

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FERNANDA GATTI DE OLIVEIRA NASCIMENTO

**ESCOLHA DO MELHOR ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE E EFEITO DAS
ESTAÇÕES DO ANO E DA IDADE SOBRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E
HEMATOLÓGICAS DE BEZERROS LEITEIROS MESTIÇOS**

UBERLÂNDIA

2018

FERNANDA GATTI DE OLIVEIRA NASCIMENTO

**ESCOLHA DO MELHOR ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE E EFEITO DAS
ESTAÇÕES DO ANO E DA IDADE SOBRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E
HEMATOLÓGICAS DE BEZERROS LEITEIROS MESTIÇOS**

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

Área de Concentração: Produção Animal

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento

Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Vicente Mundim

UBERLÂNDIA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

N244e Nascimento, Fernanda Gatti de Oliveira, 1991-
2018 Escolha do melhor índice de temperatura e umidade e efeito das estações do ano e da idade sobre as variáveis fisiológicas e hematológicas de bezerros leiteiros mestiços [recurso eletrônico] / Fernanda Gatti de Oliveira Nascimento. - 2018.

Orientadora: Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento.

Coorientador: Antonio Vicente Mundim.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.801>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Veterinária. 2. Bovino de leite - Metabolismo. 3. Sangue - Coleta e preservação. 4. Temperatura - Efeito fisiológico. I. Nascimento, Mara Regina Bueno de Mattos, (Orient.). II. Mundim, Antonio Vicente, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. IV. Título.

CDU: 619

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



Ata da defesa de Dissertação de MESTRADO ACADÊMICO junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de: Dissertação de mestrado acadêmico nº PPGCV/010/2018

Data: 07/06/2018

Discente: *Fernanda Gatti de Oliveira Nascimento* – Matrícula – 11612MEV009

Título da Dissertação: **ESCOLHA DO MELHOR ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE E EFEITO DAS ESTAÇÕES DO ANO E DA IDADE SOBRE AS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E HEMATOLÓGICAS DE BEZERROS LEITEIROS MISTIÇOS**

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

No dia 07 de junho do ano de 2018 às 13:30 horas na sala 2D54 – Bloco 2D - Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Comissão Julgadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, composta pelos Professores(as)/Doutores(as): **Ricarda Maria dos Santos** – UNIVERSIDADE DE UBERLÂNDIA; **Joely Ferreira Figueiredo Bittar** – UNIVERSIDADE DE UBERABA e **Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento** orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da comissão Dr./Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento concedeu a palavra ao(a) candidato(a) para uma exposição do seu trabalho, contando com o tempo máximo de 50 minutos. A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o(a) candidato(a), durante o prazo máximo de (30) minutos, assegurando-se ao mesmo igual prazo para resposta. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Comissão Julgadora, em sessão secreta, considerou o(a) candidato(a) aprovada.

Esta defesa de dissertação de mestrado é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme Regulamento do Programa, Legislação e a Regulamentação Interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar o(a) Presidente encerrou os trabalhos às 16 horas e 30 minutos, lavrou esta ata que será assinada por todos os membros da Comissão Examinadora. Uberlândia, 07 de junho de 2018.

Prof. Dra. Ricarda Maria dos Santos
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Prof. Dra. Joely Ferreira Figueiredo Bittar
UNIVERSIDADE DE UBERABA

Prof. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento
ORIENTADORA

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, meu marido, familiares e amigos, pelo apoio, incentivo, conselhos e ensinamentos ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não teria concluído essa jornada. E aos meus pais Ivone e Nelson, por todo o apoio durante os anos de minha formação pessoal e profissional.

Ao meu marido Gustavo pelo companheirismo, paciência e pelos conselhos ao longo da realização dessa pesquisa. Ao meu sobrinho Frederico por compartilhar comigo a sua alegria e a todos os familiares que estiveram presentes me incentivando a concluir meu mestrado.

Agradeço à Minnie pela companhia nos momentos de redação da dissertação.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento, por ter aceitado me orientar ao longo desses dois anos, e também por ser sempre presente, dedicada e atenciosa, ensinando-me muito além dos assuntos da dissertação.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Antonio Vicente Mundim, por ter me orientado ao longo dos anos de graduação, residência e por ter aceitado colaborar no meu projeto de mestrado, de forma atenciosa e dedicada, prestando auxílio tanto na parte prática como na redação da dissertação.

Ao Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães, pela paciência, os ensinamentos e a colaboração com as análises estatísticas.

A Prof^a. Dr^a. Ricarda Maria dos Santos, Prof^a. Dr^a. Joely Ferreira Figueiredo Bittar e ao Prof. Dr. Alex de Matos Teixeira, por se disponibilizarem a participar da minha banca de defesa de mestrado, compartilhando seus conhecimentos e contribuindo para o enriquecimento da minha dissertação.

A todos os colegas do Laboratório Clínico Veterinário da UFU (professores, técnicos, residentes e estagiários), pela amizade e colaboração no processamento das amostras sanguíneas.

À colega de pós-graduação Patrícia Kelly de Moraes Brettas, pela amizade, conselhos, incentivo e companheirismo ao longo desses dois anos de caminhada.

Aos alunos da graduação que me auxiliaram nos dias de coletas na Fazenda Experimental do Campus Glória, especialmente, à Hellen, Amanda, Igor, Paulo, Tatiane e Thaís. E também aos membros do Núcleo do Leite por me informarem os nascimentos dos bezerros.

Aos meus queridos amigos da faculdade Anaís, Flaviane, Filipe, Giovanna, Maisa, Matheus, Paula e Priscila, por estarem sempre presentes em minha vida, oferecendo apoio e incentivo.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram com a realização deste sonho.

“Vencerás

*Não desanimes.
Persiste mais um tanto.
Não cultives pessimismo.
Centraliza-te no bem a fazer.
Esquece as sugestões do medo destrutivo.
Segue adiante, mesmo varando a sombra dos próprios erros.*

*Avança, ainda que seja por entre lágrimas.
Trabalha constantemente.
Edifica sempre.
Não consintas que o gelo do desencanto te entorpeça o coração.
Não te impressiones à dificuldade.
Convence-te de que a vitória espiritual é construção para o dia-a-dia.*

*Não desistas da paciência.
Não creias em realização sem esforço.
Silêncio para a injúria.
Olvido para o mal.
Perdão às ofensas.
Recorda que os agressores são doentes.
Não permitas que os irmãos desequilibrados te destruam o trabalho ou te apaguem a esperança.
Não menosprezes o dever que a consciência te impõe.
Se te enganaste em algum trecho do caminho, reajusta a própria visão e procura o rumo certo.*

*Não contes vantagens nem fracassos.
Estuda buscando aprender.
Não te voltes contra ninguém.
Não dramatizes provações ou problemas.
Conserva o hábito da oração para que se te faça luz na vida íntima.*

*Resguarda-te em Deus e persevera no trabalho que Deus te confiou.
Ama sempre, fazendo pelos outros o melhor que possas realizar.
Age auxiliando.
Serve sem apego.
E assim vencerás.”*

(Emmanuel – psicografado pelo médium Chico Xavier)

RESUMO

Primeiramente objetivou-se determinar dentre nove equações do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) a que melhor representa os efeitos do estresse por calor para bezerros leiteiros mestiços criados em ambiente tropical. Foram avaliados 12 bezerros, machos e fêmeas, com idade de 20 a 60 dias, criados no bezerreiro tropical. As frequências respiratória e cardíaca, as temperaturas retal, corporal superficial, de bulbo seco e de bulbo úmido foram quantificadas pela manhã e tarde. Calcularam-se nove equações do ITU. O ITU calor sensível foi o que apresentou as maiores correlações com as variáveis fisiológicas, portanto é a equação que representa os efeitos das condições meteorológicas no equilíbrio térmico de bezerros leiteiros mestiços em ambiente tropical. Na segunda pesquisa avaliou-se a influência das estações do ano e da idade sobre as variáveis fisiológicas e hematológicas de bezerros leiteiros mestiços criados ao ar livre em ambiente tropical. Foram avaliados 42 bezerros, machos e fêmeas, no 2º, 15º, 30º e 60º dias de idade. As frequências respiratória e cardíaca, as temperaturas retal, corporal superficial, de bulbo seco e de bulbo úmido foram quantificadas pela manhã, e calculou-se o ITU calor sensível. Posteriormente coletaram-se três mililitros de sangue de cada bezerro para realização do hemograma. Dados do ambiente térmico do dia anterior à avaliação dos bezerros foram obtidos com o intuito de verificar se houve períodos cíclicos de estresse por calor. A temperatura média do ar variou de 19 °C a 22,1 °C, e o maior valor do ITU foi 68 no verão, durante o período da manhã. À tarde a temperatura do ar máxima variou de 27,5 °C a 29,7 °C. No outono, as frequências respiratória e cardíaca e a temperatura corporal superficial foram maiores nos bezerros no 2º dia de idade. A temperatura corporal superficial dos bezerros no 60º dia de idade foi maior na primavera e no verão em relação ao outono. A temperatura retal manteve-se dentro da normalidade em todas as estações e idades avaliadas. As estações do ano não influenciaram no eritrograma e plaquetograma. Os valores de hemácias, VCM, CHCM, RDW, plaquetas e VPM variaram entre as idades. As estações do ano não influenciaram os valores de leucócitos, monócitos linfócitos e relação N/L, no entanto os valores de neutrófilos em bastonetes e eosinófilos variaram entre as estações. Os valores de neutrófilos em bastonetes e monócitos não foram alterados pelas idades, enquanto que os valores de leucócitos, neutrófilos segmentados, eosinófilos, linfócitos e relação N/L variaram entre as idades analisadas.

Palavras-chave: Bovino de leite. Estresse por calor. Hemograma. Índice térmico. Temperatura ambiente.

ABSTRACT

First, the aim of the study was to determine among nine temperature-humidity index (THI) equations, the one that best represents the effects of heat stress on crossbred dairy calves reared in a tropical environment. Twelve male and female calves, aged 20 to 60 days, and raised in a tropical pen were evaluated. Respiratory and heart rates, rectal, body surface, dry bulb and wet bulb temperatures were quantified in the morning and afternoon. Nine THI equations were calculated. The THI sensible heat-based equation presented the highest correlation with physiological variables, therefore it is the equation that best represents the effects of meteorological conditions on the thermal equilibrium of crossbred dairy calves reared in a tropical environment. The second research evaluated the influence of seasons and age on the physiological and hematological variables of crossbred dairy calves raised outdoors in a tropical environment. Forty-two male and female calves were evaluated from July 2016 to July 2017, when the calves were of 2, 15, 30, and 60 days of age. Respiratory and heart rates, rectal, body surface, dry bulb and wet bulb temperatures were quantified in the morning, and THI sensible heat-based were calculated. Subsequently, three milliliters of blood were collected from each calf to perform the hemogram. The day before the calves were evaluated, thermal environment data were collected to verify whether there were cyclic periods of heat stress. The mean air temperature ranged from 19 °C to 22.1 °C, and the highest THI value of 68 occurred in the summer mornings. In the afternoon, the maximum air temperature ranged from 27.5 °C to 29.7 °C. In autumn, respiratory and heart rates and body surface temperature were higher in 2-day-old calves than in other ages. The body surface temperature of 60-day-old calves was higher in spring and summer than in autumn. Rectal temperature remained in the normal range throughout the study period. Season did not influence the erythrogram and plaquetogram. The values for red blood cells, MCV, MCHC, RDW, platelets, and MPV varied among the calf ages. Season did not influence the values of leukocytes, monocytes, lymphocytes, or N/L ratio; however, band neutrophils and eosinophils varied among seasons. Band neutrophils and monocytes were not altered by age, whereas leukocyte, segmented neutrophils, eosinophils, lymphocytes, and N/L ratio values varied with age among the calves.

Keywords: Dairy cattle. Heat stress. Hemogram. Thermal index. Environmental temperature.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

PÁG

- TABELA 1 Dry bulb temperature (Tdb), wet bulb temperature (Twb), relative humidity (RH), partial vapor pressure (Pv), and dew point temperature (Tdp) of the environment, and the respiratory rate (RR), heart rate (HR), rectal temperature (RT), and body surface temperature (BST) of crossbred dairy calves in the morning and afternoon when they are reared in a tropical environment..... 48
- TABELA 2 Mean values and standard deviations for air temperature (Tdb), relative humidity (RH), and the nine THI results, and their relationship with the rectal temperature classes for crossbred dairy calves reared in a tropical environment..... 49
- TABELA 3 Analysis of the THI sensible heat-based equation for crossbred dairy calves reared in a tropical environment using Pearson's linear correlation..... 50

CAPÍTULO 3

- TABELA 1 Médias e desvios padrão das variáveis fisiológicas de bezerros leiteiros mestiços no 2°, 15°, 30° e 60° dias de idade no outono, inverno, primavera e verão em ambiente tropical..... 76
- TABELA 2 Médias e desvios padrão (DP) do eritrograma de bezerros leiteiros mestiços no 2°, 15°, 30° e 60° dias de idade no outono, inverno, primavera e verão em ambiente tropical..... 77
- TABELA 3 Médias e desvios padrão (DP) do plaquetograma de bezerros leiteiros mestiços no 2°, 15°, 30° e 60° dias de idade no outono, inverno, primavera e verão em ambiente tropical..... 78

TABELA 4	Médias e desvios padrão (DP) do leucograma de bezerros leiteiros mestiços no 2º, 15º, 30º e 60º dias de idade no outono, inverno, primavera e verão em ambiente tropical.....	79
TABELA 5	Coefficiente de correlação de Spearman entre as variáveis fisiológicas de termorregulação com as variáveis meteorológicas e hematológicas de bezerros leiteiros mestiços em ambiente tropical.....	80

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1		PÁG
FIGURA 1	Zonas da temperatura ambiente relacionadas com a variação da taxa metabólica e da temperatura corporal. ZTN: zona termo neutra, TCI: Temperatura crítica inferior, TCS: Temperatura crítica superior.....	19
FIGURA 2	A inter-relação do calor, água e energia metabolizável no herbívoro.....	21
CAPÍTULO 2		
FIGURA 1	Relationship between the temperature-humidity sensible heat-based index (THI 9) and the physiological variables. The dots represent the individual observations the lines represent the simple linear regression equations, and R^2 is the simple linear regression coefficient.....	51
CAPÍTULO 3		
FIGURA 1	Valores médios de temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e setembro), primavera (outubro, novembro e dezembro) e verão (janeiro, fevereiro e março) em ambiente tropical.....	74
FIGURA 2	Valores da temperatura do ar máxima (°C), umidade relativa (%) e do Índice de temperatura e umidade máximo (ITU _{máx}) no outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e setembro), primavera (outubro, novembro e dezembro) e verão (janeiro, fevereiro e março) do dia anterior à avaliação dos bezerros em ambiente tropical.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - percentual

°C - graus Celsius

bat.min⁻¹ - batimentos cardíacos por minuto

CHCM - concentração de hemoglobina corpuscular média

dL - decilitro

FC - frequência cardíaca

fL- femtolitrah

FR - frequência respiratória

g - gramas

ITU - Índice de Temperatura e Umidade

L – litros

μL - microlitro

mov.min⁻¹ - movimentos respiratórios por minuto

p_v - pressão parcial de vapor

RDW - amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos

Relação N/L - relação neutrófilos/ linfócitos

T_{BS} - temperatura do bulbo seco

T_{BU} - temperatura do bulbo úmido

TCI - temperatura crítica inferior

TCS - temperatura crítica superior

TCS - temperatura corporal superficial

T_{PO} - temperatura de ponto de orvalho

TR - temperatura retal

UR - umidade relativa do ar

VCM - volume corpuscular médio

VPM - volume plaquetários médio

ZTN – zona de termoneutralidade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVOS.....	18
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 Zona termo neutra.....	18
3.2 Mecanismos para eliminação do calor.....	19
3.3 Variáveis termofisiológicas.....	21
3.4 Índice de temperatura e umidade (ITU).....	23
3.4.1 Variáveis hematológicas.....	25
REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 2 – WHAT IS THE BEST TEMPERATURE-HUMIDITY INDEX EQUATION TO INDICATE HEAT STRESS IN CROSSBRED DAIRY CALVES IN A TROPICAL ENVIRONMENT?	32
ABSTRACT.....	33
RESUMO.....	34
INTRODUCTION.....	35
MATERIALS AND METHODS.....	36
RESULTS.....	38
DISCUSSION.....	39
CONCLUSION.....	42
AKNOWLEDGEMENTS.....	43
COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS.....	43
CONFLICT OF INTEREST.....	43
REFERENCES.....	43
CAPÍTULO 3 - EFEITO DA IDADE E DAS ESTAÇÕES DO ANO SOBRE AS VARIÁVEIS TERMOFISIOLÓGICAS E HEMATOLÓGICAS DE BEZERROS LEITEIROS MESTIÇOS EM AMBIENTE TROPICAL	52
ABSTRACT.....	53
INTRODUÇÃO.....	55
MATERIAL E MÉTODOS.....	56
RESULTADOS.....	60
DISCUSSÃO.....	62

CONCLUSÃO.....	68
MANUFACTURES.....	68
ACKNOWLEDGEMENTS.....	68
ETHICAL APPROVAL.....	68
DECLARATION OF INTEREST.....	69
REFERÊNCIAS.....	69
ANEXO A - PROTOCOLO DE REGISTRO NO CEUA-UFU.....	81
ANEXO B - INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS DA REVISTA ACTA SCIENTIAE VETERINARIAE.....	82

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

(Redigido de acordo com as normas da Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia)

1 INTRODUÇÃO:

Na bovinocultura, a criação de bezerros é uma atividade muito importante, pois é por meio dela que serão disponibilizados animais para reposição do rebanho. Dessa forma, os produtores devem se preocupar com os efeitos negativos ocasionados pelo estresse por calor, pois os bezerros também podem ter seu desempenho prejudicado ao ficarem expostos a elevadas temperaturas ambiente (BROUCEK; KISAC; UHRINCAT, 2009) e à radiação solar. Por essa razão deve-se priorizar manejos que garantam o conforto, bem-estar e condições favoráveis ao desenvolvimento do animal.

As variáveis meteorológicas devem ser analisadas, por influenciarem o equilíbrio térmico dos animais (SILVA; MORAIS; GUILHERMINO, 2007), e com base nos seus resultados são calculados os índices de estresse térmico para avaliar os efeitos negativos do estresse por calor (BERMAN et al., 2016). O índice de temperatura e umidade (ITU) é o mais utilizado para avaliar o efeito do ambiente térmico sobre os animais de produção. Ele foi desenvolvido por Thom (1959) e leva em consideração o efeito da temperatura e umidade conjuntamente, que são variáveis meteorológicas que podem facilmente serem obtidas na propriedade rural ou de uma estação meteorológica próxima (SOUZA et al., 2010; BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007). A sua avaliação se baseia na definição de valores críticos, que devem ser específicos para as condições meteorológicas e climáticas de cada região, para cada categoria animal bem como para cada raça, propiciando a correta interpretação da situação de estresse por calor ou de conforto para bezerros mestiços criados em ambiente tropical.

O monitoramento das variáveis fisiológicas e dos componentes hematológicos serve como ferramenta para avaliar o bem-estar dos bovinos (BROUCEK; KISAC; UHRINCAT, 2009). As variáveis hematológicas devem ser comparadas com valores de referência regionais (BIRGEL JÚNIOR; D'ANGELINO; BENESI, 2001), pois as condições climáticas e o manejo dos animais são fatores que podem ocasionar variações dos constituintes hematológicos (SOUZA et al., 2007). Além disso, os intervalos de referência presentes na literatura são baseados em bovinos adultos, sendo escassos os estudos com bezerros mestiços, principalmente os neonatos.

Assim, a avaliação das variáveis fisiológicas, hematológicas e o cálculo do ITU servem como ferramentas para identificar o momento em que as condições meteorológicas exercem efeito negativo sobre a homeostase térmica dos bezerros mestiços. Com isso, é possível orientar o produtor a escolher animais mais adaptados à região tropical, melhorar as instalações e aumentar

a quantidade de sombra nas pastagens, a fim de garantir a saúde, bem-estar e um ótimo desempenho dos bezerros.

2 OBJETIVOS

Objetivou-se, no primeiro estudo, determinar dentre nove equações do índice de temperatura e umidade (ITU) a que melhor representa os efeitos do estresse por calor para bezerros leiteiros mestiços criados em ambiente tropical. No segundo estudo, objetivou-se avaliar a influência das estações do ano e da idade sobre as variáveis fisiológicas e hematológicas de bezerros leiteiros mestiços criados ao ar livre em ambiente tropical.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Zona termo neutra

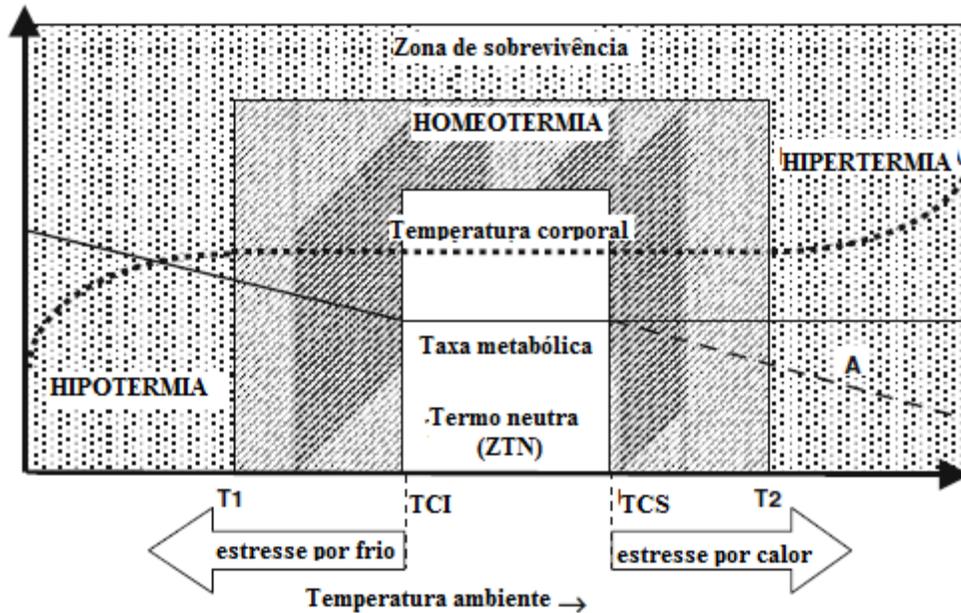
Nos animais homeotérmicos, a principal fonte de energia se dá pelo processo metabólico, somado ao ganho térmico e pelo exercício físico. O equilíbrio térmico ocorre pela troca de energia (ganho e perda) entre eles e o ambiente (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). A faixa de temperatura em que o ganho e a perda de energia pelos animais são mínimos é considerada como zona termo neutra (ZTN), representada como a faixa entre a temperatura crítica inferior (TCI) e a temperatura crítica superior (TCS) (Figura 1). Dentro dessa faixa, a temperatura corporal profunda é mantida sem mudanças na produção de calor metabólico ou ativação da perda de calor evaporativa (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013).

A zona termo neutra para bovinos leiteiros taurinos varia de 5 °C a 25 °C (YOULSEF, 1985), enquanto que para bovinos leiteiros mestiços está entre 7 °C e 35 °C (SILVA, 2000), mas pode variar dependendo da raça, idade, aclimatização, alimentação, nível de produção e tipo de pelame do animal (AZEVEDO et al., 2005). Para bezerros leiteiros de origem europeia esta faixa varia de 5 °C a 20 °C (NRC, 2001), mas segundo Davis e Drackley (1998) a temperatura crítica superior é em torno de 26 °C. Já para os bezerros leiteiros mestiços, ainda não se conhece qual é o intervalo de temperatura da ZTN.

Quando a temperatura ambiente está abaixo da TCI o animal está sob o estresse por frio, e quando a temperatura ambiente está acima da TCS o animal está sob o estresse por calor (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013) (Figura 1). Quando o animal está sob os efeitos do estresse por calor, significa que os mecanismos fisiológicos para perda do calor excedente não mantiveram a

temperatura corporal profunda constante, dessa forma ela irá aumentar progressivamente (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013).

Figura 1: Zonas da temperatura ambiente relacionadas com a variação da taxa metabólica e da temperatura corporal. ZTN: zona termo neutra, TCI: Temperatura crítica inferior, TCS: Temperatura crítica superior. **Fonte:** Da Silva; Campos Maia (2013).



Sob a zona termo neutra as variáveis fisiológicas de termorregulação encontram-se dentro do intervalo de referência para a espécie. Se os valores de frequências respiratória e cardíaca se elevarem e, a temperatura retal ainda mantiver dentro da normalidade indica que os mecanismos termorregulatórios foram suficientes para manter o equilíbrio térmico, mas é preciso prestar atenção no animal uma vez que se a temperatura retal aumentar significa que ele já está sob os efeitos do estresse por calor e não consegue dissipar o calor excedente (SILVA et al., 2015).

3. 2 Mecanismos para eliminação do calor

Para evitar o aumento da temperatura corporal profunda, o excesso de calor deve ser dissipado de duas formas: sensível (condução, convecção e radiação) ou insensível (evaporação cutânea e respiratória) (MAIA; DA SILVA; LOUREIRO, 2005). A perda de calor sensível é influenciada pela temperatura e a velocidade do vento, já a dissipação de calor pela forma evaporativa é dependente da pressão de vapor (MAIA; DA SILVA; LOUREIRO, 2005).

Quando o animal troca calor com o ambiente por contato direto, é denominado perda de calor por condução (CATTLEMAN; VALE, 2013). Perda de calor por convecção é quando o ar frio em contato com o corpo quente carrega o calor e reduz a temperatura corporal superficial (KADZERE et al., 2002). O vento exerce um papel importante na eliminação do calor por convecção, mas para que isso ocorra a temperatura do ar deve ser menor que a temperatura corporal superficial do animal (CATTLEMAN; VALE, 2013).

A radiação solar é a ação direta dos raios solares e reflexão deles pelo solo e também pelas instalações sobre o animal (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). Em regiões tropicais, a disponibilização de sombra via utilização de bezerreiros tropicais é uma prática adotada pelos produtores. Quando o bezerro está sob a sombra proporcionada pela cobertura do bezerreiro ele ficará protegido dos raios solares que incidiriam diretamente sobre ele, mas, ele ainda estará exposto a diferentes tipos de energias solares difusas (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994).

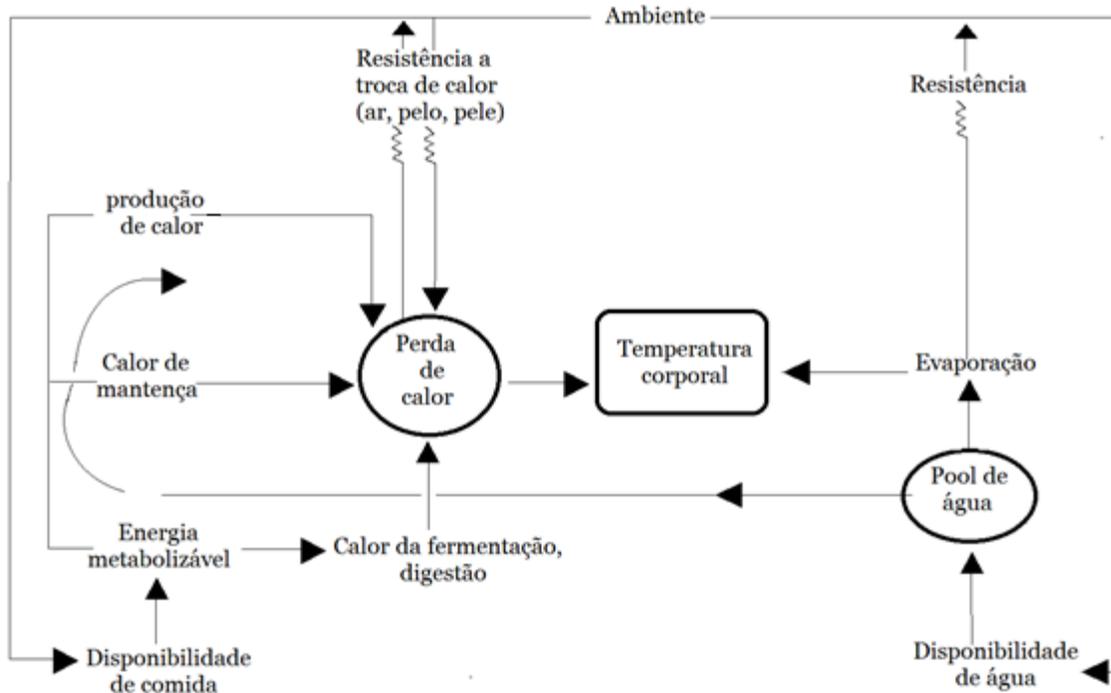
A perda de calor via evaporação é em torno de 20 a 30% da perda total de calor se a temperatura do ar estiver entre 10 °C e 20 °C, sendo o restante associado à perda sensível de calor (MAIA; DA SILVA; LOUREIRO, 2005). No entanto, em ambiente tropical, a temperatura do ar pode ser semelhante ou mais elevada que a temperatura corporal superficial dos animais, reduzindo a perda de calor por condução e convecção, sendo assim, a eliminação de calor por evaporação passa a ser predominante (STARLING et al., 2002). Maia, Da Silva e Loureiro (2005) observaram que em vacas holandesas criadas em ambiente tropical com temperaturas do ar superiores a 30 °C, a evaporação foi a principal forma de eliminar o excesso de energia térmica, chegando a aproximadamente 85% da perda total de calor.

Quando o bovino está exposto a um ambiente quente, ele ganha calor advindo dos processos metabólicos em seu organismo, da radiação solar (KADZERE et al., 2002), do exercício, dentre outros. Se o ganho de calor exceder a perda pelas vias sensíveis e pela evaporação, haverá um armazenamento do calor o que culminará no aumento da temperatura corporal profunda (FINCH, 1986) (Figura 2), submetendo os animais ao estresse por calor (KADZERE et al., 2002).

Durante o dia, em ambientes com temperaturas elevadas, o ganho de calor por radiação solar e do metabolismo do animal pode ser superior à perda de calor por radiação, convecção e evaporação, dessa forma há retenção de calor culminando no aumento da temperatura corporal profunda (FINCH, 1986). Em contrapartida, à noite, geralmente a temperatura do ar diminui e

com isso o calor armazenado é dissipado para o ambiente, conseqüentemente a temperatura corporal reduz, retornando ao estado de normotermia (FINCH, 1986; KADZERE et al., 2002).

Figura 2: A inter-relação do calor, água e energia metabolizável no herbívoro. **Fonte:** adaptado de Finch (1986).



3.3 Variáveis termofisiológicas

O ambiente térmico, para animais criados em pastagens, é complexo, pois a temperatura do ar interage com a umidade, velocidade do vento e radiação solar, e a alteração de pelo menos uma dessas variáveis ambientais já é suficiente para modificar os fatores envolvidos na termorregulação dos animais (SILVA, 2000). No entanto, cada categoria animal irá expressar uma resposta diferente à variação de temperatura, umidade e aumento da radiação solar. Por isso, para avaliar se o animal está exposto ao estresse por calor é necessário considerar além das variáveis meteorológicas, as características dos animais, tais como: espécie, raça, idade, sexo, pelame, aclimação, nutrição, grau de hidratação, entre outros (LEE, 1965).

A resposta ao estresse por calor nos bovinos que pode ser facilmente observada pelo produtor é o aumento da frequência respiratória (FR), que tem como intuito eliminar o calor excedente via evaporação (CATTLEMAN; VALE, 2013). Linhares e colaboradores (2015)

consideram que o monitoramento da FR é recomendável a animais jovens. No entanto, há variações na classificação dos seus limites que representariam o estresse por calor nos bovinos. Silanikove (2000) considera como fisiológico o intervalo de 20 a 40 mov.min⁻¹. Já Hahn, Parkhurst e Gaughan (1997) afirmaram que em bovinos saudáveis uma FR inferior a 60 mov.min⁻¹ é indicativo de ausência ou um estresse por calor discreto. A evaporação pela respiração é dependente da elevação da frequência respiratória, mas quando muito elevada pode ocasionar sérios danos fisiológicos nos animais, tais como diminuição da pressão parcial de CO₂ no sangue arterial (MAIA; DA SILVA; LOUREIRO, 2005), e aumento do calor corporal devido o trabalho acelerado dos músculos respiratórios (SILVA; SOUZA; SILVA, 2010).

A frequência cardíaca (FC) em bovinos varia de 60 a 80 bat.min⁻¹ (FEITOSA, 2008). Porém, em animais jovens a idade é um fator que influencia a FC por alterar o tônus vagal e intensificar a atividade dos centros cardioacelerador e vasoconstritor (SILVA et al., 2005). Em bovinos expostos ao estresse por calor de curta duração será observado o aumento da FC, no entanto em condições de estresse de média a longa duração ela poderá reduzir (BIANCA, 1959). Singh e Newton (1978) observaram que a FC de bezerros machos de origem europeia, de 2 a 3 meses, expostos ao estresse por calor por 12 horas diárias, reduziu quando a temperatura aumentou de 18 °C para 40,5 °C e com a umidade relativa de 50%. Lima e colaboradores (2006) em um estudo com bezerras mestiças (Holandês x Guzerá) utilizaram a FC como uma das variáveis fisiológicas para avaliar se elas mantiveram a homeotermia em comparações no período da manhã e da tarde com os animais expostos ao sol e à sombra, e observaram que ela pode variar quando o animal executa exercício em busca de alimentos e pela própria ação da digestão. Dessa forma, os resultados da FC como uma variável fisiológica de termorregulação são controversos, indicando que ela não deve ser utilizada para avaliar os efeitos do estresse por calor.

O aumento da temperatura retal (TR) nos bovinos indica que os mecanismos de termorregulação foram insuficientes para manter a temperatura corporal profunda constante (GAUGHAN et al., 2000; MARTELLO et al., 2004). A TR dos bovinos leiteiros varia de 38 °C a 39,3 °C (COSTA et al. 2015), podendo chegar até 39,5 °C em animais jovens (FEITOSA, 2008). Quando a TR se mantém dentro do intervalo de referência para a espécie, é possível afirmar que com a ativação dos mecanismos termorregulatórios, como o aumento da frequência respiratória, foi possível eliminar o calor excedente e com isso manter a temperatura corporal profunda constante (SILVA et al., 2015). No entanto, é importante ressaltar que diversos fatores podem

influenciar a TR, tais como: horário do dia, temperatura do ar, exposição à radiação solar, ingestão de água, consumo de alimentos, a idade do animal, estado fisiológico, raça, adaptação ao calor, entre outros (PERISSINOTTO et al., 2009).

O valor da temperatura corporal superficial (TCS) serve como um indicativo da eficiência da dissipação de calor sensível entre a pele do animal e o ambiente. Quando a temperatura do ar se eleva há o aumento no fluxo sanguíneo após a dilatação dos vasos capilares superficiais e conseqüentemente a elevação da TCS (DA SILVA; CAMPOS MAIA, 2013). Em regiões tropicais, a perda de calor sensível é prejudicada quando a temperatura ambiente é semelhante ou maior do que a temperatura corporal superficial dos animais, de forma que eles passam a depender da forma insensível (evaporação respiratória e cutânea) de perda de calor (STARLING et al., 2002), pois a elevação da temperatura corporal superficial pode desencadear o mecanismo fisiológico de elevação da taxa de evaporação (MAIA; DA SILVA; LOUREIRO, 2005).

3. 4 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Conforme descrito por Berman e colaboradores (2016) os índices de estresse térmico são amplamente utilizados na avaliação dos efeitos negativos ocasionados pelo estresse por calor. Contudo, muitos índices foram criados em regiões temperadas (SILVA; MAIA; COSTA, 2015) utilizando bovinos que são mais sensíveis ao calor (FONSECA et al., 2016), dessa forma é necessário estabelecer valores críticos específicos baseados nas condições meteorológicas e climáticas de cada região, a fim de interpretar os resultados de forma correta para bovinos mestiços criados em ambiente tropical.

O índice de estresse térmico mais utilizado é o índice de temperatura e umidade (ITU). Ele foi desenvolvido por Thom (1959) para avaliar seres humanos, e posteriormente sua utilização foi aplicada aos animais de produção. Ao longo dos anos diversas equações de ITU foram propostas (NRC, 1971; YOUSEF, 1985; MADER et al., 2006; BERMAN et al., 2016), e elas levam em consideração o efeito da temperatura e umidade do ar conjuntamente.

As equações do ITU diferem entre si pela forma de avaliar o efeito da umidade. Há aquelas que avaliam pelo valor do bulbo úmido (THOM, 1959; BIANCA, 1962; NRC, 1971), outras consideram o valor da temperatura do ponto de orvalho (NRC, 1971; YOUSEF, 1985), e existem as que possuem em suas equações o valor da umidade relativa (NRC, 1971; MADER et al., 2006; BERMAN et al., 2016). Sendo elas:

$$\text{ITU 1} = 0,4 \times (\text{Tbs} + \text{Tbu}) \times 1,8 + 32 + 15 \text{ (THOM, 1959)}$$

$$\text{ITU 2} = (\text{Tbs} \times 0,15 + \text{Tbu} \times 0,85) \times 1,8 + 32 \text{ (BIANCA, 1962)}$$

$$\text{ITU 3} = (\text{Tbs} \times 0,35 + \text{Tbu} \times 0,65) \times 1,8 + 32 \text{ (BIANCA, 1962)}$$

$$\text{ITU 4} = 0,72 \times (\text{Tbs} + \text{Tbu}) + 40,6 \text{ (NRC, 1971)}$$

$$\text{ITU 5} = (1,8 \times \text{Tbs} + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times \text{UR}) \times (1,8 + \text{Tbs} - 26,0)] \text{ (NRC, 1971)}$$

$$\text{ITU 6} = (0,55 \times \text{Tbs} + 0,2 \times \text{Tpo}) \times 1,8 + 32 + 17,5 \text{ (NRC, 1971)}$$

$$\text{ITU 7} = \text{Tbs} + (0,36 \times \text{Tpo}) + 41,2 \text{ (YOUSEF, 1985)}$$

$$\text{ITU 8} = (0,8 \times \text{Tbs}) + (\text{UR} \div 100) \times (\text{Tbs} - 14,4) + 46,4 \text{ (MADER et al., 2006)}$$

$$\text{ITU 9} = 3,43 + 1,058 \times \text{Tbs} - 0,293 \times \text{UR} + 0,0164 \times \text{Tbs} \times \text{UR} + 35,7 \text{ (BERMAN et al., 2016)}$$

Onde: Tbs: temperatura do bulbo seco; Tbu: Temperatura do bulbo úmido; Tpo: Temperatura do ponto de orvalho; UR: umidade relativa.

Bohmanova, Misztal e Cole (2007) avaliaram diferentes equações de ITU para vacas leiteiras e concluíram que aquelas que dão ênfase à umidade são indicadas para regiões com clima úmido, enquanto que naquelas regiões em que a umidade não atinge níveis que comprometam a perda de calor por evaporação as equações de escolha são aquelas que dão ênfase à temperatura do ar. Já Berman e colaboradores (2016) afirmaram que o efeito da temperatura do ar é superestimado nas equações de ITU, enquanto que o efeito da umidade é subestimado, dessa forma ao propor o Índice de Temperatura e Umidade calor sensível, levou em consideração a forte interação existente entre a temperatura e umidade ($\text{Tbs} \times \text{UR}$), de forma a indicar o potencial impacto dessas variáveis na termorregulação dos bovinos.

O ITU tem sido investigado como um indicador de perdas na produção de leite de vacas em lactação (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007), ou dos malefícios do estresse por calor na qualidade espermática dos bovinos em reprodução (MENEGASSI et al., 2016). No entanto, a eficiência desse índice ainda não é bem conhecida para bezerros leiteiros mestiços, porque a maioria das pesquisas foi realizada em animais adultos e de raças puras, sendo escassos os resultados com animais jovens e mestiços.

A principal vantagem em se calcular o ITU é que seus dados podem ser facilmente obtidos de uma estação meteorológica próxima (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007), ou

então, medidos na própria fazenda ao longo do dia utilizando um instrumento denominado termo higrômetro (SOUZA et al., 2010).

Os resultados do ITU são classificados em diferentes níveis de estresse por calor (BOHMANOVA; MISZTAL; COLE, 2007), mas os limites críticos podem variar conforme a região e as características dos animais avaliados (BIFFANI et al., 2016). Por essa razão, existem várias classificações entre os autores. Thom (1959) classificou ITU abaixo de 70 como confortável, de 70 a 74 como desconfortáveis, de 75 a 79 como muito desconfortáveis e acima de 80 como seriamente desconfortável. Huhnke e colaboradores (2001) citam que de 79 a 83 como situação de perigo e acima de 84 como situação emergencial. Já Costa e colaboradores (2015) consideraram menor que 70 sem estresse, de 70 a 72 estado de alerta, de 72 a 78 crítico, de 78 a 82 perigoso e acima de 82 estado de emergência.

3. 5 Variáveis hematológicas

Os componentes sanguíneos são utilizados na avaliação do estado de saúde e, também, para indicar se os animais estão ou não sob o estresse (PAES; BARIONI; FONTEQUE, 2000). Birgel Júnior, D'Angelino e Benesi (2001) afirmaram que é importante criar valores de referências regionais para se interpretar o resultado do hemograma, porque a espécie animal, raça, idade, estado fisiológico, sexo, período do dia e as variáveis meteorológicas podem influenciar as variáveis hematológicas. Além disso, os intervalos de referência presentes na literatura são baseados em bovinos adultos, sendo escassos os estudos com bezerros mestiços, principalmente os neonatos.

O eritrograma dos bezerros recém-nascidos apresenta diferenças em relação ao de bovinos adultos. Na primeira semana de vida, os bezerros possuem menores concentrações de hemácias e maiores valores do volume corpuscular médio (VCM), por causa de suas hemácias serem grandes, de origem fetal, no entanto, serão substituídas por células menores com o avançar dos dias, culminando na redução do valor do VCM (JAIN, 1993). Além disso, o índice hematimétrico que avalia a amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos (RDW) também apresentará valores mais elevados nos primeiros dias de vida dos bezerros com redução gradativa com o avançar da idade.

Em animais submetidos ao estresse por calor a hemoconcentração pode ocorrer devido à desidratação, asfixia ou excitação, conseqüentemente haverá liberação de eritrócitos pelo baço, o

que resulta no aumento do conteúdo celular e redução do volume do fluido plasmático, elevando os valores do hematócrito (REECE, 2006; SREEDHAR et al., 2013) e dos níveis de hemoglobina (SEJIAN; MAURYA; NAQVI, 2010). McManus e colaboradores (2009) afirmaram que a hemoglobina e o hematócrito são bons indicadores de tolerância ao calor, pois quando os animais são submetidos ao estresse por calor, há uma elevação na taxa de sudorese que pode levar à desidratação com consequente aumento no valor do hematócrito.

O leucograma dos bezerros recém-nascidos apresenta diferenças em relação ao de bovinos adultos. Uma vez que, logo após o nascimento, o teor de cortisol plasmático é alto, culminando no aumento dos valores de neutrófilos, redução dos linfócitos e maior relação neutrófilos: linfócitos (N/L) (COLE; ROUSSEL; WHITNEY, 1997; ROCHA et al., 2013), pois há uma migração dos linfócitos da circulação para o sistema linfático, e a saída de neutrófilos do pool marginal para o circulante.

Quando o animal está sob o efeito do estresse por calor, podem ser constatadas alterações nos diferentes tipos de leucócitos, sendo esse tipo de leucograma denominado como leucograma de estresse. Nesse caso será observado o aumento no número dos neutrófilos, redução dos linfócitos e monócitos, podendo haver ausência de eosinófilos (COLE; ROUSSEL; WHITNEY, 1997; THRALL et al., 2015).

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; 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 1/2, 3/4, 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982005000600025>.

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**, v. 60, n. 10, p. 1453-1462, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>.

BIANCA, W. Acclimatization of calves to hot, humid environment. **The Journal of Agricultural Science**, v. 52, n. 3, p. 305-312, 1959. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600029609>.

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

BIFFANI, S.; BERNABUCCI, U.; VITALI, A.; LACETERA, N.; NARDONE, A. Effect of heat stress on nonreturn rate of Italian Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 7, p. 5837-5843, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10491>.

BIRGEL JÚNIOR, E. H.; D'ANGELINO, J. L.; BENESI, F. J. Valores de referência do eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no Estado de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 53, n. 2, p. 164-171, 2001. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352001000200006>.

BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 34, n. 2, p. 285-895, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA9940285>.

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, n. 4, p. 1947-1956, 2007. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>.

BROUCEK, J.; KISAC, P.; UHRINCAT, M. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. **International Journal of Biometeorology**, v. 53, n.2, p.201-208, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-008-0204-1>.

CATTLEMAN, J.; VALE, M. M. Estresse Térmico em Bovinos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 108, n. 587-588, p. 96-102, 2013.

COLE, D. J.; ROUSSEL, A. J.; WHITNEY, M. S. Interpreting a bovine CBC: Evaluating the leukon and acute-phase proteins. **Veterinary Medicine**, v. 92, n. 5, p. 470-478, 1997.

COSTA, A. N. L.; FEITOSA, J. V.; MONTEZUMA JR, P. A.; SOUZA, P. T.; ARAÚJO, A. A. Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 11, p. 1647-1653, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-0971-4>.

DA SILVA, R. G.; CAMPOS MAIA, A. S. **Principles of animal biometeorology**. Biometeorology, vol.2, New York: Springer, 2013. 283p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5733-2>.

DAVIS, C. L.; DRACKLEY, J. K. **The development, nutrition, and management of the young calf**. 1ed. Ames: Iowa State University Press, 1998. 339p.

FEITOSA, F. L. F. **Semiologia Veterinária**. A arte do diagnóstico. 2ed. São Paulo: Rocca, 2008. 792p.

FINCH, V. A. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. **Journal of Animal Science**, v. 62, n. 2, p. 531-542, 1986. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1986.622531x>.

FONSECA, V. D. F. C.; CÂNDIDO, E. P.; NETO, S. G.; SARAIVA, E. P.; FURTADO, D. A.; GAMA, J. P.; NASCIMENTO, G. V.; SARAIVA, C. A. S. A.; ALMEIDA, G. H. O.

Thermoregulatory responses of sindhi and guzerat heifers under shade in a tropical environment.

Semina: Ciências Agrárias, v. 37, n. 6, p. 4327-4338, 2016. DOI:

<https://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n6p4327>.

GAUGHAN, J. B; HOLT, S. M.; HAHN, G. L.; MADER, T. L.; EIGENBERG, R. Respiration Rate – Is It a Good Measure of Heat Stress in Cattle? **Asian-Australian Journal of Animal Sciences**, v. 13, n. 3, p. 329- 332, 2000.

HAHN, G. L.; PARKHURST, A. M.; GAUGHAN, J. B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, v. 40, n. 6, p. 97-121. 1997.

HUHNKE, R. L.; MCCOWAN, L. C.; MERAZ, L. C.; HARP, S. L.; PAYTON, M. E. Determining the frequency and duration of elevated temperature-humidity index. **ASAE Annual Meeting**, Sacramento, CA. Am. Soc. Agric. Biol. Eng., St. Joseph, MI, 2001.

JAIN, N. C. **Essentials of veterinary hematology**. 1ed., Pennsylvania: Lea & Febiger, 1993. p. 21-43. 417p.

KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, 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).

LEE, D. H. K. Climatic stress indices for domestic animals. **International Journal of Biometeorology**, v. 9, n. 1, p. 29-35, 1965. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02187306>.

LIMA, P. O.; MOURA, A. A.; FAÇANHA, D. A.; GUILHERMINO, M. M. Desempenho e indicadores de estresse térmico em bezerras alimentadas com suscedâneo lácteo com ou sem probiótico no semi-árido brasileiro. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v. 14, n. 2, p. 49-55, 2006.

LINHARES, A. S. F.; SOARES, D. L.; OLIVEIRA, N. C. T.; SOUZA, B. B.; DANTAS, N. L. B. Respostas fisiológicas e manejo adequado de ruminantes em ambientes quentes. **Agropecuária Científica no Semiárido (ACSA)**, v. 11, n. 2, p. 27-33, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.30969/acsa.v11i2>.

MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T. Environmental factor influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 3, p. 712-719, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>.

MAIA, A. S. C.; DA SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 50, n. 1, p. 17-22, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001000018>.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. L. DA; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000100022>.

McMANUS, C.; PRESCOTT, E.; PALUDO, G. R.; BIANCHINI, E.; LOUVANDINI, H.; MARIANTE, A. S. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Livestock Science**, v. 120, n. 3, p. 256-264, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.014>.

MENEGASSI, S. R. O.; PEREIRA, G. R.; BREMM, C.; KOETZ JÚNIOR, C.; LOPES, F. G.; FIORENTINI, E. C.; MCMANUS, C.; DIAS, E. A.; ROCHA, M. K.; LOPES, R. B.; BARCELLOS, J. O. J. Effects of ambient air temperature, humidity, and wind speed on seminal traits in Braford and Nellore bulls at the Brazilian Pantanal. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 11, p. 1787-1794, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1167-2>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **A guide to environmental research on animals**. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1971. 374p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washington, D.C. 2001. 381p.

PAES, P. R.; BARIONI, G.; FONTEQUE, J. R. Comparação dos valores hematológicos entre caprinos fêmeas da raça Parda Alpina de diferentes faixas etárias. **Veterinária Notícias**, v. 6, n. 1, p. 43-49, 2000.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F.; SOUZA, S. R. L.; LIMA, K. A.; MENDES, A. S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1492-1498, 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000094>.

REECE, W. O. **Duke's Physiology of Domestic Animals**. 12 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 954p. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2005.tb13089.x>.

ROCHA, T. G.; NOCITI, R. P.; SAMPAIO, A. A. M.; FAGLIARI, J. J. Hemograma e proteínas de fase aguda de bezerros sadios do nascimento aos 30 dias de idade. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33 (Supl. 1), p. 25-31, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2013001300005>.

SEJIAN, V.; MAURYA, V. P.; NAQVI, S. M. K. Adaptive capability as indicated by endocrine and biochemical responses of Malpura ewes subjected to combined stresses (thermal and nutritional) under semi-arid tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 653-661, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0341-1>.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 1, p. 1-18, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7).

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

SILVA, R. M. N.; SOUZA, B. B.; SOUZA, A. P.; MARINHO, M. L.; TAVARES, G. P.; SILVA, E. M. N. Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça Sindi no semi-árido. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p. 193-199, 2005. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542005000100024>.

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**, v. 36, n. 4, p. 1192-1198, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000500028>.

SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SILVA, G. A. Parâmetros fisiológicos e hematológicos de caprinos em função da adaptabilidade ao semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 3, p. 01-06, 2010. DOI: <https://dx.doi.org/10.30969/acsa.v6i3.70>.

SILVA, J. A. R.; ARAÚJO, A.A.; JÚNIOR, J. B. L.; SANTOS, N. F. A.; GARCIA, A. R.; OLIVEIRA, R. P. Thermal comfort indices off emale Murrah buffaloes reared in the Eastern Amazon. **International Journal of Biometeological**, v. 59, n. 9, p. 1261-1267, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0937-y>.

SINGH, S. P.; NEWTON, W. M. Acclimation of young calves to high temperatures: physiologic responses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 39, n. 5, p.795-797, 1978. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80986-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80986-3).

SOUZA, B. B.; SILVA, R. M. N.; MARINHO, M. L.; SILVA, G. A.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, A. P. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.883-888, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000300040>.

SOUZA, R.; SANTOS, G. T.; VALLOTO, A. A.; SANTOS, A. L.; GASPARINO, E.; SILVA, D. C.; SANTOS, W. B. R. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa em função da estação do ano e ordem de parto. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 2, p. 484-495, 2010.

SREEDHAR, S.; RAO, K. S.; SURESH, J.; MOORTHY, P.R. S.; REDDY, V. P. Changes in haematocrit and some serum biochemical profile of Sahiwal and Jersey x Sahiwal cows in tropical environments. **Veterinarski arhiv**, v.83, n.2, p. 171-187, 2013.

STARLING, J. M. C.; SILVA, R. G.; CERÓN-MUÑOZ, M.; BARBOSA, G. S. S. C.; COSTA, M. J. R. P. Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 2070-2077, 2002. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000800022>.

THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL, T. W. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. 2ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015. 678p.

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

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. vol. I. Basic principles. Boca Raton, FL: CRC Press, 1985. 217p. DOI: <https://doi.org/10.1002/smi.2460020413>.

CAPÍTULO 2

(Artigo submetido na revista Ciência Rural da Universidade Federal de Santa Maria, ISSN
Eletrônico: 1678-4596)

1 **What is the best temperature-humidity index equation to indicate heat stress in crossbred**
2 **dairy calves in a tropical environment?**

3
4 **Qual a melhor equação do índice de temperatura e umidade para indicar estresse por calor**
5 **em bezerros leiteiros mestiços em ambiente tropical?**

6
7 **Fernanda Gatti de Oliveira Nascimento^{1*}, Hellen Cris Pinto Aguiar¹, Gustavo Moya**
8 **Rodrigues¹, Ednaldo Carvalho Guimarães², Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento¹**

9
10 ¹ Faculty of Veterinary Medicine, Federal University of Uberlândia, Umuarama, CEP 38400-902,
11 Uberlândia, MG, Brazil. ² Faculty of Math, Federal University of Uberlândia, Santa Mônica,
12 CEP 38408-100, Uberlândia, MG, Brazil. *Correspondence: fgattion@hotmail.com

13

14 **ABSTRACT**

15 The aim of this study was to determine among nine temperature-humidity index (THI)
16 equations, the one that best represents the effects of heat stress on crossbred dairy calves reared in
17 a tropical environment. Twelve male and female calves, aged 20 to 60 days, and raised in a
18 tropical pen were evaluated. Respiratory (RR) and heart rates (HR), rectal (RT), body surface
19 (BST), dry bulb (Tdb) and wet bulb (Twb) temperatures, partial vapor pressure (Pv), relative
20 humidity (RH) and dew point temperature (Tdp) were quantified in the morning and afternoon.
21 Nine THI equations were calculated. The highest correlation between physiological variables and
22 THIs was used to select the best THI equation. The averages for Tdb, Twb, Pv, Tdp, RR, HR,
23 RT, and BST were higher in the afternoon than in the morning, whereas that for RH was the
24 opposite. The highest values for RT occurred at temperatures above 26.4 °C and when humidity
25 was below 55.5%. The Tdb and Pv correlations with RR (0.697 and 0.707), RT (0.703 and 0.706)

26 and BST (0.818 and 0.817) were significant and positive, whereas the RH correlations with the
27 same physiological variables were significant and negative (-0.622 , -0.590 and -0.638 ,
28 respectively). The best index was the THI sensible heat-based, which was significantly correlated
29 with RR ($r = 0.668$ and $r^2 = 0.446$), HR ($r = 0.259$ and $r^2 = 0.067$), RT ($r = 0.693$ and $r^2 = 0.479$)
30 and BST ($r = 0.807$ and $r^2 = 0.650$). In conclusion, the THI sensible heat-based equation best
31 represents the effects of meteorological conditions on the thermal equilibrium of crossbred dairy
32 calves reared in a tropical environment.

33 **Keywords:** cattle, comfort, dairy, thermal index.

34

35 RESUMO

36 Objetivou-se determinar dentre nove equações do ITU a que melhor representa os efeitos
37 do estresse por calor para bezerros leiteiros mestiços criados em ambiente tropical. Foram
38 avaliados 12 bezerros, machos e fêmeas, com idade de 20 a 60 dias, criados no bezerreiro
39 tropical. As frequências respiratória (FR) e cardíaca (FC), as temperaturas retal (TR), corporal
40 superficial (TCS), de bulbo seco (Tbs) e de bulbo úmido (Tbu), pressão parcial de vapor (Pv),
41 umidade relativa (UR) e temperatura do ponto de orvalho (Tpo) foram quantificadas pela manhã
42 e tarde. Calcularam-se nove equações do ITU. Utilizou-se como critério de determinação da
43 melhor equação do ITU a maior correlação entre as variáveis fisiológicas com os ITUs. As
44 médias das Tbs, Tbu, Pv, Tpo, FR, FC, TR e TCS foram superiores pela tarde em comparação a
45 manhã, enquanto que a UR teve comportamento inverso. Os maiores valores de temperatura retal
46 foram observados em temperaturas acima de $26,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade inferior a $55,5\%$. As correlações
47 entre Tbs e Pv com a FR ($0,697$ e $0,707$), TR ($0,703$ e $0,706$) e TCS ($0,818$ e $0,817$) foram
48 significativas e positivas, enquanto que as correlações da UR com essas mesmas variáveis

49 fisiológicas foram significativas e negativas (- 0,622, - 0,590 e - 0,638, respectivamente). O
50 melhor índice foi o ITU calor sensível que se correlacionou significativamente com a frequência
51 respiratória ($r = 0,668$ e $r^2 = 0,446$), frequência cardíaca ($r = 0,259$ e $r^2 = 0,067$), temperatura retal
52 ($r = 0,693$ e $r^2 = 0,479$) e temperatura corporal superficial ($r = 0,807$ e $r^2 = 0,650$). Conclui-se que
53 a equação do ITU calor sensível é a que melhor representa os efeitos das condições
54 meteorológicas no equilíbrio térmico de bezerras leiteiros mestiços em ambiente tropical.

55 **Palavras-chave:** bovinos, conforto, gado leiteiro, índice térmico.

56

57 INTRODUCTION

58 The most commonly used thermal stress index is the temperature-humidity index (THI),
59 which evaluates the combined effects of air temperature and humidity. It was developed by
60 THOM (1959) to evaluate human beings. Later, different equations were proposed that could be
61 used to evaluate production animals (NRC, 1971; YOUSEF, 1985; MADER et al., 2006;
62 BERMAN et al., 2016). The different THI equations can take into account dry and wet bulb
63 temperatures (T_{db} and T_{wb}), relative humidity (RH) and dew point temperature (T_{dp})
64 (BERMAN et al., 2016).

65 The main advantage of calculating a THI is that the data needed can be easily obtained on
66 the farm or from a nearby meteorological station, whereas the thermal radiation data received
67 from the animal and the wind speed are more difficult to record because they depend on specific
68 equipment and the data needed are often not publicly available (BOHMANOVA et al., 2007).

69 The THI has previously been investigated as an indicator of milk production losses from
70 lactating cows (BOHMANOVA et al., 2007) or as a way of assessing sperm quality damage to
71 breeding cattle caused by heat stress (MENEGASSI et al., 2016). However, the efficiency of this

72 index is still not clear for dairy crossbred calves, because most of the previous research was
73 conducted using young calves of European origin or adult animals (BROUCEK et al., 2009;
74 BERNABUCCI et al., 2014; MENEGASSI et al., 2016), which means that it is difficult to find
75 results for young and crossbred cattle.

76 The aim of this study was to determine which of nine proposed THI equations best
77 represents the effects of meteorological conditions on the thermal equilibrium of crossbred dairy
78 calves reared in a tropical environment.

79

80 **MATERIALS AND METHODS**

81 The experiment was conducted at the Experimental Farm on campus Gloria, at the Federal
82 University of Uberlândia, Uberlândia, MG, Brazil (18°56'56" S and 48°12'47" W, altitude: 925
83 m), where the average temperature ranges from 19 °C to 27 °C. The winter season is dry and cold
84 with low rainfall intensity, whereas the summer is hot and the rainfall intensity is high. Twelve
85 crossbred male and female dairy calves, aged 20 to 60 days, and raised in a tropical pen were
86 evaluated. They were descendants of crossings between crossbred females (3/4 *Bos taurus* with
87 1/4 *Bos indicus*) and the semen from Holstein, Girolando 5/8 and Gir bulls.

88 After birth, the calves were separated from their mothers. They received colostrum and
89 were individually identified using numbered earrings. Later, the umbilical structures were
90 submerged in iodine solution. Following these procedures, they were housed in individual
91 tropical pens, where they remained until weaning (approximately 75 days of age). After they
92 were weaned off colostrum, they were nursed exclusively with milk replacer at a rate of 6 L per
93 animal per day. This was divided into two portions: one was given at the beginning of the

94 morning and the other in the beginning of the afternoon. Water and starter mixture were offered
 95 *ad libitum*.

96 In the morning and afternoon, before nursing and on nine sunny days without rain in May
 97 2017, 1944 data values for the physiological variables and the meteorological factor were
 98 recorded. The respiratory rate (RR) was measured by counting the number of right flank
 99 movements per minute. The heart rate (HR) was measured by auscultating the number of heart
 100 beats per minute between the third and fifth intercostal space with a stethoscope (Rappaport P.A
 101 Med.) and rectal temperature (RT) was measured using a digital clinical thermometer (TH-150
 102 model G-Tech) inserted 5 centimeters into the rectum for 2 minutes. Body surface temperature
 103 (BST) was calculated from the mean of the forehead, scapula, groin, and shank temperatures,
 104 which were measured using an infrared digital thermometer (Instrutherm TI-550).

105 The environment Tdb and Twb were measured with an analog hygrometer (Incoterm).
 106 Then, the saturation pressure of the wet bulb temperature (Ps(Tw)), partial vapor pressure (Pv),
 107 saturation pressure of the dry bulb temperature (Ps(Ta)), relative humidity (RH) and dew point
 108 temperature (Tdp) were calculated according to SILVA (2008). Nine THI equations were
 109 calculated using temperatures expressed in degrees Celsius.

110

$$111 \quad \text{THI 1} = 0.4 \times (\text{Tdb} + \text{Twb}) \times 1.8 + 32 + 15 \text{ (THOM, 1959)}$$

$$112 \quad \text{THI 2} = (\text{Tdb} \times 0.15 + \text{Twb} \times 0.85) \times 1.8 + 32 \text{ (BIANCA, 1962)}$$

$$113 \quad \text{THI 3} = (\text{Tdb} \times 0.35 + \text{Twb} \times 0.65) \times 1.8 + 32 \text{ (BIANCA, 1962)}$$

$$114 \quad \text{THI 4} = 0.72 \times (\text{Tdb} + \text{Twb}) + 40.6 \text{ (NRC, 1971)}$$

$$115 \quad \text{THI 5} = (1.8 \times \text{Tdb} + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times \text{RH}) \times (1.8 + \text{Tdb} - 26.0)] \text{ (NRC, 1971)}$$

$$116 \quad \text{THI 6} = (0.55 \times \text{Tdb} + 0.2 \times \text{Tdp}) \times 1.8 + 32 + 17.5 \text{ (NRC, 1971)}$$

117
$$\text{THI 7} = \text{Tdb} + (0.36 \times \text{Tdp}) + 41.2 \text{ (YOUSEF, 1985)}$$

118
$$\text{THI 8} = (0.8 \times \text{Tdb}) + (\text{RH} \div 100) \times (\text{Tdb} - 14.4) + 46.4 \text{ (MADER et al., 2006)}$$

119
$$\text{THI 9} = 3.43 + 1.058 \times \text{Tdb} - 0.293 \times \text{RH} + 0.0164 \times \text{Tdb} \times \text{RH} + 35.7 \text{ (BERMAN et al., 2016)}$$

120

121 The Action[®] 2.9 tool was used to calculate paired T-tests, which were used to analyze the
122 effect of day-time conditions on the environment and the physiological variables. The Tdb, RH
123 and THI equations (1 to 9) were considered as variables, and the RT classes were considered as
124 treatments when they were used to verify the normality of the residuals for the mathematical
125 model of a random design (Anderson-Darling test) and the homoscedasticity of the variances for
126 the treatments (Levene's test). The differences between the RT classes for each variable were
127 evaluated using ANOVA and Tukey's test. The strength and direction of the relationship between
128 the physiological variables and the thermal environment factors were also analyzed by Pearson's
129 linear coefficient. All tests were performed using the significance level of 5%.

130

131 **RESULTS**

132 The mean Tdb, Twb, Pv, Tdp, RR, HR, RT and BST were higher in the afternoon than in
133 the morning. The exception was the RH results, which had an opposite trend to the other
134 variables (Table 1).

135 The lowest RT was observed in calves when the air temperature was 19.8 °C and RH was
136 75.8%. The THI values were also lower in comparison to the other RT classes. In contrast, the
137 highest RT values occurred at temperatures above 26.4 °C and RH below 55.5% (Table 2).

138 The Tdb Pearson's linear correlations with RR, RT, and BST were significant and positive
139 (0.697, 0.703 and 0.818, respectively), as were the correlations between Pv and RR, RT, and BST

140 (0.707, 0.706 and 0.817, respectively). The correlations between RH with RR, HR, and BST were
141 significant and negative (-0.622 , -0.590 and -0.638 , respectively) (Table 3).

142 All correlations between the THIs and the physiological variables were positive and
143 significant. THI 9 had the highest correlations with the physiological variables compared to the
144 other THI equations (Table 3). In the simple linear regression plot between THI 9 and HR (Figure
145 1), the points (which represent the individual observations) are far from the line, which suggests
146 that the coefficient value ($r^2 = 0.067$) was lower than the coefficients for the physiological
147 variables evaluated.

148

149 **DISCUSSION**

150 In the thermal neutral zone, the physiological variables for thermoregulation are within the
151 reference range of the species. If the values for RR and HR rise, but RT remains within the
152 normal range, then it indicates that the thermoregulatory mechanisms were able to maintain
153 thermal equilibrium. However, it is still important to observe the animal because if RT increases,
154 it means that the animal is suffering from heat stress and can-not dissipate the excess heat
155 (SILVA et al., 2015).

156 The RR of the calves in the afternoon exceeded the limit considered physiologically
157 appropriate for the species, which varies from 20 to 40 movements per minute (SILANIKOVE,
158 2000). The RT in dairy cattle ranges from 38 °C to 39.3 °C (COSTA et al., 2015) and can reach
159 up to 39.5 °C in younger animals (FEITOSA, 2008). The mean RT in the afternoon did not
160 exceed the reference range for the species. This indicates that the activation of thermoregulatory
161 mechanisms, such as an increased RR were able to eliminate excess heat and maintain a constant
162 deep body temperature (SILVA et al., 2015).

163 The HR in adult cattle ranges from 60 to 80 beats per minute (FEITOSA, 2008). If the
164 reference range for calves is used, then both the morning and afternoon values were above the
165 physiological limit for the species. However, age may influence the increase in the HR by
166 altering the vagal tonus and intensifying the activity of the cardio accelerator and vasoconstrictor
167 centers (SILVA et al., 2005). In addition, although the correlation values between the thermal
168 environment and HR were significant, they were low, as were the simple linear regression
169 coefficients. This suggested that this variable should not be chosen to evaluate the effects of heat
170 stress on calves.

171 As the ambient temperature increases, the sensible heat dissipation efficiency decreases
172 because of the lower temperature gradient between the skin and the environment. In this
173 situation, the animal can maintain body temperature by peripheral vasodilatation, which increases
174 surface blood flow and BST (DA SILVA & CAMPOS MAIA, 2013). Therefore, the higher BST
175 in the afternoon observed in this study can be explained, in part, by the higher air temperature. If
176 the ambient temperature continues to rise, the animal will depend on evaporation, respiratory, and
177 cutaneous heat loss, which is one of the main thermoregulation mechanisms in animals (DA
178 SILVA & CAMPOS MAIA, 2013).

179 The thermal neutral zone for crossbred dairy calves raised in a tropical environment has not
180 yet been fully elucidated. For dairy calves of European origin, this range varies from 5 °C to 20
181 °C (NRC, 2001). In this study, the recorded ambient temperature range was 17 °C to 29 °C.
182 However, the RT values only increased when the temperature was above 26.4 °C, which
183 suggested that crossbred dairy calves reared in temperatures between 17 °C and 26.4 °C can
184 maintain homeothermia throughout the day.

185 The THI results have previously been categorized into different levels of heat stress
186 (BOHMANOVA et al., 2007). However, several different classifications are currently being
187 used. THOM (1959) categorized THI values from 70 to 74 as uncomfortable, from 75 to 79 as
188 very uncomfortable, and above 80 as seriously uncomfortable. HUHNIKE et al. (2001) suggested
189 that from 79 to 83 was a dangerous situation and above 84 was an emergency situation, whereas,
190 COSTA et al. (2015) considered less than 70 as a no stress situation, 70 to 72 to be a state of
191 alert, 72 to 78 to be critical, 78 to 83 to be dangerous, and above 82 as a state of emergency.

192 There was considerable variation in the results obtained from the different THI equations
193 evaluated. However, the index values were statistically higher when RTs were above 39.1 °C.
194 Temperature-humidity index abilities to detect heat stress alter when different thermo-
195 environmental variables are considered in the equations. BOHMANOVA et al. (2007) evaluated
196 different THI equations for dairy cows and concluded that those that emphasize RH should be
197 used in regions with a humid climate, whereas in those regions where humidity does not reach
198 levels that compromise heat loss by evaporation, the equations of choice are those that emphasize
199 air temperature.

200 The higher correlation between the temperature-humidity sensible heat-based index (THI 9)
201 and the physiological variables indicated that this index best evaluates heat stress in crossbred
202 dairy calves. At temperatures up to 26.4 °C, the results for this index indicated an absence of
203 thermal stress (THI < 70). However, when the temperature was above 26.4 °C, the THI 9 values
204 rose and entered the discomfort situation category (THI > 74), which was confirmed by the
205 increase in RT above the limit considered physiologically appropriate for the species (> 39.5 °C).

206 Although the best temperature-humidity sensible heat-based index equation (THI 9) took
207 into account the RH value, it still produced the most accurate results in this study. In contrast,

208 BOHMANOVA et al. (2007) considered that THI equations that take into account RH should
209 only be used for regions with humid climates. BERMAN et al. (2016) stated that the effect of air
210 temperature is overestimated in the THI equations, while the effect of humidity is
211 underestimated. Therefore, when proposing a temperature-humidity sensible heat-based index,
212 the strong interaction between temperature and humidity ($T_{db} \times RH$) should be considered in
213 order to show the potential impact of these variables on bovine thermoregulation.

214 Understanding the responses and signs that animals present when exposed to heat stress is
215 vital (NIENABER & HAHN, 2004). The results produced by this study suggest that it is possible
216 to make rational decisions regarding the selection, planning and management of herds and the
217 environments in which cattle are raised.

218 The temperature-humidity sensible heat-based index calculation (BERMAN et al., 2016)
219 can identify when meteorological conditions negatively influence the thermal homeostasis of
220 crossbred dairy calves reared in a tropical environment. Therefore, the producer will be able to
221 determine whether there is a need to choose crossbred animals that are more adapted to a tropical
222 environment. The producer can also decide whether to upgrade livestock facilities and increase
223 the availability of shade in order to provide thermal comfort and improve animal welfare.

224

225 **CONCLUSION**

226 In conclusion, the THI sensible heat-based equation best represents the effects of
227 meteorological conditions on the thermal equilibrium of crossbred dairy calves reared in a
228 tropical environment.

229

230 **ACKNOWLEDGMENTS:** Financial support was given by the Coordenação de
231 Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES).

232
233 **COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS:** All procedures involving animals were
234 approved by the Ethics Committee for the Use of Animals of Federal University of Uberlândia,
235 under protocol CEUA/UFU nº 031/16.

236
237 **CONFLICT OF INTEREST:** The authors declare that they have no conflict of interest.

238
239 **REFERENCES**

240 BERMAN, A. et al. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index
241 for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of**
242 **Biometeorology**, 60(10), 1453-1462. 2016. Available from:
243 <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00484-016-1136-9>. Accessed: March 10th 2017,
244 DOI: 10.1007/s00484-016-1136-9.

245
246 BIANCA, W. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in
247 cattle. **Nature**, v. 195, p. 251–252, 1962. Available from:
248 <https://www.nature.com/articles/195251a0>. Accessed: March 15th 2017, DOI: 10.1038/195251a0.

249
250 BERNABUCCI, U. et al. The effects of heat stress in Italian Hostein dairy cattle. **Journal of**
251 **Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 471-486, 2014. Available from:

252 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213007467>. Accessed: March 10th
253 2017, DOI: 10.3168/jds.2013-6611.

254
255 BOHMANOVA, J. et al. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses
256 due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1947-1956, 2007. Available from:
257 <http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302%2807%2971681-8/abstract>.

258 Accessed: March 15th 2017, DOI: 10.3168/jds.2006-513.

259
260 BROUCEK, J. et al. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and
261 performance of calves. **International Journal of Biometeorology**, v. 53, n. 2, p. 201-208, 2009.
262 Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00484-008-0204-1>. Accessed:
263 March 3rd 2017, DOI: 10.1007/s00484-008-0204-1.

264
265 COSTA, A. N. L. et al. Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction
266 performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil.
267 **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 11, p. 1647-1653, 2015. Available from:
268 <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-015-0971-4>. Accessed: March 10th 2017, DOI:
269 10.1007/s00484-015-0971-4.

270
271 DA SILVA, R. G.; CAMPOS MAIA, A. S. **Principles of animal biometeorology**.
272 Biometeorology, vol.2, (Springer, Netherlands), 2013. 283p. Available from:
273 <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-5733-2>. Accessed: June 7th 2017, DOI:
274 10.1007/978-94-007-5733-2.

275
276 FEITOSA, F. L. F. **Semiologia Veterinária**. A arte do diagnóstico. 2ed. (Rocca, São Paulo),
277 2008. 792p.

278
279 HUHNKE, R. L. et al. Determining the frequency and duration of elevated temperature-humidity
280 index. **ASAE Annual Meeting**, Sacramento, CA. Am. Soc. Agric. Biol. Eng., St. Joseph, MI.
281 2001. Available from: <http://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=7464&t=2&redir=&redirType=> .
282 Accessed: July 23th 2017. DOI: 10.13031/2013.7464.

283
284 MADER, T. L. et al. Environmental factor influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal of**
285 **Animal Science**, v. 84, n. 3, p. 712-719, 2006. Available from:
286 <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1622&context=animalscifacpub>.
287 Accessed: April 4th 2017.

288
289 MENEGASSI, S. R. O. et al. Effects of ambient air temperature, humidity, and wind speed on
290 seminal traits in Braford and Nellore bulls at the Brazilian Pantanal. **International Journal of**
291 **Biometeorology**, v. 60, n. 11, p. 1787-1794, 2016. Available from:
292 <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00484-016-1167-2>. Accessed: March 10th 2017,
293 DOI: 10.1007/s00484-016-1167-2.

294
295 NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **A guide to environmental research on animals**.
296 National Academy of Sciences, Washington, DC. 1971. 374p.

297

298 NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed.
299 Washington, D.C. 2001. 381p.

300
301 NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Engineering and management practices to ameliorate livestock
302 heat stress. In: **Proceedings...** International Symposium of The CIGR, Evora, Portugal, p. 1-18,
303 2004. Available from:
304 <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/54380560/Publications/Evora2004.pdf>. Accessed: June
305 3rd 2017.

306
307 SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic
308 ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 1, p. 1-18, 2000. Available from:
309 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622600001627>. Accessed: April 27th
310 2017, DOI: 10.1016/s0301-6226(00)00162-7.

311
312 SILVA, R. M. N. et al. Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e
313 hematológicos de bovinos da raça Sindi no semi-árido. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 1, p.
314 193-199, 2005. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542005000100024)
315 [70542005000100024](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542005000100024). Accessed: April 27th 2017, DOI: 10.1590/s1413-70542005000100024.

316
317 SILVA, R. G. **Biofísica ambiental**: os animais e o seu ambiente. (FUNEP, Jaboticabal). 2008.
318 393p.

319

320 SILVA, J. A. R. et al. Thermal comfort indices off female Murrah buffaloes reared in the Eastern
321 Amazon. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 9, p. 1261-1267, 2015. Available
322 from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-014-0937-y>. Accessed: March 10th
323 2017, DOI: 10.1007/s00484-014-0937-y

324
325 THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959. Available from:
326 <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00431672.1959.9926960>. Accessed: April 25th
327 2017, DOI: 10.1080/00431672.1959.9926960.

328
329 YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. vol. 1. Basic principles. (CRC Press: Boca
330 Raton, FL). 1985. 217p. Available from:
331 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/smi.2460020413/abstract>. Accessed: April 25th 2017,
332 DOI: 10.1002/smi.2460020413.

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343 Table 1: Mean values, standard deviations, minimum and maximum values for dry bulb
 344 temperature (Tdb), wet bulb temperature (Twb), relative humidity (RH), partial vapor pressure
 345 (Pv), and dew point temperature (Tdp) of the environment, and the respiratory rate (RR), heart
 346 rate (HR), rectal temperature (RT), and body surface temperature (BST) of crossbred dairy calves
 347 in the morning and afternoon when they are reared in a tropical environment.

Variables	Morning			Afternoon		
	Mean \pm SD	Minimum	Maximum	Mean \pm SD	Minimum	Maximum
Tdb, °C	19.7 \pm 1.2 b	17.0	21.0	27.2 \pm 1.1 a	24.0	29.0
Twb, °C	17.0 \pm 1.8 b	13.0	20.0	19.9 \pm 1.5 a	17.0	23.0
RH, %	76.7 \pm 8.3 a	63.7	91.4	51.7 \pm 10.6 b	28.5	64.1
Pv, kPa	2.3 \pm 0.2 b	1.9	2.5	3.6 \pm 0.2 a	2.9	3.9
Tdp, °C	17.7 \pm 2.8 b	11.6	22.5	18.5 \pm 3.5 a	10.2	19.6
RR, mov.min ⁻¹	40.4 \pm 9.3 b	24.0	88.0	63.8 \pm 14.5 a	32.0	114.0
HR, beats.min ⁻¹	93.9 \pm 15.9 b	42.0	136.0	102.2 \pm 16.4 a	72.0	162.0
RT, °C	38.5 \pm 0.4 b	38.0	39.6	39.3 \pm 0.4 a	38.4	41.1
BST, °C	28.4 \pm 2.9 b	22.6	37.4	36.4 \pm 3.1 a	28.3	47.3

348 **(a,b)** mean values followed by the same letters in a line do not differ from each other according
 349 to the paired T-test ($p < 0.05$).

350

351 Table 2: Mean values and standard deviations for air temperature (Tdb), relative humidity (RH),
 352 and the nine THI results, and their relationship with the rectal temperature classes for crossbred
 353 dairy calves reared in a tropical environment.

	Tdb (°C)	RH (%)	THI 1	THI 2	THI 3	THI 4
RT (°C)	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
38.0 – 38.5	19.8 ± 1.7 c	75.8 ± 9.2 a	73.5 ± 2.2 c	66.3 ± 2.3 c	64.4 ± 2.8 c	67.1 ± 2.2 c
38.6 – 39.0	22.1 ± 3.6 b	69.1 ± 15.7 b	75.8 ± 3.8 b	68.9 ± 4.2 b	66.9 ± 4.4 b	69.4 ± 3.8 b
39.1 – 39.5	26.4 ± 2.5 a	54.1 ± 11.9 c	80.1 ± 2.6 a	73.8 ± 2.9 a	71.5 ± 3.1 a	73.7 ± 2.6 a
39.6 – 40.0	26.5 ± 2.8 a	55.5 ± 12.6 c	80.4 ± 3.0 a	74.0 ± 3.3 a	71.9 ± 3.5 a	73.9 ± 3.0 a
40.1 – 41.1	28.0 ± 0.8 a	44.1 ± 11.9 c	81.0 ± 1.6 a	74.8 ± 1.6 a	72.2 ± 2.5 a	74.6 ± 1.6 a
	THI 5	THI 6	THI 7	THI 8	THI 9	
RT (°C)	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
38.0 – 38.5	66.5 ± 2.3 c	75.5 ± 2.3 c	67.4 ± 2.3 c	66.3 ± 2.3 c	62.5 ± 3.4 c	
38.6 – 39.0	69.1 ± 4.3 b	77.8 ± 3.9 b	69.7 ± 3.9 b	68.9 ± 4.2 b	66.6 ± 6.5 b	
39.1 – 39.5	74.1 ± 2.9 a	82.2 ± 2.7 a	74.2 ± 2.7 a	73.8 ± 2.9 a	74.3 ± 4.3 a	
39.6 – 40.0	74.3 ± 3.3 a	82.5 ± 3.1 a	74.5 ± 3.1 a	74.0 ± 3.3 a	74.6 ± 5.1 a	
40.1 – 41.1	75.1 ± 1.6 a	83.1 ± 1.7 a	75.1 ± 1.7 a	74.8 ± 1.6 a	76.0 ± 2.1 a	

354 **(a, b, c)** Within each THI equation results, mean values followed by the same letters in a column
 355 do not differ according to Tukey's test at the 5% significance level.

356

357

358

359

360

361 Table 3: Analysis of the THI sensible heat-based equation for crossbred dairy calves reared in a
 362 tropical environment using Pearson's linear correlation

	RR	HR	RT	BST
Tdb	0.697*	0.258*	0.703*	0.818*
Twb	0.428*	0.182*	0.483*	0.599*
RH	-0.622*	-0.216*	-0.590*	-0.638*
Pv	0.707*	0.258*	0.706*	0.817*
Tdp	0.003 ns	0.032 ns	0.075**	0.136**
THI 1	0.642*	0.247*	0.668*	0.791*
THI 2	0.519*	0.211*	0.565*	0.687*
THI 3	0.602*	0.236*	0.636*	0.761*
THI 4	0.642*	0.247*	0.668*	0.791*
THI 5	0.656*	0.255*	0.683*	0,800*
THI 6	0.643*	0.247*	0.668*	0.791*
THI 7	0.644*	0.247*	0.669*	0.791*
THI 8	0.652*	0.254*	0.679*	0.797*
THI 9	0.668*	0.259*	0.693*	0.807*

363 Tdb: dry bulb temperature; Twb: wet bulb temperature; RH: relative humidity; Pv: partial vapor
 364 pressure; Tdp: dew point temperature; RR: respiratory rate; HR: heart rate; RT: rectal
 365 temperature; BST: body surface temperature. THI: temperature-humidity index.

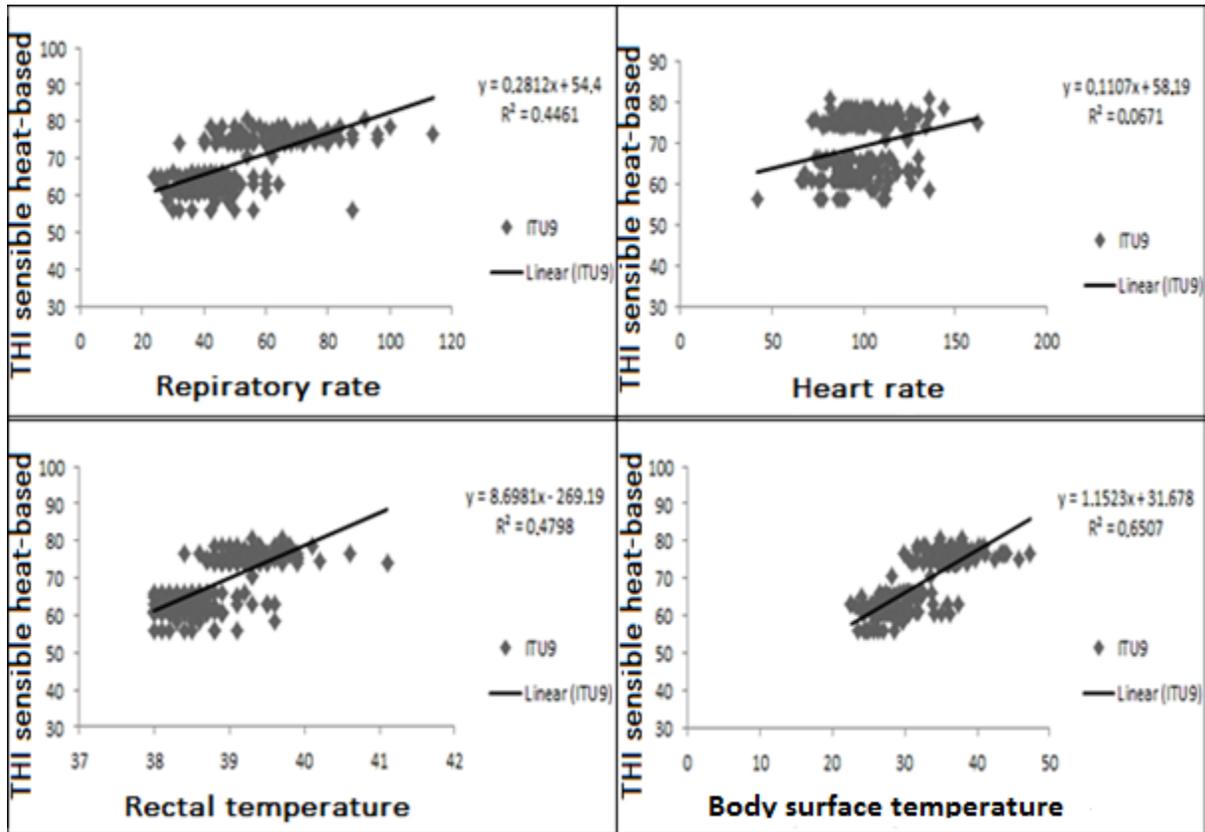
366 *p < 0,01, **p < 0,05, ns: not significant.

367

368

369

370 Figure 1: Relationship between the temperature-humidity sensible heat-based index (THI 9) and
371 the physiological variables. The dots represent the individual observations the lines represent the
372 simple linear regression equations, and R^2 is the simple linear regression coefficient.



373
374
375
376
377

CAPÍTULO 3

(Redigido de acordo com as normas da Revista Acta Scientiae Veterinariae da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ISSN Eletrônico: 1679-9216)

23 **Materials, Methods & Results:** Forty-two male and female calves were evaluated from July 2016
24 to July 2017, when the calves were of 2, 15, 30, and 60 days of age. Respiratory (RR) and heart
25 rates (HR) and rectal (RT) and body surface (BST) temperatures were quantified in the morning.
26 Additionally, in the morning, dry bulb (Tdb) and wet bulb (Twb) temperatures were measured,
27 and then, relative humidity (RH) and a temperature-humidity index (THI) were calculated. Blood
28 was collected to perform hemogram. The day before the calves were evaluated, thermal
29 environment data were collected to verify whether there were cyclic periods of heat stress. The
30 mean air temperature ranged from 19 °C to 22.1 °C, and the highest THI value of 68 occurred in
31 the summer mornings. In the afternoon, the maximum air temperature ranged from 27.5 °C to
32 29.7 °C. In autumn, respiratory and heart rates and body surface temperature were higher in 2-
33 day-old calves than in other ages. The body surface temperature of 60-day-old calves was higher
34 in spring and summer than in autumn. Rectal temperature remained in the normal range
35 throughout the study period. Season did not influence the erythrogram and plaquetogram. The
36 values for red blood cells, MCV, MCHC, RDW, platelets, and MPV varied among the calf ages.
37 Season did not influence the values of leukocytes, monocytes, lymphocytes, or N/L ratio;
38 however, band neutrophils and eosinophils varied among seasons. Band neutrophils and
39 monocytes were not altered by age, whereas leukocyte, segmented neutrophils, eosinophils,
40 lymphocytes, and N/L ratio values varied with age among the calves.

41 **Discussion:** The air temperature and THI remained within the thermoneutral zone of crossbred
42 dairy calves in the morning; however, in the afternoon the air temperature and THI increased,
43 which indicates cyclic periods of critical heat stress. Higher RR and HR values observed in 2-
44 day-old calves may be due to the physiological changes that accompany adapting to extrauterine
45 life. The RT remained within the reference range for species during all seasons and at all ages,

46 and therefore, the calves were able to maintain normothermia. The air temperature remained
47 lower than the BST and was within the thermoneutral zone; thus, the loss of sensible heat was
48 predominant in relation to evaporation dissipation. Age, breed, time of day, and meteorological
49 variables may influence hematological constituents. Red blood cells of newborn calves are large,
50 of fetal origin, and are replaced by smaller cells with advancing age, which results in a smaller
51 MCV value. The higher neutrophil concentrations in 2-day-old calves resulted in a higher N/L
52 ratio following the trend of plasma cortisol concentration, which is high at birth and decreases
53 with age. The highest values of band neutrophils are because these cells are responsible for
54 phagocytosis of microorganisms and other foreign materials. Since new-born calves are in
55 contact with microorganisms in the environment and are highly susceptible to infections, it is
56 justifiable to observe an increased number of band neutrophils. The differences observed in
57 lymphocyte numbers in calves aged 30 and 60 days during autumn, winter, and spring is likely
58 due to the production of B lymphocytes as an exposure response to agents present in the
59 environment. We conclude that seasons interfere with BST and neutrophil and eosinophil counts,
60 while age affects thermophysiological variables, erythrogram, plaquetogram, and leukogram.

61 **Keywords:** bovine, blood count, THI, environmental temperature.

62 **Descritores:** bovinos, hemograma, ITU, temperatura ambiente.

63

64

INTRODUÇÃO

65 Os efeitos negativos ocasionados pelo estresse por calor é uma preocupação quando se fala
66 de vacas em lactação, e muitas vezes os produtores deixam de considerar outras categorias
67 animais, especialmente os bezerros, que também podem ter prejuízos com a temperatura

68 ambiente elevada [6] e a exposição intensa à radiação solar. O estresse por calor pode aumentar a
69 mortalidade, reduzir o desempenho e produtividade futura e ainda prejudicar o bem-estar [23,1].

70 As medidas das variáveis termofisiológicas e hematológicas podem ser utilizadas para
71 avaliar o bem-estar nos bovinos [6]. No entanto, é importante considerar que a espécie animal,
72 raça, idade, estado fisiológico, sexo e o período do dia podem influenciar as variáveis
73 hematológicas [4].

74 As variáveis meteorológicas podem influenciar o equilíbrio térmico dos animais [27], e
75 com base nos seus valores é possível calcular os índices de estresse térmico com o objetivo de
76 avaliar o efeito do ambiente sobre os animais [20]. O índice de temperatura e umidade (ITU) é o
77 índice de estresse térmico mais utilizado para avaliar o efeito do ambiente térmico sobre os
78 animais de produção. Ele foi desenvolvido por Thom em 1959 [33] e leva em consideração o
79 efeito da temperatura e umidade conjuntamente. Posteriormente diferentes equações foram
80 propostas [21,35], sendo que a mais recente é o ITU calor-sensível, que leva em consideração a
81 forte interação existente entre a temperatura do ar e a umidade relativa [3].

82 Assim, objetivou-se determinar os efeitos das estações do ano e da idade sobre as variáveis
83 termofisiológicas e hematológicas de bezerros leiteiros mestiços criados em bezerreiros tropicais,
84 pela manhã, em ambiente tropical.

85

86

MATERIAIS E MÉTODOS

Local

88 O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do campus Glória, da Universidade
89 Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia, MG, (18°56'56" de latitude Sul e 48°12'47"
90 de longitude Oeste [18], a uma altitude de 925 metros). A temperatura média anual varia de 19

91 °C a 27 °C e seu clima é do tipo Aw, conforme classificação de Köppen, com inverno seco, frio e
92 com baixa intensidade pluviométrica, enquanto que o verão é quente e chuvoso [25].

93 *Animais*

94 De julho de 2016 a julho de 2017, 42 bezerros leiteiros mestiços, 16 machos e 26 fêmeas,
95 foram avaliados no 2º, 15º, 30º e 60º dias de idade. Estes foram provenientes de cruzamentos com
96 mães mestiças (3/4 *Bos taurus* com 1/4 *Bos indicus* de diferentes cruzamentos entre as raças
97 Jersey, Pardo Suíço, Holandês e Gir) e sêmen de touros das raças Holandês, 5/8 Girolando e Gir.

98 *Manejo, dieta e instalações*

99 Após o nascimento os bezerros foram separados das mães, receberam o colostro,
100 identificação com brincos e umbigo foi curado com solução de iodo. Depois, foram alojados nos
101 bezerreiros individuais tropicais (modelo argentino) onde permaneceram até o desmame
102 (aproximadamente aos 75 dias de vida). Após o período de colostragem, o aleitamento foi feito
103 exclusivamente com sucedâneo (seis litros/ dia/ animal). Água e o concentrado comercial (milho
104 moído, farelo de soja, farelo de trigo, farelo germe de milho, farelo de milho, calcário calcítico,
105 cloreto de sódio, premix vitamínico e mineral, com níveis de garantia de: 14,0 g de proteína
106 bruta; 2,0 g de extrato etéreo; 12,0 g de matéria mineral; 1,5 g de cálcio; 0,5 g de fósforo e 12,0 g
107 de fibra bruta) foram oferecidos *ad libitum*.

108 As mães dos bezerros foram vacinadas para febre aftosa, raiva e clostridioses. Os bezerros
109 foram vermifugados a cada dois meses com doramectina durante o período que permaneceram no
110 bezerreiro, e foram observadas baixas infestações de carrapatos e moscas. Não foram realizadas
111 vacinações nos bezerros.

112 Para o estudo foram utilizados apenas bezerros hígdos. Realizaram-se avaliações e coletas
113 de sangue de todos os bezerros no 2º dia de idade, e para a avaliação nas demais idades

114 excluíram-se aqueles bezerros que apresentaram secreções nasais e/ou oculares, diarreia ou
115 presença de hemoparasitas nos esfregaços sanguíneos (*Babesia* e/ou *Anaplasma*). Totalizando
116 159 avaliações ao longo do período experimental.

117 *Variáveis fisiológicas*

118 Antes do aleitamento, entre 07h30min e 08h00min, foram quantificadas a frequência
119 respiratória (FR) pela contagem do número de movimentos do flanco direito por minuto,
120 frequência cardíaca (FC) pela auscultação entre o terceiro e quinto espaço intercostal esquerdo
121 com o estetoscópio¹ obtendo-se o número de batimentos cardíacos por minuto, temperatura retal
122 (TR) medida por termômetro clínico digital² inserido no reto a cinco centímetros durante dois
123 minutos, e a temperatura corporal superficial (TCS) da fronte, escápula e virilha, com um
124 termômetro digital de infravermelho³, e calculou-se o valor médio.

125 *Variáveis hematológicas*

126 Após as avaliações fisiológicas, foram coletados três mililitros de sangue de cada bezerro
127 na veia jugular, colocados em tubos a vácuo com anticoagulante EDTA K2. Assim, foram
128 acondicionados em caixas isotérmicas e encaminhados imediatamente ao Laboratório Clínico
129 Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia, onde se realizou o hemograma em analisador
130 automático⁴ previamente calibrado com sangue controle. A contagem diferencial de leucócitos
131 foi realizada em esfregaços sanguíneos corados pelo método May-Grünwald-Giemsa [12],
132 utilizando a objetiva de imersão, sendo identificadas e contadas 100 células, estabelecendo a
133 fórmula leucocitária relativa, e calcularam-se os valores absolutos dos neutrófilos em bastonetes,
134 neutrófilos segmentados, eosinófilos, monócitos e linfócitos e a relação neutrófilo: linfócito
135 (N/L), sendo que para calcular a relação foram considerados os valores dos neutrófilos totais
136 (neutrófilos em bastonetes + neutrófilos segmentados).

137 *Ambiente Térmico*

138 As temperaturas de bulbo seco (Tbs) e bulbo úmido (Tbu) foram medidas com o
139 termohigrômetro analógico⁵, e a umidade relativa (UR) foi calculada [28]. Posteriormente, optou-
140 se por calcular o índice de temperatura e umidade calor-sensível [3], por ser a equação de ITU
141 proposta mais recentemente na literatura, e também por considerar na sua equação a interação da
142 temperatura do ar com a umidade relativa para avaliar o estresse térmico, conforme descrito
143 abaixo:

$$ITU = 3,43 + 1,058 \times Tbs - 0,293 \times UR + 0,0164 \times Tbs \times UR + 35,7$$

144 As mensurações do ambiente térmico foram realizadas concomitantemente com as medidas
145 fisiológicas [5].

146 Dados do ambiente térmico do dia anterior às coletas foram obtidos nas bases de dados do
147 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do posto meteorológico do Laboratório de
148 Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia da Universidade Federal Uberlândia
149 (IG/UFU) com a finalidade de verificar se os bezerros foram submetidos ao estresse cíclico por
150 calor. Os valores de temperaturas do bulbo seco máximos (Temperatura do ar_{máx}), que ocorreram
151 no período vespertino, bem como os valores de umidade relativa do horário correspondente
152 foram selecionados para o cálculo do Índice de Temperatura e Umidade máximo (ITU_{máx}).

153 *Análise Estatística*

154 As estações do ano e as idades foram consideradas tratamentos. Como não foi verificada a
155 normalidade dos resíduos (teste de Anderson-Darling) e/ou a homocedasticidade de variâncias
156 (teste de Levene), utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis. Para avaliar a influência do sexo usou o
157 teste de Mann-Whitney. A correlação entre as variáveis meteorológicas e hematológicas com as

158 fisiológicas foi calculada pelo coeficiente de correlação de postos de Spearman. Utilizou-se a
159 ferramenta IBM SPSS Statistics[®] versão 20, e adotou-se $\alpha = 0,05$.

160

161 **RESULTADOS**

162 A temperatura do ar e do ITU médios foram menores no outono e no inverno em relação à
163 primavera e o verão (Figura 1). A menor umidade relativa ocorreu no inverno em comparação as
164 demais estações.

165 A temperatura do ar máxima foi maior no verão em relação às demais estações, enquanto
166 que o ITU máximo foi maior no verão e na primavera em relação ao outono e inverno (Figura 2).
167 A umidade relativa foi menor no inverno em comparação as demais estações.

168 O sexo não influenciou as variáveis fisiológicas e hematológicas dos bezerros leiteiros
169 mestiços ($p > 0,05$).

170 Os valores de FR, FC e TR não diferiram entre as estações do ano no 2º, 15º, 30º e 60º
171 dias de idade dos bezerros (Tabela 1). A TCS não diferiu entre as estações do ano no 2º, 15º e 30º
172 dias de idade, porém no 60º dia de idade foi menor no outono em relação a primavera e verão
173 (Tabela 1).

174 No 2º dia de idade a FR foi maior do que no 30º e 60º dias de idade no outono, a FC foi
175 menor no 15º e 60º dias de idade no outono, e a TCS foi maior no 2º dia de idade em relação ao
176 60º dia no outono (Tabela 1). A FR e FC não diferiram entre as idades no inverno, primavera e
177 verão. O valor da TR não diferiu entre as idades no outono, primavera e verão, mas foi menor no
178 30º dia de idade no inverno. No entanto, a TR manteve-se dentro da normalidade ao longo de
179 todo o período (Tabela 1). A TCS não diferiu entre as idades no inverno e verão, mas foi maior
180 no 60º dia de idade do que no 15º e 30º dias na primavera.

181 A estação do ano não influenciou no eritrograma em todas as idades (Tabela 2).

182 A idade não alterou o número de hemácias no outono, inverno e primavera (Tabela 2) e
183 no verão os bezerros no 2º dia de idade apresentaram menor valor em relação ao 15º, 30º e 60º
184 dias de idade. A idade não influenciou a concentração de hemoglobina e o hematócrito em todas
185 as estações do ano (Tabela 2). No 60º dia de idade o valor de VCM foi menor em relação ao 2º
186 dia no outono, inverno, primavera e verão. As idades não influenciaram o valor de CHCM no
187 outono, inverno e verão, mas no 60º dia de idade foi menor do que no 15º e 30º dias de idade na
188 primavera. No 2º dia de idade o RDW foi menor do que no 15º dia no outono e menor do que no
189 15º e 30º dias de idade no inverno, e não diferiu entre as idades na primavera e verão (Tabela 2).

190 A estação do ano não influenciou nos valores de plaquetas e do VPM em todas as idades
191 (Tabela 3).

192 No 15º dia de idade as plaquetas foram maiores do que no 60º dia no outono e no 2º dia de
193 idade inverno, já na primavera e no verão foram maiores no 30º dia do que no 2º dia (Tabela 3).
194 No 2º dia de idade o VPM foi maior em relação ao 60º dia no outono, enquanto que no 2º dia de
195 idade do inverno e primavera foi maior do que o 30º dia. O VPM não diferiu entre as idades no
196 verão (Tabela 3).

197 A estação do ano não influenciou os valores de leucócitos, monócitos, linfócitos e relação
198 N/L (Tabela 4). As estações não afetaram o número de neutrófilos em bastonetes no 2º, 30º e 60º
199 dias de idade, no entanto no inverno foi maior em relação à primavera e verão no 15º dia de idade
200 (Tabela 4). A estação do ano não influenciou os valores de neutrófilos segmentados no 2º e 15º
201 dias de idade. Na primavera observaram-se maiores valores de neutrófilos segmentados para os
202 bezerros no 30º dia de idade, enquanto que os menores valores ocorreram para os bezerros no 60º
203 dia de idade em relação ao inverno e verão. A estação do ano não alterou os valores de

204 eosinófilos no 2º, 30º e 60º dias de idade, mas no verão foram maiores em comparação às demais
205 estações no 15º dia de idade (Tabela 4).

206 A idade não influenciou os valores de neutrófilos em bastonetes e monócitos (Tabela 4).
207 A idade não afetou os valores de leucócitos no outono, primavera e verão e foram maiores no 60º
208 dia de idade no inverno em relação ao 15º dia (Tabela 4). No 2º dia de idade os valores de
209 neutrófilos segmentados foram maiores em relação ao 60º dia no outono, primavera e verão, e a
210 idade não influenciou essas células no inverno. No 15º dia de idade os eosinófilos foram menores
211 em relação às demais idades no outono, inverno e primavera e a idade não influenciou essa célula
212 no verão (Tabela 4). No 2º dia de idade o número de linfócitos por microlitro de sangue foi
213 menor do que nas demais idades no outono, menor do que o 60º dia no inverno e inferior aos 30º
214 e 60º dias de idade na primavera, e não observou-se influência da idade no número de linfócitos
215 no verão. No 2º dia de idade a relação N/L foi maior em relação às demais idades em todas as
216 estações do ano (Tabela 4).

217 Houve correlação positiva e fraca entre a FR com Tbs, ITU, valores de neutrófilos e
218 relação N/L (Tabela 5). Houve correlação positiva e fraca entre a FC com os valores de
219 neutrófilos; enquanto que com os valores de linfócitos e relação N/L as correlações foram
220 negativas e moderadas. Houve correlação positiva e fraca entre a TR com a Tbs, ITU e valores
221 de eosinófilos; já com a umidade relativa, hemácias e linfócitos foram negativas e fracas. Houve
222 correlação moderada e positiva entre TCS com Tbs, Tbu e ITU (Tabela 5).

223

224

DISCUSSÃO

225 As variáveis meteorológicas, disponibilidade de alimento e água podem aumentar a
226 temperatura corporal profunda [13]. Assim, neste estudo o horário de avaliação dos bezerros foi

227 pela manhã, antes do aleitamento, com a finalidade de excluir a interferência da ingestão do leite
228 que poderia alterar os mecanismos de termorregulação. Além disso, é importante considerar que
229 por se tratar de bezerros criados em bezerreiros tropicais, durante o dia, principalmente no
230 período da tarde, com temperaturas do ar elevadas pode haver aumento da temperatura corporal
231 profunda devido à retenção de calor que só será dissipado para o ambiente durante a noite,
232 quando a temperatura do ar é menor, possibilitando que o animal retorne ao estado de
233 normotermia [13].

234 Apesar da menor temperatura do ar no outono e inverno em relação à primavera e verão,
235 esta variou de 19,0 °C a 22,1 °C ao longo do ano no período da manhã. Já no período da tarde a
236 temperatura do ar se elevou, variando de 27,5 °C a 29,7 °C, com os maiores valores observados
237 no verão. Considerando que bezerros leiteiros sob temperaturas de até 26 °C conseguem manter a
238 normotermia [9], pode-se afirmar que eles ficaram expostos a períodos cíclicos de estresse por
239 calor, que ocorreram no período da tarde.

240 Os ITU's menores (outono e inverno) e maiores (primavera e verão) se devem,
241 respectivamente, aos menores e maiores valores da temperatura nestas estações. O ITU abaixo de
242 70 é indicativo de ausência de estresse por calor [7], confirmando que os bezerros do presente
243 estudo estiveram dentro da zona termo neutra durante o horário das avaliações. No entanto, no
244 período da tarde, eles ficaram expostos a uma situação crítica de estresse por calor (ITU de 72 a
245 78) [7]. O menor valor da umidade relativa do ar foi observado no inverno, que é classificado
246 como o período frio, seco e de menor intensidade pluviométrica na região [25].

247 Sob a zona de termoneutralidade as variáveis termofisiológicas apresentam-se dentro do
248 intervalo de referência para a espécie [29]. No entanto, a maioria dos estudos foram determinados
249 em adultos, e, quando realizados com jovens não são considerados os neonatos. Contudo, para

250 avaliar se o animal está exposto ou não ao estresse por calor é importante levar em consideração a
251 idade, além da espécie, raça, sexo, pelame, aclimatação, nutrição, hidratação, vento, radiação,
252 umidade, etc. [17].

253 Os maiores valores das FR e FC nos bezerros do 2º dia de idade podem ser em
254 decorrência das alterações fisiológicas importantes que eles passam como forma de adaptação à
255 vida extrauterina [22]. A FR normal de bovinos adultos é de 20 a 40 mov.min⁻¹ [24]. No presente
256 estudo os valores de FR dos bezerros no 2º dia de idade em todas as estações ultrapassaram esse
257 intervalo (Tabela 1). No entanto, em bovinos saudáveis uma FR inferior a 60 mov.min⁻¹ é
258 indicativo de ausência ou um estresse por calor discreto [14].

259 A FC em bovinos varia de 60 a 80 bat.min⁻¹ [11]. Porém, em animais jovens o tônus vagal
260 altera e intensifica a atividade dos centros cardioacelerador e vasoconstritor [26]. Em bovinos
261 quando há aumento da FR associado com vasodilatação periférica, o coração necessitará
262 aumentar o número de batimentos [2]. Bezerros machos de origem europeia, de 2 a 3 meses de
263 idade, expostos ao estresse por calor por 12 horas diárias, reduziram a FC quando a temperatura
264 aumentou de 18 °C para 40,5 °C [30]. A FC pode variar conforme a estação do ano, pois o
265 consumo alimentar e a taxa metabólica estão susceptíveis a variações sazonais [15], no entanto
266 não foram observadas alterações nas estações do ano para a FC dos bezerros leiteiros mestiços do
267 presente estudo, possivelmente porque sua dieta se manteve a mesma ao longo de todo o ano
268 (suscedâneo, concentrado comercial e água *ad libitum*). Na presente pesquisa, não houve
269 correlação entre a FC com a temperatura do ar, umidade relativa e o ITU, indicando que essa
270 variável não deve ser utilizada para avaliar os efeitos do estresse por calor nos bezerros leiteiros
271 mestiços.

272 O intervalo de referência para a TR dos bovinos adultos varia de 38 °C a 39,3 °C [7],
273 podendo chegar a 39,5 °C em animais jovens [11]. No presente estudo a TR ficou dentro do
274 intervalo de referência para a espécie, indicando a adaptação dos bezerros ao ambiente térmico,
275 pois eles foram capazes de manter a normotermia [7].

276 A dissipação de calor sensível (condução, convecção e radiação) é maior quando a TCS é
277 superior à temperatura do ar. Então, no ambiente quente haverá um aumento no fluxo sanguíneo
278 periférico após a dilatação dos capilares superficiais e conseqüentemente elevará a TCS [8]. A
279 perda de calor sensível é prejudicada quando a temperatura ambiente está próxima ou superior à
280 temperatura superficial, e em ambiente quente como a região tropical, a evaporação (respiratória
281 e cutânea) muitas vezes é o principal mecanismo de dissipação de calor [31]. Apesar das
282 diferenças observadas nos valores da TCS nas diferentes idades ao longo das estações do ano, a
283 temperatura média do ar se manteve inferior a TCS média, o que indica que a perda de calor
284 sensível provavelmente foi predominante.

285 O menor número de hemácias no 2º dia de idade dos bezerros leiteiros mestiços no verão
286 pode estar relacionado com a rápida expansão do volume plasmático após o consumo do colostro
287 depois do nascimento e com o início da destruição das hemácias de origem fetal [16]. Em um
288 estudo com bezerros, no qual não foi citado a raça, observou-se que no dia do nascimento e com
289 três a 16 semanas de idade o valor de VCM, em fL, foram de $46,2 \pm 4,8$ e $37,8 \pm 3,2$,
290 respectivamente [16]. A redução do VCM com a idade também foi verificado no presente estudo,
291 uma vez que as hemácias dos bezerros recém-nascidos são de origem fetal, e serão substituídas
292 por células menores com o avançar dos dias, ocasionando a redução do valor do VCM [16].

293 O menor valor da CHCM no 60º dia de idade dos bezerros na primavera se deve ao fato
294 de que com a substituição das hemácias de origem fetal pode haver a presença de hemácias

295 imaturas, que possuem menor teor de hemoglobina que as hemácias maduras [32]. Os maiores
296 valores do RDW, que é um índice hematimétrico que avalia a amplitude de distribuição dos
297 glóbulos vermelhos, nos 15º e 30º dias de idade no outono e inverno se devem a maior destruição
298 fisiológica das hemácias de origem fetal nesse período e uma ativa resposta da medula óssea.

299 Apesar das diferenças observadas nos valores médios de plaquetas, elas permaneceram
300 dentro do intervalo de referência [16] que varia de 100 a 800 x 10³ plaquetas por microlitro de
301 sangue. Da mesma forma os valores médios de VPM também permaneceram dentro do intervalo
302 de 4,6 a 7,4 fL [34] para vacas clinicamente saudáveis.

303 Os maiores valores de neutrófilos em bastonetes no 15º dia de idade no inverno pode ser
304 consequência da adaptação extrauterina a qual os bezerros passam após o nascimento [22],
305 associado a isso há o contato com agentes infecciosos presentes no ambiente, e como no inverno
306 tanto a temperatura do ar quanto a umidade relativa foram baixas, pode haver uma menor
307 resistência dos animais, tornando-os suscetíveis às infecções, o que justifica o aumento no
308 número dos neutrófilos em bastonetes durante essa estação do ano, pois os neutrófilos são células
309 que fagocitam organismos e outros materiais estranhos [32].

310 Os menores valores dos eosinófilos no outono, inverno e primavera nos bezerros leiteiros
311 mestiços no 15º dia de idade se devem, possivelmente, à ação do cortisol, liberado pela glândula
312 adrenal em resposta ao estresse fisiológico [32] sofrido no momento da coleta de sangue, devido
313 à maior dificuldade de contenção dos animais dessa faixa etária.

314 As diferenças observadas para os linfócitos dos bezerros no 30º e 60º dias de idade no
315 outono, inverno e primavera podem estar relacionadas ao fato de que nesta faixa etária há uma
316 redução dos anticorpos de origem materna, e os bezerros estão em contato com microrganismos
317 presentes no ambiente, de forma que pode ter ocorrido um estímulo na produção dos linfócitos B.

318 No inverno os bezerros no 60º dia de idade apresentaram valores dos leucócitos aumentados,
319 acompanhado pelo maior valor dos linfócitos em relação às demais faixas etárias. Esses maiores
320 valores podem ser atribuídos ao maior contato dos bezerros com microrganismos presentes no
321 meio ambiente.

322 A maior concentração de neutrófilos nos bezerros leiteiros mestiços no 2º dia de idade
323 culminou na maior relação N/L durante todas as estações, com redução gradativa com a idade. Os
324 valores elevados de neutrófilos e da relação N/L são verificados em bezerros clinicamente
325 saudáveis ao nascimento [22], pois ela irá acompanhar a tendência da concentração de cortisol
326 plasmático, que é alto ao nascimento e diminui gradativamente com o avançar da idade [10],
327 promovendo uma migração dos linfócitos da circulação para o sistema linfático, e a saída de
328 neutrófilos do *pool* marginal para o circulante, o que justifica os valores elevados de neutrófilos
329 em bastonetes e segmentados nos bezerros do presente estudo. Também em outros estudos foram
330 observados redução de N/L com a idade, sendo observados os valores de 1,10 no dia do
331 nascimento e 0,41 com três a 16 semanas de idade [16].

332 A hemoglobina e o hematócrito são bons indicadores de tolerância ao calor [19]. No
333 entanto, no presente estudo essas variáveis não se correlacionaram com as variáveis fisiológicas,
334 provavelmente devido ao fato dos animais não terem apresentado uma elevada taxa de sudorese
335 que poderia levar à desidratação com consequente aumento no valor do hematócrito [19]. Já os
336 valores de neutrófilos, linfócitos e a relação N/L correlacionaram com a FR, sugerindo serem
337 essas variáveis do leucograma indicadas para avaliar os efeitos iniciais do estresse por calor. Pois,
338 quando os animais estão sob o efeito do estresse por calor seus mecanismos termorregulatórios
339 serão ativados, elevando inicialmente a FR, na tentativa de manter o equilíbrio térmico [29].

340 Portanto, os resultados do presente estudo servirão para bezerros leiteiros mestiços criados
341 em condições meteorológicas semelhantes, facilitando a identificação do momento em que o
342 animal estiver sob o efeito do estresse por calor. Assim, o produtor rural terá condições de
343 escolher animais mais adaptados à região tropical, bem como melhorar o ambiente para garantir
344 conforto e bem-estar aos bezerros.

345

346

CONCLUSÃO

347 As estações do ano interferem na temperatura corporal superficial, no número de
348 neutrófilos e eosinófilos, enquanto que a idade exerce efeito nas variáveis termofisiológicas, no
349 eritrograma, plaquetograma e leucograma.

350

351 MANUFACTURERS

352 ¹Rappaport P.A Med., CBEMED, Itupeva, SP, Brazil.353 ²TH-150 modelo G-Tech. Accumed Ltda. Duque de Caxias, RJ, Brazil.354 ³Instrutherm TI-550, Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda. São Paulo, SP, Brazil.355 ⁴Sysmex pocH-100iV DiffTM, São Paulo, SP, Brazil.356 ⁵Incoterm[®], Porto Alegre, RS, Brazil.

357

358 **Acknowledgements:** Financial support was given by the Coordenação de Aperfeiçoamento de
359 Pessoal do Nível Superior (CAPES).

360

361 **Ethical approval.** All procedures were formally approved by Ethical Committee for the Use of
362 Animals of Federal University of Uberlândia, under protocol CEUA/UFU n° 031/16.

363

364 **Declaration of interest.** The authors report no conflicts of interest. The authors alone are
365 responsible for the content and writing of the paper.

366

367

REFERENCES

368 **1 Alves J.R.A., Andrade T.A.A., Assis D.M., Gurjão T.A., Melo L.R.B. & Souza B.B. 2017.**

369 Productive and reproductive performance, behavior and physiology of cattle under heat stress
370 conditions. *Journal of Animal Behavior and biometeorology*, 5(3): 91-96. DOI:
371 <https://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v5n3p91-96>.

372 **2 Araújo J.I.M., Araújo A.C., Rodrigues H.T.M., Oliveira L.G., Júnior C.P.B., Fonseca**

373 **W.J.L., Luz C.S.M. & Júnior S.C.S. 2016.** Efeito de diferentes ambiente climáticos sobre
374 características fisiológicas de bezerros mestiços (Holandês x Gir). *Revista de Ciências*
375 *Agroveterinárias*, 15(3): 259-265. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711532016259>.

376 **3 Berman A., Horovitz T., Kaim M. & Gacitua H. 2016.** A comparison of THI indices leads to

377 a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity
378 stress. *International Journal of Biometeorology*, 60(10): 1453-1462. DOI:
379 <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>.

380 **4 Birgel Júnior E.H., D'Angelino J.L. & Benesi F.J. 2001.** Valores de referência do

381 eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no Estado de São Paulo. *Arquivo Brasileiro de*
382 *Medicina Veterinária e Zootecnia*, 53(2): 164-171. DOI: [https://dx.doi.org/10.1590/S0102-](https://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352001000200006)
383 [09352001000200006](https://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352001000200006).

384 **5 Brettas P.K.M., Nascimento M.R.B.M., Guimarães E.C. & Souza G.P. 2017.** Melhor índice

385 de estresse térmico para novilhas leiteiras mestiças. *Acta Scientiae Veterinariae*, 45(1486): 1-8.

- 386 **6 Broucek J., Kisac P. & Uhrincat M. 2009.** Effect of hot temperatures on the hematological
387 parameters, health and performance of calves. *International Journal of Biometeorology*, 53(2):
388 201-208. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00848-008-0204-1>.
- 389 **7 Costa A.N.L., Feitosa J.V., Montezuma Jr P.A., Souza P.T. & Araújo A.A. 2015.** Rectal
390 temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred
391 Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. *International Journal of*
392 *Biometeorology*, 59(11): 1647-1653. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-0971-4>.
- 393 **8 Da Silva R.G. & Campos Maia A.S. 2013.** *Principles of animal biometeorology.*
394 Biometeorology, vol.2, New York: Springer, 283p. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5733-2)
395 [5733-2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5733-2).
- 396 **9 Davis C.L. & Drackley J.K. 1998.** *The development, nutrition, and management of the young*
397 *calf*. 1ed. Ames: Iowa State University Press, 339p.
- 398 **10 Ebehart R.J. & Patt J.A. 1971.** Plasma cortisol concentrations in newborn calves. *American*
399 *Journal of Veterinary Research*, 32(12): 1921- 1927.
- 400 **11 Feitosa F. L. F. 2008.** *Semiologia Veterinária. A arte do diagnóstico.* 2ed. São Paulo: Rocca,
401 792p.
- 402 **12 Ferreira Neto J.M., Viana E.S. & Magalhaes L.M. 1982.** *Patologia Clínica Veterinária.*
403 2ed. Belo Horizonte: Editora Rabelo, 293p.
- 404 **13 Finch V.A. 1986.** Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in
405 the tropics. *Journal of Animal Science*, 62(2): 531-542. DOI:
406 <https://doi.org/10.2527/jas1986.622531x>.

- 407 **14 Hahn G.L., Parkhurst A.M. & Gaughan J.B. 1997.** Cattle respiration rate as a function of
408 ambient temperature. *Transactions of American Society of Agricultural Engineering*, 40(6): 97-
409 121.
- 410 **15 Indu S. & Pareek A. 2015.** A Review: Growth and Physiological Adaptability of Sheep to
411 Heat Stress under Semi–Arid Environment. *International Journal of Emerging Trends in Science*
412 *and Technology*, 2(9): 3188-3198. DOI: <https://dx.doi.org/10.18535/ijetst/v2i9.09>.
- 413 **16 Jain N.C. 1993.** Comparative hematology of common domestic animals. In: ____ *Essentials of*
414 *veterinary hematology*. 1ed., Pennsylvania: Lea&Febiger, p. 19-53. 417p.
- 415 **17 Lee D.H.K. 1965.** Climatic stress indices for domestic animals. *International Journal of*
416 *Biometeorology*, 9(1): 29-35. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02187306>.
- 417 **18 Maywald P.G. & Marçal Júnior O. 2013.** Estrutura de Áreas protegidas dos assentamentos
418 de reforma agrária no município de Uberlândia-MG, Brasil: um estudo de ecologia de paisagem.
419 *Revista Sociedade & Natureza*, 25(1): 75-90.
- 420 **19 McManus C., Prescott E., Paludo G.R, Bianchini E., Louvandini H. & Mariante A.S.**
421 **2009.** Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. *Livestock Science*, 120(3): 256-264.
422 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.014>.
- 423 **20 Nascimento G.V.D., Cardoso E.D.A., Batista N.L., Souza B.B.D. & Cambuí G.B. 2013.**
424 Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. *Agropecuária*
425 *Científica no Semiárido*, 9(4): 28-36. DOI: <https://dx.doi.org/10.30969/acsa.v9i4.349>.
- 426 **21 National Research Council - NRC. 1971.** *A guide to environmental research on animals*.
427 Washington, DC: National Academy of Sciences, 374p.

- 428 **22 Rocha T.G., Nociti R.P., Sampaio A.A.M. & Fagliari J.J. 2013.** Hemograma e proteínas de
429 fase aguda de bezerros sadios do nascimento aos 30 dias de idade. *Pesquisa Veterinária*
430 *Brasileira*, 33(Supl. 1): 25-31. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2013001300005>.
- 431 **23 Roland L., Drillich M., Klein-Jöbstl D. & Iwersen M. 2016.** Invited review: Influence of
432 climatic conditions on the development, performance, and health of calves. *Journal of Dairy*
433 *Science*, 99(4): 2438-2452. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9901>.
- 434 **24 Silanikove N. 2000.** Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic
435 ruminants. *Livestock Production Science*, 67(1): 1-18. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)
436 [6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7).
- 437 **25 Silva E.M. & Assunção W.L. 2004.** O clima na cidade de Uberlândia – MG. *Sociedade &*
438 *Natureza*, 16(30): 91-107.
- 439 **26 Silva R.M.N., Souza B.B., Souza A.P., Marinho M.L., Tavares G.P. & Silva E.M.N. 2005.**
440 Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça
441 Sindi no semi-árido. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(1): 193-199. DOI:
442 <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542005000100024>.
- 443 **27 Silva R.G., Moraes D.A.E.F. & Guilhermino M.M. 2007.** Evaluation of termal stress
444 indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4): 1192-1198.
445 DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000500028>.
- 446 **28 Silva R.G. 2008.** *Biofísica ambiental: os animais e o seu ambiente*. Jaboticabal: FUNEP,
447 393p.
- 448 **29 Silva J.A.R., Araújo A.A., Júnior J.B.L., Santos N.F.A., Garcia A.R. & Oliveira R.P.**
449 **2015.** Thermal comfort índices off emale Murrah buffaloes reared in the Eastern Amazon.

450 *International Journal of Biometeological*, 59(9): 1261-1267. DOI:
451 <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0937-y>.

452 **30 Singh S.P. & Newton W.M. 1978.** Acclimation of young calves to high temperatures:
453 physiologic responses. *American Journal of Veterinary Research*, 39(5): 795-797.

454 **31 Starling J.M.C., Silva R.G., Cerón-Muñoz M., Barbosa G.S.S.C. & Costa M.J.R.P. 2002.**
455 Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos
456 submetidos ao estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(5): 2070-2077. DOI:
457 <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000800022>.

458 **32 Thrall M.A., Weiser G., Allison R.W. & Campbell T.W. 2015.** *Hematologia e bioquímica*
459 *clínica veterinária*. 2ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 678p.

460 **33 Thom E.C. 1959.** The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2): 57-61. DOI:
461 <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>.

462 **34 Wood D. & Quiroz-Rocha G.F. 2010.** Normal hematology of cattle. In: WEISS D.J.,
463 WARDROP K.J. (eds.). *Schalm's veterinary hematology*, 6ed., Ames: Blackwell Publishing,
464 p.829-835. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2011.00324.x>

465 **35 Yousef M.K. 1985.** *Stress physiology in livestock*. vol. I. Basic principles. Boca Raton, FL:
466 CRC Press, 217p. DOI: <https://doi.org/10.1002/smi.2460020413>.

467

468

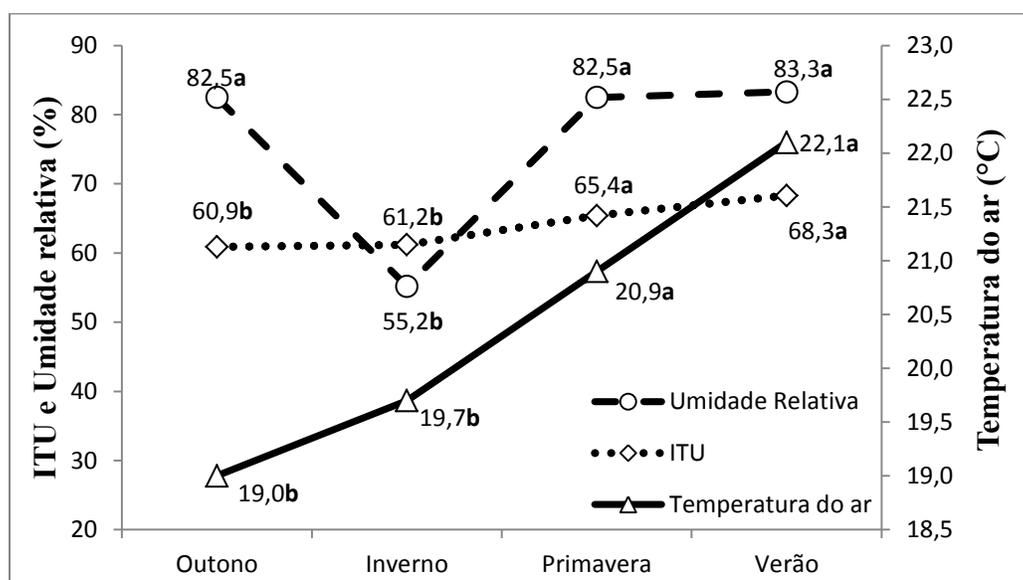
469

470

471

472

473 Figura 1: Valores médios de temperatura do ar (°C), umidade relativa (%) e do Índice de
 474 temperatura e umidade (ITU) no outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e setembro),
 475 primavera (outubro, novembro e dezembro) e verão (janeiro, fevereiro e março) em ambiente
 476 tropical.



477
 478 °C: graus Célsius; ITU: Índice de Temperatura e Umidade
 479 (a,b): médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Kruskal-
 480 Wallis.

481

482

483

484

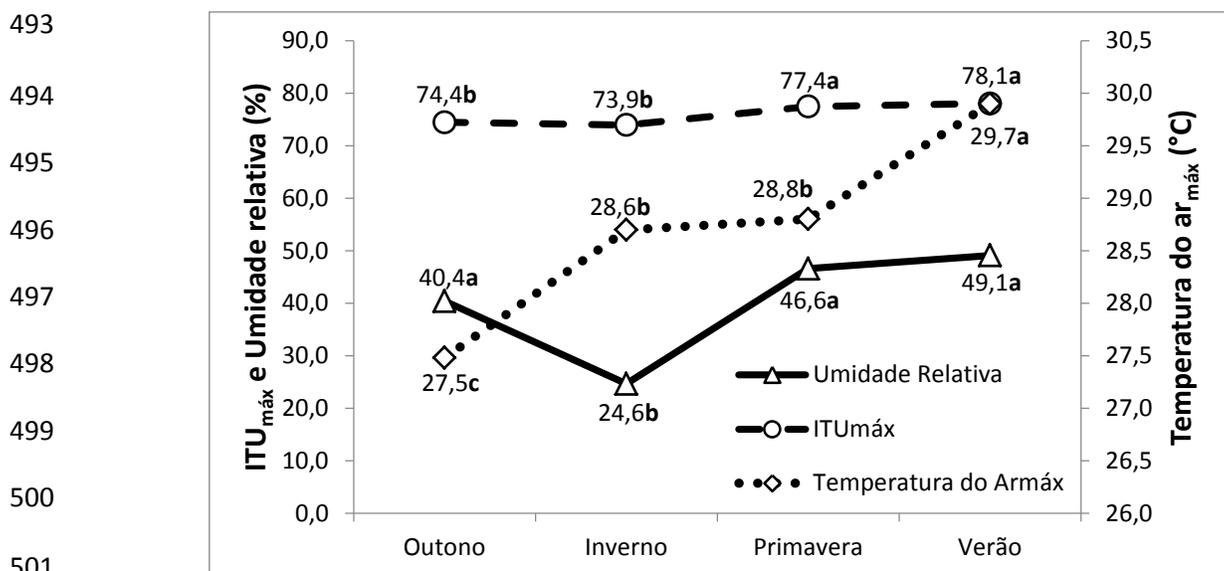
485

486

487

488

489 Figura 2: Valores da temperatura do ar máxima (°C), umidade relativa (%) e do Índice de
 490 temperatura e umidade máximo (ITU_{máx}) no outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e
 491 setembro), primavera (outubro, novembro e dezembro) e verão (janeiro, fevereiro e março) do dia
 492 anterior à avaliação dos bezerros em ambiente tropical.



502 °C: graus Célsius; ITU: Índice de Temperatura e Umidade

503 (a,b,c): médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Kruskal-
 504 Wallis.

505

506

507

508

509 Tabela 1. Médias e desvios-padrão das variáveis fisiológicas de bezerros leiteiros mestiços no
 510 2°, 15°, 30° e 60° dias de idade no outono, inverno, primavera e verão, em ambiente tropical.

Variáveis	Idade (dias)	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Frequência respiratória (mov.min ⁻¹)	02	46,9±7,2 aA	42,0±8,0 aA	47,7±18,9 aA	47,0±6,6 aA
	15	40,7±6,5 aAB	39,8±5,9 aA	38,4±6,9 aA	38,2±5,8 aA
	30	36,7±6,2 aB	35,6±8,4 aA	32,3±8,2 aA	36,6±9,2 aA
	60	37,3±12,9 aB	41,7±9,6 aA	33,5±7,1 aA	39,7±9,3 aA
Frequência cardíaca (bat.min ⁻¹)	02	115,5±20,6 aA	111,0±17,0 aA	116,8±17,9 aA	115,5±16,1 aA
	15	88,3±15,0 aB	100,0±17,3 aA	104,8±22,2 aA	108,7±15,0 aA
	30	104, 0±13,5 aAB	98,6±16,6 aA	102,3±22,8 aA	93,3±19,5 aA
	60	94,6±14,6 aB	95,7±20,1 aA	92,5±16,5 aA	100,4±19,5 aA
Temperatura retal (°C)	02	38,6±0,5 aA	38,9±0,5 aA	38,4±0,5 aA	38,4±0,4 aA
	15	38,3±0,5 aA	39,0±0,4 aA	38,5±0,5 aA	38,6±0,5 aA
	30	38,5±0,6 aA	38,2±0,2 aB	38,4±0,4 aA	38,5±0,5 aA
	60	38,3±0,3 aA	39,0±0,7 aA	38,1±0,1 aA	38,4±0,5 aA
Temperatura corporal superficial (°C)	02	29,6±3,6 aA	27,4±3,2 aA	27,3±2,9 aAB	29,0±1,1 aA
	15	28,0±4,1 aAB	27,3±3,5 aA	25,7±3,2 aB	27,7±2,1 aA
	30	25,4±3,0 aAB	24,0±4,5 aA	24,6±4,0 aB	28,1±3,2 aA
	60	23,7±5,4 bB	28,8±3,3 abA	30,5±1,0 aA	29,2±4,5 aA

511 Médias seguidas por letras diferentes nas LINHAS (**a,b**) e COLUNAS (**A,B**) diferem entre si
 512 pelo teste de Kruskal-Wallis. mov.min⁻¹: movimentos respiratórios por minuto; bat.min⁻¹:
 513 batimentos cardíacos por minuto; °C: graus Celsius.

514

515

516

517

518 Tabela 2. Médias e desvios-padrão (DP) do eritrograma de bezerros leiteiros mestiços no 2°, 15°,
519 30° e 60° dias de idade no outono, inverno, primavera e verão, em ambiente tropical.

Variáveis	Idade (dias)	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Hemácias (10 ⁶ µL)	02	7,9±1,5aA	8,0±1,0aA	7,4±1,3aA	7,2±1,8aB
	15	9,4±1,5aA	8,0±1,5aA	8,4±2,1aA	9,2±1,5aA
	30	9,0±1,6aA	7,1±2,5aA	8,3±1,9aA	8,3±0,5aA
	60	9,1±2,3aA	8,7±2,1aA	9,2±0,9aA	9,8±0,6aA
Hemoglobina (g/dL)	02	9,8±1,9aA	10,0±1,5aA	9,5±2,3aA	9,7±2,3aA
	15	11,6±1,2aA	10,2±1,7aA	10,4±2,6aA	11,7±1,8aA
	30	10,8±1,7aA	8,5±2,6aA	9,7±2,0aA	10,1±0,7aA
	60	10,7±1,8aA	9,8±1,4aA	10,0±0,8aA	10,8±0,6aA
Hematócrito (%)	02	32,0±7,2aA	32,1±5,2aA	31,2±7,5aA	33,0±8,7aA
	15	36,0±5,2aA	33,3±4,4aA	32,5±8,7aA	37,7±6,4aA
	30	35,1±5,9aA	27,1±9,3aA	31,2±7,5aA	32,8±2,0aA
	60	34,2±6,3aA	32,1±5,9aA	33,5±2,3aA	36,0±2,3aA
VCM (fL)	02	41,1±1,6aA	41,9±3,4aA	41,8±3,8aA	44,7±3,3aA
	15	39,2±1,9aAB	39,2±1,7aAB	38,4±1,5aAB	41,0±2,2aA
	30	39,0±2,3aAB	38,0±2,9aAB	37,3±1,7aB	39,8±1,3aAB
	60	37,9±3,1aB	37,1±3,6aB	36,7±2,0aB	36,6±0,9aB
CHCM (g/dL)	02	30,6±1,2aA	30,4±0,8aA	30,3±1,1aAB	30,2±0,9aA
	15	31,7±1,1aA	31,5±0,8aA	32,4±1,1aA	32,1±0,9aA
	30	31,1±0,6aA	32,0±1,7aA	31,3±1,1aA	31,1±0,4aA
	60	31,8±1,1aA	31,2±1,5aA	29,5±1,0aB	30,5±1,0aA
RDW (%)	02	20,4±2,0aB	19,3±2,2aB	20,9±3,7aA	20,0±4,3aA
	15	23,3±2,0aA	22,8±2,0aA	25,2±6,6aA	22,6±3,2aA
	30	22,0±2,5aAB	23,7±4,6aA	25,0±5,2aA	25,6±2,0aA
	60	21,5±2,1aAB	21,5±1,6aAB	22,5±1,7aA	22,4±1,5aA

520 Médias seguidas por letras diferentes nas LINHAS (a,b) e COLUNAS (A,B) diferem entre si
521 pelo teste de Kruskal-Wallis. VCM: Volume corpuscular médio; CHCM: Concentração de
522 hemoglobina corpuscular média; RDW: Amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos.

523 Tabela 3. Médias e desvios-padrão do plaquetograma de bezerros leiteiros mestiços no 2°, 15°,
524 30° e 60° dias de idade no outono, inverno, primavera e verão, em ambiente tropical.

Variáveis	Idade (dias)	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Plaquetas (10 ³ /μL)	02	453±174 aAB	418±179 aB	445±129 aB	410±105 aB
	15	621±228 aA	717±248 aA	729±281 aAB	621±79 aAB
	30	506±156 aAB	579±223 aAB	736±267 aA	750±241 aA
	60	409±115 aB	472±231 aAB	728±309 aAB	577±195 aAB
VPM (fL)	02	6,1±0,4 aA	6,5±0,5 aA	6,7±0,6 aA	6,5±0,5 aA
	15	5,7±0,4 aAB	6,1±0,6 aAB	5,8±0,2 aB	5,9±0,1 aA
	30	6,0±0,3 aAB	5,8±0,6 aB	5,9±0,2 aB	6,1±0,4 aA
	60	5,2±0,4 aB	6,1±0,3 aAB	6,0±0,8 aAB	5,9±0,2 aA

525 Médias seguidas por letras diferentes nas LINHAS (**a,b**) e COLUNAS (**A,B**) diferem entre si
526 pelo teste de Kruskal-Wallis. VPM: Volume plaquetário médio.

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544 Tabela 4. Médias e desvios-padrão (DP) do leucograma de bezerros leiteiros mestiços no 2°, 15°,
 545 30° e 60° dias de idade no outono, inverno, primavera e verão em ambiente tropical.

Variáveis	Idade (dias)	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Leucócitos (/μL)	02	8.910±1.973 aA	9.800±4.077 aAB	10.790±3.191 aA	10.750±2.217 aA
	15	10.360±2.693 aA	7.780±2.333 aB	8.220±2.108 aA	10.000±2.976 aA
	30	10.00±2.256 aA	10.000±3.830 aAB	9.770±3.516 aA	11.000±2.449 aA
	60	10.670±1.875 aA	12.250±3.012 aA	10.250±4.500 aA	9.920±2.100 aA
Neutrófilos bastonetes (/μL)	02	171±131 aA	212±190 aA	174±173 aA	124±198 aA
	15	263±214 abA	333±126 aA	135±80 bA	101±78 bA
	30	323±235 aA	238±149 aA	343±531 aA	183±128 aA
	60	261±166 aA	450±512 aA	256±228 aA	197±132 aA
Neutrófilos segmentados (/μL)	02	5.411±1.558 aA	5.962±2.994 aA	6.918±2.970 aA	6.616±2.343 aA
	15	3.962±2.037 aAB	3.028±1.458 aA	3.143±1.721 aB	3.641±1.356 aAB
	30	3.256±1.777 bB	3.685±2.035 bA	5.479±6.735 aAB	3.609±2.136 bAB
	60	2.569±1.203 abB	3.014±1.196 aA	1.291±446 bB	3.160±1.077 aB
Eosinófilos (/μL)	02	46±46 aA	139±94 aA	86±69 aA	106±99 aA
	15	0±0 bB	10±20 bB	7±63 bB	76±108 aA
	30	75±82 aA	108±98 aA	150±208 aA	164±147 aA
	60	148±219 aA	147±144 aA	153±239 aA	57±70 aA
Monócitos (/μL)	02	166±120 aA	158±55 aA	156±189 aA	203±222 aA
	15	204±134 aA	202±128 aA	106±79 aA	159±94 aA
	30	93±90 aA	232±176 aA	234±155 aA	239±224 aA
	60	199±133 aA	204±140 aA	200±148 aA	233±115 aA
Linfócitos (/μL)	02	3.120±995 aB	3.242±1.374 aB	3.383±952 aB	3.900±1.289 aA
	15	5.865±1.094 aA	4.241±1.383 aAB	4.921±1.153 aAB	5.958±1.775 aA
	30	6.470±1.008 aA	5.545±2.411 aAB	7.135±5.196 aA	6.936±2.178 aA
	60	7.621±1.342 aA	8.292±2.658 aA	8.428±3.812 aA	6.202±1.866 aA
Relação N/L	02	1,9±0,8 aA	2,1±0,8 aA	2,2±1,3 aA	2,0±0,8 aA
	15	0,5±0,5 aB	0,8±0,6 aB	0,7±0,6 aB	0,8±0,3 aB
	30	0,4±0,5 aB	0,9±0,5 aB	0,6±0,7 aB	0,6±0,5 aB
	60	0,3 ±0,4 aB	0,3± 0,5 aB	0,1± 0,1 aB	0,6±0,5 aB

546 Médias seguidas por letras diferentes nas LINHAS (**a,b**) e COLUNAS (**A,B**) diferem entre si
 547 pelo teste de Kruskal-Wallis.

548 Tabela 5: Coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis fisiológicas de
 549 termorregulação com as variáveis meteorológicas e hematológicas de bezerros leiteiros mestiços
 550 em ambiente tropical.

	FR	FC	TR	TCS
Tbs	0,268*	0,139 ns	0,221*	0,585*
Tbu	0,147 ns	0,107 ns	0,018 ns	0,401*
UR	-0,086 ns	-0,031 ns	-0,186*	-0,112 ns
ITU	0,246*	0,126 ns	0,191*	0,568*
Hemácias	-0,147 ns	-0,099 ns	-0,158**	-0,126 ns
Hemoglobina	-0,103 ns	-0,050 ns	-0,093 ns	-0,121 ns
Hematócrito	-0,078 ns	-0,004 ns	-0,080 ns	-0,119 ns
Plaquetas	-0,118 ns	0,007 ns	-0,114 ns	0,063 ns
Leucócitos	-0,030 ns	-0,036 ns	-0,064 ns	0,023 ns
Neutrófilos	0,181**	0,282*	0,101 ns	0,070 ns
Eosinófilos	0,017 ns	0,066 ns	0,170**	0,033 ns
Monócitos	-0,003 ns	0,056 ns	-0,042 ns	0,067 ns
Linfócitos	-0,204*	-0,316*	-0,180**	-0,114 ns
Relação N/L	0,199*	-0,323*	0,148 ns	0,131 ns

551 Tbs: Temperatura do bulbo seco; Tbu: Temperatura do bulbo úmido; UR: Umidade Relativa; FR:
 552 frequência respiratória; FC: frequência cardíaca; TR: temperatura retal; TCS: Temperatura
 553 corporal superficial e ITU: Índice de temperatura e umidade.

554 *p < 0,01, **p < 0,05, ns: não significativo.

555

556

ANEXO A – PROTOCOLO DE REGISTRO NO CEUA-UFU



Universidade Federal de Uberlândia
– Comissão de Ética na Utilização de Animais –



CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “Influência das estações do ano no desempenho, parâmetros de termoregulação, perfil bioquímico, hematológico e dos hormônios tireoidianos de bezerros mestiços leiteiros.”, protocolo nº 031/16, 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 **01 de abril de 2016**.

(We certify that the project entitled "Influência das estações do ano no desempenho, parâmetros de termoregulação, perfil bioquímico, hematológico e dos hormônios tireoidianos de bezerros mestiços leiteiros.", protocol 031/16, 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 April 01st, 2016).

Vigência do Projeto	Início: 01/06/2016 Término: 31/12/2017
Espécie / Linhagem / Grupos Taxonômicos	Bos taurus e Bos indicus / mestiços
Número de animais	50
Peso / Idade	30-110kg / 1-90 dias
Sexo	Machos e Fêmeas
Origem / Local	Fazenda Experimental do Campus Glória
Número da Autorização SISBIO	-
Atividade(s)	-

Uberlândia, 05 de abril de 2016.

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

ANEXO B – INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS DA REVISTA ACTA SCIENTIAE VETERINARIAE

INSTRUÇÕES AOS AUTORES ASV - 2018

Acta Scientiae Veterinariae

OBJETIVOS: a revista **Acta Scientiae Veterinariae**, continuação dos Arquivos da Faculdade de Veterinária UFRGS [vol.1 (1973) - vol.29 (2001)], destina-se à publicação de trabalhos científicos relativos à Veterinária que abordem aspectos médicos, clínicos, patológicos, epidemiológicos, cirúrgicos, imunológicos, diagnósticos e terapêuticos, além de estudos fundamentais em fisiologia, bioquímica, imunohistoquímica, genética, biologia molecular e celular aplicados aos domínios da Veterinária e da interface com a Saúde Pública.

METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO

A publicação dos manuscritos dependerá da **rigorosa observância das Normas Editoriais**, dos pareceres do Conselho Editorial (C.E.), da Assessoria Científica e/ou de relatores *ad hoc* nacionais ou internacionais. Antes de enviar os trabalhos leia atentamente as "Instruções aos Autores" (abaixo) que apresentam as normas específicas adotadas pela ASV.

Os trabalhos [conceitos e opiniões são de inteira responsabilidade dos autores (aa.)] devem ser acompanhados por uma carta assinada [via e-mail] por todos os autores e com seus respectivos e-mails. **OBSERVAÇÃO MUITO IMPORTANTE:** Autor/autores ou grupo de pesquisa que publicou/publicaram recentemente na ASV pode/podem enviar outro artigo [o segundo artigo] SOMENTE após decorridos três meses da data de publicação do mesmo). [A participação dos autores \(autoria/co-autoria\) em trabalhos publicados na ASV é limitada a somente DUAS por ano \(não contabilizando artigos de Revisão ou Case Reports\).](#)

INICIALMENTE os trabalhos serão triados pelo Conselho Editorial. NÃO SERÃO aceitos manuscritos FORA dos padrões específicos da ASV. O ABSTRACT (OBRIGATÓRIO: total mínimo de 3400 caracteres com espaços e máximo de 3900 cce, SEM contar keywords e descritores). É composto de três partes: 1. Background (seção curta com no máximo de 700 cce) que sempre terminará com o objetivo do trabalho. 2. Materials, Methods & Results. 3. Discussion. Abstract deve ser preparado por tradutor / serviço reconhecidamente qualificado (anexar o comprovante). ASV se reserva o direito de RECUSAR texto-inglês considerado tecnicamente inadequado. O texto não aceitável (Abstract ou trabalho integral) passará OBRIGATORIAMENTE por revisão do inglês e a ser realizado por serviços especializados (opções RECOMENDADAS pela ASV).

CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

Autoria: ASV se reserva o direito de LIMITAR a participação de no máximo DEZ autores. O reconhecimento da autoria deve estar baseado em contribuição substancial relacionada aos seguintes aspectos: 1) Concepção e projeto ou análise e interpretação dos dados; 2) Redação do artigo ou revisão crítica relevante do conteúdo intelectual e 3) Aprovação final da versão a ser publicada. Os membros da equipe que não se encaixem nestes critérios podem figurar na seção de *Acknowledgements*. Os artigos serão publicados em ordem de aprovação final de todos os requisitos [conteúdo (texto e ilustrações) e correta formatação] e pagamento da taxa de publicação. A ASV se reserva o direito de LIMITAR a par-

ticipação de um mesmo autor em somente DOIS artigos por ano.

Resumo dos Requisitos Técnicos (verificar artigos online):

- Apresentar o texto em fonte Times, tamanho 12, espaço duplo e margem de 2,5cm. **NUNCA** colocar nota de rodapé em nenhuma página.
- Enumerar em ordem crescente, na margem esquerda, todas as linhas do trabalho.
- **IMPORTANTE:** informar o endereço postal completo do autor principal para "CORRESPONDENCE". **Sempre** Informar a filiação (nome da Instituição com SIGLA e cidade-estado) dos outros autores (nomes completos). Observar exemplos e a correta sequência das informações pertinentes. Esta informação deve ser colocada abaixo da nominata dos autores. **Nunca como nota de rodapé.**
- Ilustrações (figuras individuais/e-mail TIFF): **NUNCA** incluir ilustrações [figuras ou tabelas] dentro do texto Word.
- Incluir permissão (do autor ou da editora) para reproduzir material previamente publicado.
- Anexar também termo de cessão dos direitos autorais (texto simples/não temos modelo).

Para a submissão dos trabalhos ou comunicação com os Editores SOMENTE utilizar o e-mail: actascivet-submission@ufrgs.br

IMPORTANTE: A taxa de publicação [R\$ 730,00] deverá ser paga (enviar por e-mail) após a aprovação final do trabalho. A publicação ocorrerá SOMENTE após o pagamento. A taxa única de fotolitagem colorida é de R\$ 170,00].

MODALIDADES DOS TRABALHOS

ARTIGO DE REVISÃO: por convite do C.E. ou por iniciativa do autor. **O autor - ou grupo - deve ser considerado como expert no assunto da Revisão (comprovadamente, através de diversas publicações em revistas internacionais autôctidas no texto.** É condição básica que os autores sejam citados na revisão em no mínimo 10 artigos relativos ao assunto abordado [obrigatório que pelo menos 5 deles tenham sido publicados em Revistas com Fator de Impacto igual ou superior a 1.0 e as restantes com F.I. mínimo de .5]. **Nos artigos: o F.I deve ser colocado em negrito após o número de pp.** Sem o preenchimento dessas condições básicas o artigo não será analisado. Enviar *previamente* uma proposta com descrição, sequencial e numerada, dos tópicos a serem abordados na revisão baseada em torno de no máximo 120 referências. Apresentar **ABSTRACT** (limites 3400-3900 cce) composto por: 1. *Introduction* (Máximo 700 cce), 2. *Review* e 3. *Conclusion*. Descritores e Keywords. A revisão terá inicialmente um Sumário (numerado por algarismos romanos) *Introdução*, diversas seções opcionais: *Discussão* ou *Conclusões*. Observar a formatação-padrão disponível online.

ARTIGO DE PESQUISA: composto de dados inéditos com apresentação clara da hipótese (delineamento experimental apropriado, quando for o caso). A redação deve ser concisa, mas que permita a reprodução da metodologia descrita, perfeito entendimento da discussão no contexto geral do assunto, *gerando conclusões alicerçadas nos dados obtidos ou observados*, normalmente não deve ultrapassar 15 páginas e uma base de no máximo 60 referências. **ABSTRACT** (limites: 3400-3900 cce). Texto com Introdução (Máximo de 1700 cce); Materiais e Métodos; Resultados; Discussão; Conclusão; Manufacturers; Acknowledgements; Funding, Ethical Approval; Declaration of interest e References. **Não citar autores no texto e/ou apresentar referências INCOMPLETAS. Nunca utilizar notas de rodapé.**

ESTRUTURA BÁSICA DOS TRABALHOS

1. Página-título: a) Título não deve exceder 60 palavras. Title: com letras maiúsculas iniciais (ex.: Journal of Clinical Microbiology). b) Nomes dos aa por extenso seguidos de números sobrescritos para identificar suas filiações. Abaixo serão informados os nomes das Instituições (com siglas), cidade, estado, Brazil. **Fornecer e-mail e o endereço postal completo do autor indicado para "correspondence", incluindo CEP.** Na submissão informar DOIS e-mails (autores diferentes) para contato durante avaliação do trabalho. d) Para *trabalhos extraídos de dissertações ou teses* citar na página título os detalhes pertinentes (PPG, cidade, estado, Brazil).

2. ABSTRACT [3400-3900]: na **forma direta e no passado** destacando a importância do assunto, o objetivo do trabalho, como foi realizado (M&M), os resultados *alcançados* com dados específicos e seu significado estatístico (se possível) e as *principais conclusões*, isto é, apresenta **todas as seções do artigo sob forma condensada. Texto deve ser preparado por tradutor / serviço reconhecidamente qualificado.**

3. INTRODUÇÃO: Deve ser **CURTA, clara e objetiva**, contendo informações que justifiquem a importância do trabalho e restringindo as citações ao assunto específico. Sempre finalizar com o (s) objetivo (s) do trabalho. **É obrigatório considerar o limite MÁXIMO de 1700 ccespaços.**

4. MATERIAIS E MÉTODOS: Todas as informações necessárias para que o trabalho possa ser facilmente repetido, devem ser fornecidas. Métodos e técnicas já bem conhecidos devem ser apenas citados, enquanto novas tecnologias devem ser detalhadas. Quando pertinente, **indicar insumos e aparelhos DIRETOS no texto com números sobrescritos; os fabricantes (nome, cidade e país deverão ser citados em Manufacturers.** Ao utilizar animais nos experimentos observar os princípios éticos recomendados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) ou pelo International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals de acordo com o Council for International Organizations of Medical Sciences [C.I.O.M.S. - W.H.O.]. Apresentar o número do processo aprovado no Comitê de Ética local.

Estatística: Sempre que for possível, quantificar e apresentar os resultados com indicadores apropriados como por exemplo, intervalos de confiança. Evitar apoiar-se unicamente nas hipóteses estatísticas, tais como o uso de valores *P*, uma vez que omite informação quantitativa importante. Justificar a escolha dos indivíduos objeto da pesquisa, detalhar o método, informar sobre as possíveis complicações relacionadas ao tratamento. Indicar também se foram utilizados programas de computador e citá-los.

5. RESULTADOS [separados da Discussão]: *informação clara e concisa* somente das *observações relevantes* que, conforme a natureza do trabalho, deverão apresentar a análise estatística. O conteúdo deve ser **informativo** (não interpretativo) e, se necessário, acompanhado por tabelas, figuras ou outras ilustrações auto-explicativas. **As legendas das tabelas / figuras devem ser suficientemente detalhadas, para que o leitor não precise retornar ao texto para obter informações complementares necessárias à compreensão das ilustrações.** Somente as legendas deverão ser colocadas após as referências. É indicado expressar em gráficos resultados complexos condensados em tabelas com excesso de detalhes supérfluos. Apresentar os *resultados em uma sequência lógica no texto*, tabelas e figuras (o texto e a documentação devem ser complementares). *Não repetir no texto todos os dados das tabelas ou ilustrações.*

5.1 OBSERVAÇÕES INICIAIS SOBRE TABELAS e FIGURAS

Na preparação do seu artigo, leve em consideração qual tipo de suporte é mais adequado: tabelas ou figuras. Leitores geralmente estudam as tabelas e figuras antes de ler o texto. Por isso, cada uma delas deve ser autoexplicativa; além disso, é importante que elas sejam completas e informativas por si só. Tanto tabelas quanto figuras são usadas para mostrar conclusões ou ilustrar conceitos, mas elas têm diferenças em sua essência e propósitos:

Tabelas: Apresentam números para serem comparados entre si ou listam e definem conceitos, termos ou outros detalhes de um estudo. Se o texto for repleto de detalhes quantitativos a informação deve ser apresentada em tabelas para que o leitor consiga comparar esses dados de maneira mais fácil. Não sobrecarregue o texto com informações que seriam melhor apresentadas em tabelas. Da mesma forma, se uma tabela tem poucas linhas e/ou colunas, tente organizar os achados da pesquisa em frases dentro do corpo do texto. Ou seja, não use muitas tabelas pequenas para informações que podem ser alocadas no texto do artigo.

Diretrizes: Para assegurar que suas tabelas sejam preparadas para a diagramação do artigo de forma correta e ágil, dê preferência para os recursos de tabela do Microsoft Word ou outro programa de edição de texto: a tabela criada deve ter sempre células definidas. **Nunca:** a) crie tabelas usando a barra de espaço e/ou a tecla tab; b) separe os dados horizontalmente com uma nova linha; ou c) insere colunas ou linhas vazias.

Lembre-se: asteriscos ou letras próximas de números indicam que deve aparecer significância estatística na mesma célula que o valor.

Figuras: Revelam tendências ou detalham e ilustram uma característica específica do estudo. Por vezes ambos propósitos estão presentes, mas eles raramente substituem um ao outro. Em uma explicação difícil de ser escrita, pondere se uma figura não pode substituí-la.

Dados apresentados em figuras não devem ser duplicados em tabelas, e vice-versa.

5.2 Tabelas: numeradas em algarismos arábicos e enviadas em **arquivos-word** separados (não incluir dentro do texto). Todas as tabelas devem ser citadas no texto em ordem numérica e a posição aproximada indicada na margem. Formatadas em espaço duplo e em páginas separadas. As legendas (colocadas após as referências) devem ser **auto-explicativas** com o título descritivo [incluir local e o período quando necessário, além de outros detalhes para que o leitor não precise consultar o texto]. Os sinais de chamada são indicados por letras ou símbolos e

ordenados no rodapé da Tabela. Recomenda-se incluir apenas os dados imprescindíveis, para evitar tabelas longas, com dados dispersos e de valor não representativo. Identificar as medidas estatísticas (intervalo de confiança, desvio-padrão, etc.).

5.3 Figuras: As imagens devem ser digitalizadas em 300 dpi em CMYK (coloridas) e Gray Scale (tons de cinza), ao serem salvas **deve ser selecionada a extensão TIFF e enviadas em CD**. Para a digitalização pode ser usado qualquer programa de imagem, **mas nunca enviar dentro do documento Word**. As fotografias feitas através de microscópio devem conter indicadores internos de escala. Os símbolos, flechas ou letras usados em fotomicrografias devem contrastar claramente com o fundo, com a escala (bar) inserida e a magnitude descrita na legenda. **Para as fotos em câmera digital**, a máquina deve ter **resolução superior a 5 Megapixel** (observar no momento de bater a foto se a câmera está configurada em resolução máxima). **Nunca enviar as imagens com extensão jpg ou gif**.

5.4 Unidades de Medidas: Medidas de comprimento, altura, peso e volume devem ser expressas em unidades métricas (metros, gramas ou litros, ou seus múltiplos decimais). As temperaturas devem ser dadas em graus Celsius. A pressão sanguínea em milímetros de mercúrio. Todos os valores hematológicos ou bioquímicos devem ser apresentados em unidades do sistema métrico decimal de acordo com o Sistema Internacional de Medidas (SI).

5.5 Abreviações: devem ser evitadas e, se empregadas [só abreviatura padrão], definidas na primeira menção, salvo se forem unidades comuns de medida. Para nomes latinos binominais, abreviar o gênero após citação inicial, exceto quando iniciar frase.

6. DISCUSSÃO: O conteúdo deve ser **interpretativo** e as hipóteses e especulações formuladas embasadas nos dados obtidos pelos aa. e, relacionadas ao conhecimento atual sobre o tema, fornecido por outros estudos. Nesta seção referenciar somente a documentação essencial. Discutir as implicações dos achados e suas limitações mencionando envolvimento com futura pesquisa.

Observação sobre as citações: Normalmente citadas no texto **por números separados por vírgulas e SEM espaços entre colchetes**, correspondendo aos aa. ordenados e numerados por ordem alfabética. Exs.: [2], [7,9,16], [23-27,31,33,45-48]. **Só quando for essencial (fundamental para o assunto) citar o nome dos aa. no texto**. Não citar nomes dos autores somente para cotejar dados obtidos em outros trabalhos similares. Observe as sugestões: A primeira descrição coube a Autor & Autor [3]...; Autor & Autor [32] iniciaram...; Autor *et al.* [18] em 1958... Os dados não publicados ou comunicações pessoais **só devem ser aparecer no texto assim:** (A.A. autor, comunicação pessoal, ano) e (C.D. autor & E.F. autor, dados não publicados); nestes casos informar antes das Referências o endereço completo ou e-mail dos aa.

7. CONCLUSÃO: Vincular as mesmas aos objetivos do estudo. Devem estar baseadas exclusivamente nos resultados oriundos do trabalho e em fatos plenamente respaldados pelos mesmos. Os autores devem evitar, em particular, fazer declarações sobre os benefícios econômicos e gastos, a menos que seu manuscrito inclua informações e análises econômicas.

8. MANUFACTURERS: usar para referenciar a origem dos produtos comerciais citando firma, cidade e País. Devem ser numeradas (sobrescritas) consecutivamente e apresentadas antes das referências.

9. Funding: informar órgão financiador e no. do Projeto. Quando se aplicar

10. Acknowledgements: se necessários, devem ser sucintos e dirigidos para significativa assistência técnica, cooperação ou orientação recebida de colegas, etc. Suporte financeiro para bolsas de estudo devem constar no rodapé da página-título. Quando se aplicar.

11. Ethical Approval: da Instituição [com número do processo]: Quando se aplicar

12. Declaration of interest.

13. REFERENCES: Atenção para todos os detalhes (dois exemplos bem detalhados são apresentados no final das instruções). Os trabalhos não serão analisados enquanto as mesmas estiverem incompletas ou fora das normas. Relacionar somente em ordem alfabética e numerada, os trabalhos publicados e seguir as especificações da Revista conforme os vários exemplos abaixo. Sequência: Número / Referenciar sobrenome (letra maiúscula só a inicial) sem vírgulas e iniciais de todos aa. seguidas de ponto e separados por vírgula entre cada autor (usar "&" para separar os últimos aa. / Ano da publicação. / Título do artigo. / Nome completo da revista em *itálico* (s/abreviação). / n° do volume (n° fascículo = opcional): pp-pp. REVISAR cada Reference em todos detalhes antes de enviar o trabalho). **Importante: no máximo DOIS RESUMOS.**

• TRABALHOS

→ COM DOIS AUTORES:

Spilki F.R. & Arns C.V. 2008. Vírus respiratório sincicial bovino. Acta Scientiae Veterinariae. 36(3): 197-214.

→ COM VÁRIOS AUTORES:

Pereira S.A., Schubach T.M.P., Gremião I.D.F., Silva D.T., Figueiredo F.B., Assis N.V. & Passos S.R.L. 2009. Aspectos terapêuticos da esporotricose felina. Acta Scientiae Veterinariae. 37(4): 311-321.

Obs.1: A numeração (sem ponto após os números) das referências segue a prioridade da **ordem alfabética dos sobrenomes dos diversos autores/co-autores** e não do ano da publicação. Exemplos:

7 Berlinguer F., Leoni G., Bogliolo L., Pintus P.P., Rosati I., Ledda S. & Naitana S. 2004.

8 Bernardi M.L., Cotinot C., Payen E. & Delouis C. 1996.

9 Bernardi M.L. & Delouis C. 1995.

10 Bernardi M.L. & Delouis C. 1996.

11 Bernardi M.L., Fléchon J-E. & Delouis C. 1996.

26 Martinez E.A., Vazquez J.M., Roca J., Lucas X., Gil M.A., Par-rilla J.L., Vazquez J.L. & Day B.N. 2002.

27 Martinez E.A., Vazquez J.M., Roca J., Lucas X., Gil M.A. & Vazquez J.L. 2001.

28 Martini R. L. 1998.

29 Matthijsa A., Hakze R., Potsma A. & Woelders H. 2000.

30 Matthijsa A., Harkema W., Engel B. & Woelders H. 2000.

68 Tervit H.R., Whittingham D.G. & Rowson L.E.A. 1972.

69 Thompson J.G. 1997.

70 Thompson J.G., Gardner D.K., Pugh P.A., McMillan W.H. & Tervit H.R. 1995.