. M. Nascimento^a

5 ^a College of Veterinary Medicine, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, Minas
6 Gerais, Brazil

7 ^b College of Mathematics, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil

8 * Corresponding author

9 E-mail: andressastorti_vet@hotmail.com

10 **Abstract**

11 The effect of thermophysiological variables at the time of insemination on the pregnancy
12 probability of Nellore bovine females submitted to a fixed-time artificial insemination
13 protocol (FTAI) was investigated. Respiratory rate (RR), Rectal temperature (R_T), body
14 surface temperature, pregnancy diagnosis, temperature and relative humidity, wind speed,
15 Temperature-Humidity Index (THI), Equivalent Temperature Index (ETI), Thermal Load
16 Index (TLI) and radiation were calculated during five breeding seasons of a commercial herd
17 of Nellore cattle totaling 816 observations. The ambient temperature and relative humidity
18 were 26.14 ± 3.37 °C and $82.94 \pm 11.19\%$, respectively. The probability of pregnancy of
19 animals in the $R_T \leq 38.7$ °C group did not differ from the $R_T > 38.7$ °C. Factor 1
20 explained 51.05% of the variation in the data and the variables with the greatest influence on
21 the composition of this factor were Berman's Temperature-Humidity Index (THI_{Berman}),
22 Thom's Temperature-Humidity Index (THI_{Thom}), dry bulb temperature (T_{DB}), Mean Surface
23 Temperature (STM), Globe temperature (T_G), Equivalent Temperature Index (ETI), Forehead
24 temperature (T_F), Thermal Load Index (TLI), Partial vapor pressure (P_V) and Scapula

26 temperature (Ts). T_F and STM showed significant, positive and moderate correlations with
27 T_{DB}, P_V, T_G, THI, TLI and ETI. In the Cerrado biome, the rectal temperature and the thermal
28 environment in spring and summer, at the time of insemination of Nellore bovine females
29 submitted to a fixed-time artificial insemination protocol do not influence the probability of
30 pregnancy.

31 Keywords: Beef cattle; Reproductive efficiency; Temperature and Humidity Index; Rectal
32 temperature.

33

34 **1. Introduction**

35 Climate change can bring about positive and negative changes in animal production.
36 Increases in ambient temperature can have beneficial effects to humans and animals in areas
37 with harsh winters, however, have direct and indirect negative effects arising from changes in
38 air temperature patterns, precipitation and extreme weather events. Indirect effects are related
39 to the quality and availability of food and water, as well as the proliferation of vectors and
40 diseases outside their endemic region. The direct effects resulting from thermal stress, have
41 different intensities and durations, and negatively impact animal health through metabolic
42 disorders, oxidative stress, immune suppression, and may even cause their death (Lacetera,
43 2019).

44 Cattle farming is an activity that can be negatively influenced by the elevated ambient
45 temperature. Thus, the bovine female to express her productive and reproductive potential
46 needs to be raised under thermal comfort. Considering the rise in temperature on the planet, as
47 well as the selection that is applied in Nellore, further investigations are necessary in order
48 that the reproduction is not impaired by high temperatures. Most studies investigated the
49 effects of heat stress on reproduction in European cattle (Chinchila-Vargas et al., 2018).

50 Heat stress, due to high environmental temperatures, can cause endocrine disorders,
51 damage to well-being, overload to physiological mechanisms of heat loss, difficulty in
52 maintaining homeostasis and also, negative effects on reproductive events of the bovine
53 female, impaired oocyte competence and delay or even inhibition of embryonic development
54 (Gendelman et al., 2010; Ferreira et al., 2011).

55 However, only consider the air temperature factor is not indicated, since, other
56 environmental factors may also influence the relationship between the animal and the
57 environment. Thus, thermal stress indices have been proposed and among them the most used
58 is the Temperature-Humidity Index (THI) by Berman et al. (2016), which best represents the
59 interaction of the effect of air temperature and humidity. The Equivalent Temperature Index
60 (ETI) (Baeta et al., 1987), Thermal Load Index (TLI) (Gaughan et al., 2008) and Solar
61 Radiation (S) (Silva et al., 2007) are also used to assess the effect of the environment on
62 animals.

63 Thus, the objective was to investigate the effect of the thermoregulation characteristics
64 measured at the time of insemination on the probability of pregnancy of Nellore bovine
65 females, submitted to the Fixed Time Artificial Insemination protocol (FTAI).

66

67 **2. Materials and methods**

68 The experiment was approved by the Ethics Committee on the Use of Animals at the
69 Federal University of Uberlândia, under protocols nº 026/13 and 001/18.

70

71 **2. 1 Local**

72 This study was carried out at the Experimental Capim Branco farm at the Federal
73 University of Uberlândia, Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brazil. Located at latitude 18 °
74 55 '23' 'South, longitude 48 ° 17' 19 " West and average altitude of 865 meters in the

75 Cerrado biome. Local climate is the Tropical Semi-humid South, with rainy period from
76 November to March and five dry months from May to September. The average temperature of
77 the coldest month (June) varies from 18 to 19 ° C, with annual rainfall from 1450 to 1900 mm
78 (Novais et al., 2018).

79

80 2.2 Animals

81 From November to March (period of highest forage supply) a total of 816
82 inseminations of Nellore bovine females submitted to the Fixed Time Artificial Insemination
83 protocol were followed over 5 years. The animals were raised in an extensive system on
84 *Urochloa brizantha* syn. *Brachiaria brizantha*, with access to natural shade provided by the
85 trees, received mineral supplementation and water ad libitum.

86

87 2.3 Thermophysiological and meteorological variables

88 At the time of artificial insemination (always in the morning), the rectal (R_T) and
89 surface temperature and the respiratory rate (RR) were measured in the animal and in the
90 environment the dry bulb (T_{DB}), wet bulb (T_{WB}) temperatures , globe temperature (T_G) and
91 wind speed (WS).

92 R_T was measured using a digital clinical thermometer (Termo Med Incoterm®, ± 0.2
93 °C) at a depth of 5 cm for two minutes. The RR, in mov.min⁻¹, was measured by counting the
94 oscillations of the right flank for 15 seconds and the obtained value multiplied by four. The
95 surface temperature was measured on the forehead (T_F) and scapula (T_s), using a portable
96 digital infrared thermometer (Instrutemp®, model DT 8530) and the mean was calculated
97 obtaining the mean surface temperature (STM). The difference between the mean surface and
98 air temperature (STM- T_{DB}) and the difference between rectal and mean surface temperature
99 ($R_T - STM$) was also calculated, constituting the thermal gradients.

100 The dry bulb, wet bulb and globe temperatures and wind speed were measured by the
101 IBUTG globe thermometer (Model TGM-200, HOMIS) and anemometer (Instrutherm®,
102 model AD-250), respectively. Then, the relative humidity (RH), partial vapor pressure (P_v),
103 Temperature-Humidity Indices (THI) according to Thom (1959) and Berman et al. (2016),
104 Equivalent Temperature Index (ETI) according to Baeta et al. (1987) and the Thermal Load
105 Index (TLI) according to Gaughan et al. (2008). Solar Radiation (S) was estimated according
106 to Silva et al. (2007).

107

108 2.4 Reproductive management

109 The cows were submitted to the following FTAI protocol: on Day 0, 1.0 mg of
110 estradiol cypionate (ECP®, PFIZER) and insertion of the intravaginal device with 1.9 g of
111 progesterone (CIDR®, PFIZER); Day 7, 12.5 mg of dinoprost trometamime (LUTALYSE®,
112 PFIZER); Day 9, 1.0 mg of estradiol cypionate (ECP®, PFIZER) with removal of the
113 progesterone device and temporary removal of the calves; Day 10, TFAI. Semen doses were
114 subjected to prior evaluation. Inseminations were carried out by trained and experienced staff.

115 On the 28th day after artificial insemination, a diagnosis of pregnancy was made by
116 transrectal ultrasound examination (HISON 9300 VET).

117

118 2.5 Statistical analysis

119 The data analysis was divided into 4 phases. The first was the descriptive analysis in
120 order to characterize the thermal environment and physiological measures. In the second
121 phase, females were categorized into two groups according to the R_T from the average R_T of
122 the experimental animals (38.7 ° C) according to Wentz et al. (2001). A group was formed in
123 which the rectal temperature was equal to or less than 38.7 ° C (R_T ≤ 38.7 °C) and another
124 group with a temperature greater than 38.7 ° C (R_T> 38.7 °C). The females were further

125 classified according to the diagnosis of pregnancy in pregnant and nonpregnant. Then, a
126 comparison was made between the two groups of rectal temperature with the probability of
127 pregnancy using the chi-square test (χ^2). The third phase was Pearson correlation analysis
128 between the variables of the thermal environment and thermophysiological variables. The
129 fourth phase of the statistical analysis included multivariate analysis. Exploratory factor
130 analysis using principal components was used in order to reduce the number of variables,
131 considering the 15 measurements performed in the present study and the logistic regression to
132 verify which variables of the thermal and thermophysiological environment influenced the
133 probability of pregnancy. In all cases, the significance level of 5% ($P < 0.05$) was considered.
134 The statistical analysis procedures were performed using the IBM SPSS® Statistics for
135 Windows, Version 20.0 Armonk, NY: IBM Corp. IBM SPSS®

136

137 **3. Results**

138 The means, over the five seasons, of ambient temperature, relative humidity, globe
139 temperature, partial vapor pressure and wind speed were 26.14 ± 3.37 °C; $82.94 \pm 11.19\%$;
140 25.96 ± 3.75 °C; 2.86 ± 0.64 kPa; 1.00 ± 2.04 m.s⁻¹, respectively. The descriptive statistics of
141 the other variables are shown in table 1.

142

143

144

145

146

147

148

149

150 **Table 1** Meteorological and thermophysiological variables at the time of insemination of
 151 Nellore bovine females submitted to fixed-time artificial insemination (FTAI).

Variables	N	Mean	Minimum	Maximum	Standard deviation
Solar Radiation (W.m^{-2})	816	761,08	348,42	1091,91	170,11
Thom's Temperature-Humidity Index	816	77,22	69	88	4,51
Berman's Temperature-Humidity Index	816	77,90	64	97	8,06
Equivalent Temperature Index	816	31,30	10,43	46,95	6,48
Thermal Load Index	816	78,21	48,85	107,38	15,75
Respiratory rate (mov.min^{-1})	816	29,44	16,00	50,00	5,65
Rectal temperature ($^{\circ}\text{C}$)	816	38,67	37,00	40,30	0,48
Forehead temperature ($^{\circ}\text{C}$)	816	31,68	23,50	39,50	2,87
Scapula temperature ($^{\circ}\text{C}$)	816	33,08	24,70	39,40	1,77
Mean Surface Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	816	32,38	25,10	37,05	2,14
$R_T - STM$	816	6,29	1,50	13,40	2,12
$STM - T_{DB}$	816	6,24	0,20	13,70	2,18

152 W.m^{-2} : watts per square meter; mov.min^{-1} : respiratory movements per minute; $^{\circ}\text{C}$: degrees Celsius; $R_T - STM$: thermal
 153 gradient between rectal temperature and mean surface temperature; $STM - T_{DB}$: thermal gradient between mean surface
 154 temperature and dry bulb temperature; N: number of observations.

155

156 From the 816 inseminations, the number of pregnant or non-pregnant bovine females
 157 did not differ between the rectal temperature groups ($R_T \leq 38.7 ^{\circ}\text{C}$) and ($R_T > 38.7 ^{\circ}\text{C}$) (Table
 158 2).

159

160

161 **Table 2** Effect of rectal temperature at the time of insemination on the probability of
 162 pregnancy of Nellore bovine females submitted to fixed-time artificial insemination (FTAI).

Intervals	Pregnancy	No pregnancy	Total	Test χ^2
$R_T \leq 38,7$	21,1 % (172/816)	26,1 %(213/816)	47,2 %(385/816)	
$R_T > 38,7$	22,2 %(181/186)	30,6 %(250/816)	52,8 %(431/816)	
Total	43,3 %(353/816)	56,7 %(463/816)	100 %(816)	p= 0,440

163 R_T : retal temperature.

164

165 Based on the eigenvalues obtained in the exploratory factor analysis, it was possible to
 166 extract 4 factors (4 components) that explain 79.71% of the total variation of the data (Table
 167 3). That is, the 15 variables measured in this study could be summarized in 4 factors. Factor 1
 168 explained 51.05% of the data variation and the variables of the thermal environment with the
 169 highest correlation coefficients in component 1 were, in decreasing order: THI _{Berman}, THI
 170 _{Thom}, T_{DB}, T_G, ETI, TLI and Pv and the thermophysiological variables with highest correlation
 171 coefficients were: STM, T_F and T_s. Factor 2 explained 11.86% of the variation in the data,
 172 with RH being the variable with the greatest influence on the composition of this factor.
 173 Factor 3 explained 9.23%, with wind speed and solar radiation being the variables with the
 174 greatest influence on the composition of this factor. Factor 4 explains 7.58% of the variation
 175 in the data and the variables with the greatest influence on the composition of this factor were,
 176 in decreasing order: rectal temperature and respiratory rate.

177

178

179

180

181

182 **Table 3** Factors observed for meteorological and thermophysiological variables at the time of
 183 insemination of Nellore bovine females submitted to fixed-time artificial insemination (FTAI)

Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Dry bulb temperature (°C)	0,932	-0,062	0,208	0,018
Partial vapor pressure (kPa)	0,778	0,585	0,106	-0,003
Relative humidity (%)	-0,091	0,933	-0,074	-0,011
Wind speed (m.s ⁻¹)	-0,138	-0,115	0,832	0,225
Globe temperature (°C)	0,887	-0,102	-0,098	-0,201
Solar Radiation (W.m ⁻²)	0,225	0,046	0,718	-0,147
Thom's Temperature-Humidity Index	0,937	0,161	0,188	0,027
Berman's Temperature-Humidity Index	0,943	0,132	0,191	0,002
Thermal Load Index	0,779	0,064	-0,336	-0,243
Equivalent Temperature Index	0,876	0,309	-0,192	-0,077
Respiratory rate (mov.min ⁻¹)	-0,003	-0,230	0,051	0,663
Retal temperature (°C)	0,098	0,234	-0,002	0,766
Forehead temperature (°C)	0,871	-0,065	0,122	0,185
Scapula temperature (°C)	0,740	-0,163	-0,083	0,177
Mean Surface Temperature (°C)	0,892	-0,112	0,047	0,198

184 °C: degrees Celsius; kPa: kilopascal; %: percentage; m.s⁻¹: meters per second; W.m⁻²: watts per square meter; mov.min⁻¹:

185 respiratory movements per minute.

186

187 The correlations between R_T and RR with some variables of the thermal environment
 188 were significant, but low (Table 4). T_F and STM showed a significant, positive and moderate
 189 correlation with T_{DB} , P_V , T_G , THI, TLI and ETI (Table 4). T_s , on the other hand, showed a
 190 significant, positive and moderate correlation with T_{DB} , T_G , THI, TLI and ETI.

191 **Table 4** Pearson's correlation coefficients for meteorological and thermophysiological
 192 variables at the time of insemination of Nellore bovine females submitted to fixed-time
 193 artificial insemination (FTAI)

	RR	R _T	T _F	T _S	STM
R _T	0,182*				
T _F	0,063	0,158*			
T _S	0,016	0,114*	0,676*		
STM	0,049	0,153*	0,952*	0,869*	
T _{DB}	0,048	0,106*	0,795*	0,582*	0,775*
P _V	-0,076*	0,141*	0,635*	0,449*	0,613*
RH	-0,164*	0,075*	-0,100*	-0,083*	-0,102*
WS	0,111*	0,098*	0,040	-0,044	0,009
T _G	-0,087*	-0,003	0,663*	0,583*	0,687*
S	0,052	0,025	0,210*	0,089*	0,178*
THI _{Thom}	0,017	0,133*	0,797*	0,571*	0,772*
THI _{Berman}	0,003	0,119*	0,795*	0,586*	0,777*
TLI	-0,137*	-0,016	0,543*	0,540*	0,589*
ETI	-0,055	0,081*	0,672*	0,509*	0,662*

194 RR: respiratory rate; R_T: rectal temperature; T_F: temperature of the forehead; T_S: scapula temperature; STM: mean surface
 195 temperature; T_{DB}: dry bulb temperature; P_V: partial vapor pressure; RH: relative humidity; WS: wind speed; T_G: Globe
 196 temperature; S: solar radiation; THI: Temperature-Humidity Index; TLI: Thermal Load Index; ETI: Equivalent Temperature
 197 Index.

198 *significant ($P < 0,05$).

199

200 As mentioned in the methodology, logistic regression was used to verify whether the
201 variables analyzed in this study influenced or not the pregnancy probability. However, the
202 models that were significant had low predictability and did not explain the condition of the
203 cows being pregnant or not.

204

205 **4. Discussion**

206 The thermal environment not represent a challenge to the animals in this study. The air
207 temperature remained within the normal range for Nellore cattle (Table 1) according to De
208 Melo Costa et al. (2017). These authors stated that in the temperature range of 24°C to 35 °C
209 the physiological responses of Nellore cattle during the day (8:00 am to 6:00 pm) were stable.
210 De Mello et al. (2018) also studied the circadian rhythm of thermal equilibrium in Nellore
211 cattle and found that the metabolic heat production remains stable at a temperature of 20 to 35
212 °C.

213 R_T is a variable used as an index of physiological adaptability to a hot environment,
214 while RR is a variable that responds immediately to changes in the thermal environment
215 (Salles et al., 2016). These authors also stated that the increase in these two variables indicates
216 a failure in the mechanisms of heat release to the environment. The normal range of R_T for
217 beef cattle according to Reece (2017) is 37.7 to 39.1 °C and an average of 38.3 °C. De Melo
218 Costa et al. (2018) cited values from 39.0 to 39.5 °C for Nellore cattle and found that in the
219 air temperature range of 20 to 35 °C the respiratory system is an insignificant way to maintain
220 thermal balance. Hooper et al. (2018) found rectal temperature values of 37.28 °C in the
221 morning and 38.32 °C in the afternoon in Nellore cows. Therefore, the physiological values of
222 these variables found in this study were within the normal standard for the breed (Table 1)
223 and it shows that the animals were kept in the thermoneutral range. In addition, it shows that

224 this breed is adapted to the conditions of the Cerrado biome even presenting intense solar
225 radiation (Table 1).

226 The probability of pregnancy was not influenced when the animals were divided into
227 groups by the rectal temperature at the time of insemination ($R_T \leq 38.7^{\circ}\text{C}$ and $R_T > 38.7^{\circ}\text{C}$),
228 possibly because the thermal breeding environment was within the ideal for the Nellore breed
229 (Table 2). Cattle under heat stress increase heat dissipation by evaporation since the sensitive
230 loss is impaired and, depending on the duration of the stress intensity, hyperthermia,
231 endocrine disorder and prejudice pregnancy. Costa e Silva et al. (2010) found that heat stress
232 reduced the probability of pregnancy in crossbred receptors (European x Nellore) inovulated
233 with Nelore embryos. However, the authors did not observe any difference in rectal
234 temperature values between pregnant (39.75°C) and non-pregnant (39.79°C).

235 Factor 1 found in the exploratory factor analysis can be interpreted as an index of
236 interrelationship between the thermal environment and the animal, in terms of more
237 representative attributes of thermoregulation, ie, the influence that the thermal environment
238 has on forehead temperatures, scapula and superficial body. As the correlations of these
239 attributes with factor 1 (Table 3) are highly positive, an increase in the environment variables
240 will increase the value of the surface body temperature of Nellore bovine females. This result
241 is also observed in Pearson's correlation, in which there was a high correlation between
242 surface temperatures and environment variables (Table 4).

243 The low correlation between R_T and RR with the variables of the thermal environment
244 in the present study may indicate that, even if the temperature of the environment rises, the
245 rectal temperature does not have major oscillations remaining stable, and that the respiratory
246 rate is not the main mechanism thermoregulatory to be activated to maintain thermal balance.
247 De Melo Costa et al. (2018) reported that when the air temperature is above 29°C , cutaneous

248 evaporation is the primary method to dissipate heat produced by metabolism Nellore and
249 therefore not using the respiratory system for increasing heat dissipation to the environment.

250 Logistic regression did not work for the present data set, ie, the variables of the
251 thermal and thermophysiological environment not explain the chance of getting pregnant
252 female bovine. This result can be explained by the breeding meteorological conditions that
253 were within the thermal comfort for the species and breed and, therefore, the animals were
254 able to maintain the thermal balance without having a homeothermic imbalance. However, in
255 dairy cattle, especially with European cattle, many studies have found impairment in
256 reproductive performance, for example, Schüller et al. (2017) found that Jersey Holstein cows
257 subjected to heat stress, maximum THI of 79 and maximum temperature of 28.7 °C showed
258 signs of estrus and follicle size reduced.

259

260 **5. Conclusion**

261 In the cerrado biome, the rectal temperature and the thermal environment in spring and
262 summer, at the time of insemination of Nellore bovine females submitted to a fixed-time
263 artificial insemination protocol, do not influence the probability of pregnancy. However,
264 surface body temperature is influenced by weather conditions.

265

266 **References**

267 Baeta, F.C., Meador, N.F., Shanklin, M.D., Johnson, H.D. 1987. Equivalent temperature
268 index at temperatures above the thermoneutral for lactating cows. In: MEETING OF THE
269 AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, 1987, Baltimore. Anais...
270 Baltimore: American Society of Agricultural Engineers.

- 271 Berman, A., Horovitz, T., Kaim, M., Gacitua, H.A. 2016. Comparison of THI indices leads to
272 a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity
273 stress. *Int. J. Biometeorol.*, 60, 1453-1462. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>.
- 274 Chinchilla-Vargas, J., Jahnke, M.M., Dohlman, T.M., Rothschild, M.F., Gunn, P.J. 2018.
275 Climatic factors affecting quantity and quality grade of in vivo derived embryos of cattle.
276 *Anim. Reprod. Sci.*, 192, 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.02.012>.
- 277 Costa e Silva, E.V, Katayama, K.A., Macedo, G.G. Rueda, P.M., Abreu, U.G.P., Zuccari,
278 C.E.S.N. 2010. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em
279 vacas receptoras de embriões. *Ciênc. Anim. Bras.*, 11, 280-291.
280 <https://doi.org/10.526/cab.v11i2.3166>.
- 281 De Melo Costa, C.C., Campos Maia, A.S., Tavares Nascimento, S., Nagib Nascimento, C.C.,
282 Chiquitelli Neto, M., de França Carvalho Fonsêca, V. 2017. Thermal balance of Nellore
283 cattle. *Int. J. Biometeorol.*, 62(5), 723–731. <http://doi.org/10.1007/s00484-017-1349-6>.
- 284 De Melo Costa, C.C., Campos Maia, A.S., Brown-Brandl, T.M., Chiquitelli Neto, M., de
285 França Carvalho Fonsêca, V. 2018. Thermal equilibrium of Nellore cattle in tropical
286 conditions: an investigation of circadian pattern. *J. Therm. Biol.*, 74, 317–324.
287 <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.014>.
- 288 Reece, W.O. 2017. Dukes - Fisiologia dos animais domésticos, thirteenth ed., Guanabara
289 Koogan, Rio de Janeiro.
- 290 Ferreira, R.M., Ayres, H., Chiaratti, M.R. Ferraz, M.L., Araújo, A.B., Rodrigues, C.A.,
291 Watanabe, Y.F., Vireque, A.A., Joaquim, D.C., Smith, L.C., Meirelles, F.V., Barusell, P.S.
292 2011. The low fertility of repeat-breeder cows during summer heat stress is related to a low

- 293 oocyte competence to develop into blastocysts. *J. Dairy Sci.*, 94, 2383-2392.
294 <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3904>.
- 295 Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M.; Lisle, A. 2008. A new heat load index for feedlot
296 cattle. *J. Anim. Sci.*, 86, 226-234. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305>.
- 297 Gendelman, M., Aroyo, A., Yavin, S., Roth, Z. 2010. Seasonal effects on gene expression,
298 cleavage timing, and developmental competence of bovine preimplantation embryos.
299 *Reproduction*, 140, 73 – 82. <https://doi.org/10.1530/REP-10-0055>.
- 300 Hooper, H.B., Titto, C.G., Gonella-Diaza, A.M., Henrique, F.L., Pulido-Rodriguez, L.F.,
301 Longo, L.S., Leme-dos-Santos, T.M.C., Geraldo, A.C.A.P.M., Pereira, A.M.F., Binelli, M.,
302 Balieiro, J.C.C., Titto, E.A.L., 2018. Heat loss efficiency and HSPs gene expression of
303 Nellore cows in tropical climate conditions. *Int J Biometeorol* 63, 1475–1486.
304 <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1576-5>.
- 305 Lacetera, N., 2019. Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal Frontiers*,
306 [S. l.]. 9, n. 1, p. 26–31. <https://doi.org/10.1093/af/vfy030>.
- 307
- 308 Novais, G.T., Brito, J.L.S., Sanches, F.O. 2018. Unidades Climáticas Do Triângulo
309 Mineiro/Alto Paranaíba. *Rev. Brasil. Climatol.*, [S.l.], 23, 223-243.
310 <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58520>.
- 311
- 312 Salles, M.S.V., da Silva, S.C., Salles, F.A., Roma, L.C., El Faro, L., Bustos Mac Lean, P.A.,
313 Martello, L.S. 2016. Mapping the body surface temperature of cattle by infrared
314 thermography. *J. Therm. Biolog.*, 62, 63–69. <http://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.10.003>.

- 315 Schüller, L.K., Michaelis, I., Heuwieser, W. 2017. Impact of heat stress on estrus expression
316 and follicle size in estrus under field conditions in dairy. Theriogenology. 102, 48-53. doi:
317 10.1016/j.theriogenology.2017.07.004.
- 318 Silva, R.G., Moraes, D.A.E.F., Guilhermino, M.M. 2007. Evaluation of thermal stress indexes
319 for dairy cows in tropical regions. Rev. Bras. Zootec., 36, 1192-1198.
320 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000500028>.
- 321 Thom, E.C. 1959. The discomfort index. Weatherwise, 12, 57-60.
322 <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>.
- 323 Wentz, I., Bortolozzo, F.P.; Brandt, G., Heck, A., Bennemann, P.E., Guidoni, A.L., Uemoto,
324 D.A. 2001. A hipertermia durante o estro pode afetar o desempenho reprodutivo de fêmeas
325 suínas. Cienc. Rural, 31, 651-656. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000400015>.
- 326
- 327
- 328
- 329
- 330
- 331
- 332
- 333
- 334
- 335
- 336
- 337
- 338
- 339
- 340
- 341
- 342
- 343
- 344
- 345
- 346

ANEXO A – PROTOCOLO DE REGISTRO NO CEUA-UFU



Universidade Federal de Uberlândia

– Comissão de Ética na Utilização de Animais –



Comissão de Ética na
Utilização de Animais
CEUA

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “Características de termorregulação no momento da inseminação e probabilidade de prenhez de vacas Nelore inseminadas em tempo fixo”, protocolo nº 001/18, sob a responsabilidade de **Andressa Alves Storti** – que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata, para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADA** pela COMISSÃO DE ÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS (CEUA) da UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, em reunião **09 de Março de 2018**.

(We certify that the project entitled “Características de termorregulação no momento da inseminação e probabilidade de prenhez de vacas Nelore inseminadas em tempo fixo”, protocol 001/18, under the responsibility of Andressa Alves Storti - involving the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata, for purposes of scientific research - is in accordance with the provisions of Law nº 11.794, of October 8th, 2008, of Decree nº 6.899 of July 15th, 2009, and the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA) and it was approved for ETHICS COMMISSION ON ANIMAL USE (CEUA) from FEDERAL UNIVERSITY OF UBERLÂNDIA, in meeting of March 09th, 2018).

Vigência do Projeto	Início: 20/03/2018 Término: 01/10/2018
Espécie / Linhagem / Grupos Taxonômicos	Bovinos da raça Nelore
Número de animais	74
Peso / Idade	2 a 5 anos – 500 a 650kg
Sexo	Fêmea
Origem / Local	Fazenda Capim Branco UFU
Número da Autorização SISBIO	-
Atividade(s)	-

Uberlândia, 20 de março de 2018.

Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão
Coordenador da CEUA/UFU

ANEXO B – PROTOCOLO DE REGISTRO NO CEUA-UFU



Universidade Federal de Uberlândia

– Comissão de Ética na Utilização de Animais –



Comissão de Ética na
Utilização de Animais
CEUA

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “Efeitos das estações do ano sobre as características do pelame e de termorregulação de touros jovens da raça Nelore”, protocolo nº 125/15, sob a responsabilidade de **Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento** – que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata, para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADO** pela COMISSÃO DE ÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS (CEUA) da UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, em reunião de **13 de novembro de 2015**.

(We certify that the project entitled "Efeitos das estações do ano sobre as características do pelame e de termorregulação de touros jovens da raça Nelore", protocol 125/15, under the responsibility of Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento - involving the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata, for purposes of scientific research - is in accordance with the provisions of Law nº 11.794, of October 8th, 2008, of Decree nº 6.899 of July 15th, 2009, and the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA) and it was approved for ETHICS COMMISSION ON ANIMAL USE (CEUA) from FEDERAL UNIVERSITY OF UBERLÂNDIA, in meeting of November 13th, 2015.

Vigência do Projeto	Início: 15/12/2015/ Término: 31/08/2016
Espécie / Linhagem / Grupos Taxonômicos	- / Nelore / Bovinos
Número de animais	78
Peso / Idade	220 kg / 9 a 10 meses
Sexo	Machos
Origem / Local	Fazenda Capim Branco
Número da Autorização SISBIO	-
Atividade(s)	-

Uberlândia, 24 de novembro de 2015.

Prof. Dr. César Augusto Garcia
Coordenador da CEUA/UFU