

## Efeito das estações do ano e da idade sobre as variáveis termofisiológicas e hematológicas de bezerros leiteiros mestiços em ambiente tropical

Effect of Season and Age on Thermophysiological and Hematological Variables of Crossbred Dairy Calves in Tropical Environment

Fernanda Gatti de Oliveira Nascimento<sup>1</sup>, Amanda Bizare<sup>2</sup>, Ednaldo Carvalho Guimarães<sup>3</sup>, Antonio Vicente Mundim<sup>4</sup> & Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento<sup>4</sup>

### ABSTRACT

**Background:** The wellbeing and performance of calves may be impaired if raised in high temperature environments. Physiological and hematological variables serve as a tool to assess the welfare of cattle; therefore, the influence of seasons and age on physiological and hematological variables was evaluated of crossbred dairy calves in a tropical environment.

**Materials, Methods & Results:** 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 (RR) and heart rates (HR) and rectal (RT) and body surface (BST) temperatures were quantified in the morning. Additionally, in the morning, dry bulb (Tdb) and wet bulb (Twb) temperatures were measured, and then, relative humidity (RH) and a temperature-humidity index (THI) were calculated. Blood was collected to perform 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.

**Discussion:** The air temperature and THI remained within the thermoneutral zone of crossbred dairy calves in the morning; however, in the afternoon the air temperature and THI increased, which indicates cyclic periods of critical heat stress. Higher RR and HR values observed in 2-day-old calves may be due to the physiological changes that accompany adapting to extrauterine life. The RT remained within the reference range for species during all seasons and at all ages, and therefore, the calves were able to maintain normothermia. The air temperature remained lower than the BST and was within the thermoneutral zone; thus, the loss of sensible heat was predominant in relation to evaporation dissipation. Age, breed, time of day, and meteorological variables may influence hematological constituents. Red blood cells of newborn calves are large, of fetal origin, and are replaced by smaller cells with advancing age, which results in a smaller MCV value. The higher neutrophil concentrations in 2-day-old calves resulted in a higher N/L ratio following the trend of plasma cortisol concentration, which is high at birth and decreases with age. The highest values of band neutrophils are because these cells are responsible for phagocytosis of microorganisms and other foreign materials. Since new-born calves are in contact with microorganisms in the environment and are highly susceptible to infections, it is justifiable to observe an increased number of band neutrophils. The differences observed in lymphocyte numbers in calves aged 30 and 60 days during autumn, winter, and spring is likely due to the production of B lymphocytes as an exposure response to agents present in the environment. We conclude that seasons interfere with BST and neutrophil and eosinophil counts, while age affects thermophysiological variables, erythrogram, plaquetogram, and leukogram.

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

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

DOI: 10.22456/1679-9216.89413

Received: 4 August 2018

Accepted: 22 December 2018

Published: 7 January 2019

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Faculdade de Medicina Veterinária (FAMEV); <sup>2</sup>Residência em Patologia Clínica Veterinária - FAMEV; <sup>3</sup>Faculdade de Matemática & <sup>4</sup>FAMEV, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG, Brazil. CORRESPONDENCE: F.G.O. Nascimento [fgattion@hotmail.com - Tel.: +55 (34) 3225-8659]. Faculdade de Medicina Veterinária, UFU. Av. Pará, n. 1720. Bloco 2T. Bairro Umarama. CEP 38400-902 Uberlândia, MG, Brazil.

## INTRODUÇÃO

Os efeitos negativos ocasionados pelo estresse por calor é uma preocupação quando se fala de vacas em lactação, e muitas vezes os produtores deixam de considerar outras categorias animais, especialmente os bezerros, que também podem ter prejuízos com a temperatura ambiente elevada [6] e a exposição intensa à radiação solar. O estresse por calor pode aumentar a mortalidade, reduzir o desempenho e produtividade futura e ainda prejudicar o bem-estar [1,23].

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

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

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

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Local

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do campus Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia, MG, (18°56'56" de latitude Sul e 48°12'47" de longitude Oeste [18], a uma altitude de 925 metros). A temperatura média anual varia de 19°C a 27°C e seu clima é do tipo Aw, conforme classificação de Köppen, com inverno seco, frio e com baixa intensidade pluviométrica, enquanto que o verão é quente e chuvoso [25].

### Animais

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

### Manejo, dieta e instalações

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

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

Para o estudo foram utilizados apenas bezerros hígidos. Realizaram-se avaliações e coletas de sangue de todos os bezerros no 2° dia de idade, e para a avaliação nas demais idades excluíram-se aqueles bezerros que apresentaram secreções nasais e/ou oculares, diarreia ou presença de hemoparasitas nos esfregaços sanguíneos (*Babesia* e/ou *Anaplasma*). Totalizando 159 avaliações ao longo do período experimental.

### Variáveis fisiológicas

Antes do aleitamento, entre 07h30 min e 08h00 min, foram quantificadas a frequência respiratória (FR) pela contagem do número de movimentos do flanco direito por minuto, frequência cardíaca (FC) pela auscultação entre o terceiro e quinto espaço intercostal esquerdo com o estetoscópio (Rappaport P.A Med.®)<sup>1</sup> obtendo-se o número de batimentos cardíacos por mi-

nuto, temperatura retal (TR) medida por termômetro clínico digital (TH-150 modelo G-Tech<sup>®</sup>)<sup>2</sup> inserido no reto a 5 cm durante 2 min, e a temperatura corporal superficial (TCS) da fronte, escápula e virilha, com um termômetro digital de infravermelho (Instrutherm TI-550<sup>®</sup>)<sup>3</sup>, e calculou-se o valor médio.

#### *Variáveis hematológicas*

Após as avaliações fisiológicas, foram coletados 3 mL de sangue de cada bezerro na veia jugular, colocados em tubos a vácuo com anticoagulante EDTA K2. Assim, foram acondicionados em caixas isotérmicas e encaminhados imediatamente ao Laboratório Clínico Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia, onde se realizou o hemograma em analisador automático (pochH-100iV Diff<sup>TM</sup>)<sup>4</sup> previamente calibrado com sangue controle. A contagem diferencial de leucócitos foi realizada em esfregaços sanguíneos corados pelo método May-Grünwald-Giemsa [12], utilizando a objetiva de imersão, sendo identificadas e contadas 100 células, estabelecendo a fórmula leucocitária relativa, e calcularam-se os valores absolutos dos neutrófilos em bastonetes, neutrófilos segmentados, eosinófilos, monócitos e linfócitos e a relação neutrófilo: linfócito (N/L), sendo que para calcular a relação foram considerados os valores dos neutrófilos totais (neutrófilos em bastonetes + neutrófilos segmentados).

#### *Ambiente Térmico*

As temperaturas de bulbo seco (Tbs) e bulbo úmido (Tbu) foram medidas com o termohigrômetro analógico (Incoterm<sup>®</sup>)<sup>5</sup>, e a umidade relativa (UR) foi calculada [28]. Posteriormente, optou-se por calcular o índice de temperatura e umidade calor-sensível [3], por ser a equação de ITU proposta mais recentemente na literatura, e também por considerar na sua equação a interação da temperatura do ar com a umidade relativa para avaliar o estresse térmico, conforme descrito abaixo:

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

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

Dados do ambiente térmico do dia anterior às coletas foram obtidos nas bases de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do posto meteorológico do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia da Universidade Federal Uberlândia (IG/UFU) com a finalidade de verificar se os bezerros foram submetidos ao estresse

cíclico por calor. Os valores de temperaturas do bulbo seco máximos (Temperatura do ar<sub>máx</sub>), que ocorreram no período vespertino, bem como os valores de umidade relativa do horário correspondente foram selecionados para o cálculo do Índice de Temperatura e Umidade máximo (ITU<sub>máx</sub>).

#### *Análise estatística*

As estações do ano e as idades foram consideradas tratamentos. Como não foi verificada a normalidade dos resíduos (teste de Anderson-Darling) e/ou a homocedasticidade de variâncias (teste de Levene), utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis. Para avaliar a influência do sexo usou o teste de Mann-Whitney. A correlação entre as variáveis meteorológicas e hematológicas com as fisiológicas foi calculada pelo coeficiente de correlação de postos de Spearman. Utilizou-se a ferramenta IBM SPSS Statistics<sup>®</sup> versão 20, e adotou-se  $\alpha = 0,05$ .

## RESULTADOS

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

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

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

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

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

no inverno e verão, mas foi maior no 60º dia de idade do que no 15º e 30º dias na primavera.

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

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

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

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

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

A idade não influenciou os valores de neutrófilos em bastonetes e monócitos (Tabela 4). A idade não afetou os valores de leucócitos no outono, primavera e verão e foram maiores no 60º dia de idade no inverno

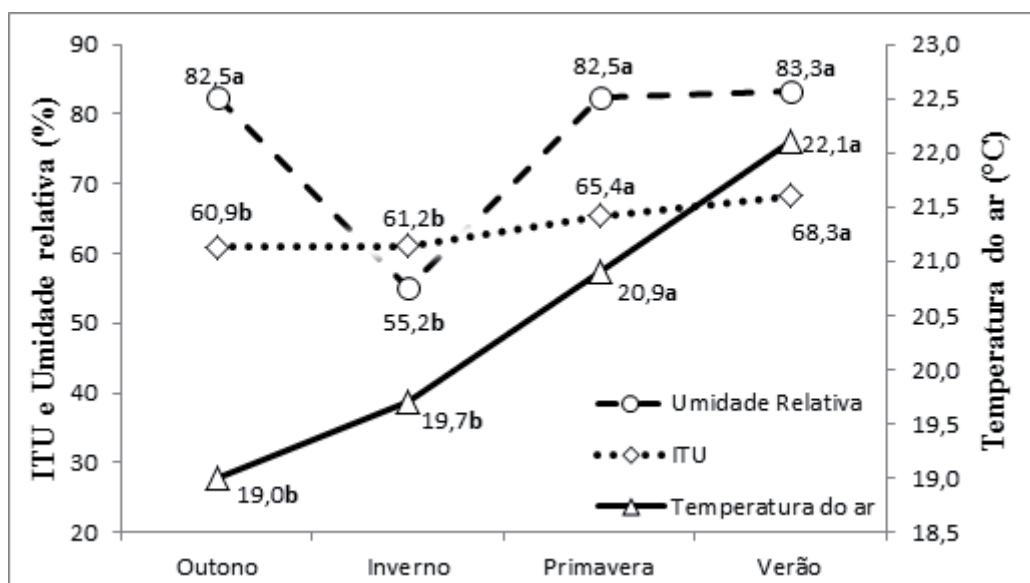
em relação ao 15º dia (Tabela 4). No 2º dia de idade os valores de neutrófilos segmentados foram maiores em relação ao 60º dia no outono, primavera e verão, e a idade não influenciou essas células no inverno. No 15º dia de idade os eosinófilos foram menores em relação às demais idades no outono, inverno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

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

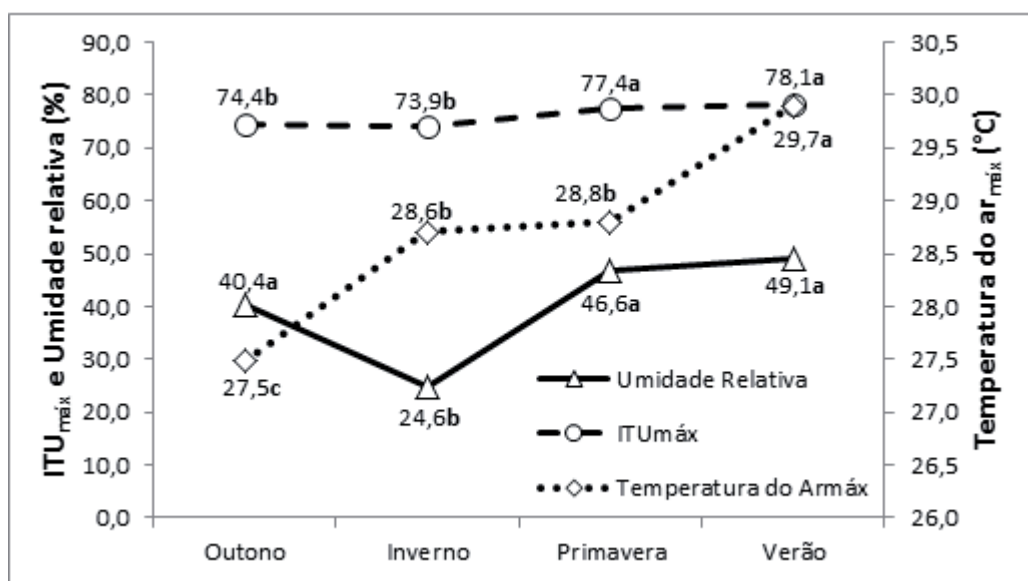
## DISCUSSÃO

As variáveis meteorológicas, disponibilidade de alimento e água podem aumentar a temperatura corporal profunda [13]. Assim, neste estudo o horário de avaliação dos bezerros foi pela manhã, antes do aleitamento, com a finalidade de excluir a interferência da ingestão do leite que poderia alterar os mecanismos de termorregulação. Além disso, é importante considerar que por se tratar de bezerros criados em bezerreiros tropicais, durante o dia, principalmente no período da tarde, com temperaturas do ar elevadas pode haver aumento da temperatura corporal profunda devido à retenção de calor que só será dissipado para o ambiente durante a noite, quando a temperatura do ar é menor, possibilitando que o animal retorne ao estado de normotermia [13].

Apesar da menor temperatura do ar no outono e inverno em relação à primavera e verão, esta variou de 19,0°C a 22,1°C ao longo do ano no período da manhã. Já no período da tarde a temperatura do ar se elevou, variando de 27,5°C a 29,7°C, com os maiores valores observados no verão. Considerando que bezer-



**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. [°C: graus Celsius; ITU: Índice de Temperatura e Umidade. a,b: médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis].



**Figura 2.** Valores da temperatura do ar máxima (°C), umidade relativa (%) e do Índice de temperatura e umidade máximo (ITU<sub>máx</sub>) 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. [°C: graus Celsius; ITU: Índice de Temperatura e Umidade. a,b,c: médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis].

ros leiteiros sob temperaturas de até 26°C conseguem manter a normotermia [9], pode-se afirmar que eles ficaram expostos a períodos cíclicos de estresse por calor, que ocorreram no período da tarde.

Os ITU's menores (outono e inverno) e maiores (primavera e verão) se devem, respectivamente, aos menores e maiores valores da temperatura nestas estações. O ITU abaixo de 70 é indicativo de ausência de estresse por calor [7], confirmando que os bezerros do presente estudo estiveram dentro da zona termo neutra durante o horário das avaliações. No entanto, no

período da tarde, eles ficaram expostos a uma situação crítica de estresse por calor (ITU de 72 a 78) [7]. O menor valor da umidade relativa do ar foi observado no inverno, que é classificado como o período frio, seco e de menor intensidade pluviométrica na região [25].

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

**Tabela 1.** Médias e desvios-padrão das variáveis fisiológicas de bezerras leiteiras mestiças no 2°, 15°, 30° e 60° dias de idade no outono, inverno, primavera e verão, em ambiente tropical.

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

\*Em dias; Médias seguidas por letras diferentes nas Linhas (a,b) e Colunas (A,B) diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis. mov.min<sup>-1</sup>: movimentos respiratórios por minuto; bat.min<sup>-1</sup>: batimentos cardíacos por minuto; °C: graus Celsius.

exposto ou não ao estresse por calor é importante levar em consideração a idade, além da espécie, raça, sexo, pelame, aclimação, nutrição, hidratação, vento, radiação, umidade, etc. [17].

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

A FC em bovinos varia de 60 a 80 bat.min<sup>-1</sup> [11]. Porém, em animais jovens o tônus vagal altera e intensifica a atividade dos centros cardioacelerador e vasoconstritor [26]. Em bovinos quando há aumento da FR associado com vasodilatação periférica, o coração necessitará aumentar o número de batimentos [2]. Bezerras machos de origem europeia, de 2 a 3 meses de idade, expostos ao estresse por calor por 12 h diárias, reduziram a FC quando a temperatura aumentou de

18°C para 40,5°C [30]. A FC pode variar conforme a estação do ano, pois o consumo alimentar e a taxa metabólica estão susceptíveis a variações sazonais [15], no entanto não foram observadas alterações nas estações do ano para a FC dos bezerras leiteiros mestiços do presente estudo, possivelmente porque sua dieta se manteve a mesma ao longo de todo o ano (sucedenho, concentrado comercial e água *ad libitum*). Na presente pesquisa, não houve correlação entre a FC com a temperatura do ar, umidade relativa e o ITU, indicando que essa variável não deve ser utilizada para avaliar os efeitos do estresse por calor nos bezerras leiteiros mestiços.

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

A dissipação de calor sensível (condução, convecção e radiação) é maior quando a TCS é superior à temperatura do ar. Então, no ambiente quente haverá

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

Variável	Idade	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Hemácias (10 <sup>6</sup> 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

\*Em dias; Médias seguidas por letras diferentes nas Linhas (a,b) e Colunas (A,B) diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis. VCM: Volume corpuscular médio; CHCM: Concentração de hemoglobina corpuscular média; RDW: Amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos.

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

O menor número de hemácias no 2° dia de idade dos bezerros leiteiros mestiços no verão pode estar relacionado com a rápida expansão do volume

plasmático após o consumo do colostro depois do nascimento e com o início da destruição das hemácias de origem fetal [16]. Em um estudo com bezerros, no qual não foi citado a raça, observou-se que no dia do nascimento e com três a 16 semanas de idade o valor de VCM, em fL, foram de 46,2 ± 4,8 e 37,8 ± 3,2, respectivamente [16]. A redução do VCM com a idade também foi verificada no presente estudo, uma vez que as hemácias dos bezerros recém-nascidos são de origem fetal, e serão substituídas por células menores com o avançar dos dias, ocasionando a redução do valor do VCM [16].

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

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

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

\*Em dias; Médias seguidas por letras diferentes nas Linhas (a,b) e Colunas (A,B) diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis. VPM: Volume plaquetário médio.

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

Apesar das diferenças observadas nos valores médios de plaquetas, elas permaneceram dentro do intervalo de referência [16] que varia de 100 a 800 x 10<sup>3</sup> plaquetas por μL de sangue. Da mesma forma os valores médios de VPM também permaneceram dentro do intervalo de 4,6 a 7,4 fL [34] para vacas clinicamente saudáveis.

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

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

As diferenças observadas para os linfócitos dos bezerros no 30° e 60° dias de idade no outono, inverno e primavera podem estar relacionadas ao fato de que nesta faixa etária há uma redução dos anticorpos de origem materna, e os bezerros estão em contato com microrganismos presentes no ambiente, de forma que pode ter ocorrido um estímulo na produção dos linfócitos B. No inverno os bezerros no 60° dia de idade apresentaram valores dos leucócitos aumentados, acompanhado pelo maior valor dos linfócitos em relação às demais faixas etárias. Esses maiores valores podem ser atribuídos ao maior contato dos bezerros com microrganismos presentes no meio ambiente.

A maior concentração de neutrófilos nos bezerros leiteiros mestiços no 2° dia de idade culminou na maior relação N/L durante todas as estações, com redução gradativa com a idade. Os valores elevados de neutrófilos e da relação N/L são verificados em bezerros clinicamente saudáveis ao nascimento [22], pois ela irá acompanhar a tendência da concentração de cortisol plasmático, que é alto ao nascimento e diminui gradativamente com o avançar da idade [10], promovendo uma migração dos linfócitos da circulação para o sistema linfático, e a saída de neutrófilos do *pool* marginal para o circulante, o que justifica os valores elevados de neutrófilos em bastonetes e segmentados nos bezerros do presente estudo. Também em outros estudos foram observados redução de N/L com a idade, sendo observados os valores de 1,10 no dia do nascimento e 0,41 com 3 a 16 semanas de idade [16].

A hemoglobina e o hematócrito são bons indicadores de tolerância ao calor [19]. No entanto, no presente estudo essas variáveis não se correlacionaram com as variáveis fisiológicas, provavelmente devido ao



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

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

\*Em dias; Médias seguidas por letras diferentes nas Linhas (a,b) e Colunas (A,B) diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis.

fato dos animais não terem apresentado uma elevada taxa de sudoração que poderia levar à desidratação com consequente aumento no valor do hematócrito [19]. Já os valores de neutrófilos, linfócitos e a relação N/L correlacionaram com a FR, sugerindo serem essas variáveis do leucograma indicadas para avaliar os efeitos iniciais do estresse por calor. Pois, quando os animais estão sob o efeito do estresse por calor seus mecanismos termorregulatórios serão ativados,

elevando inicialmente a FR, na tentativa de manter o equilíbrio térmico [29].

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

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

Variável	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

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

\* $P < 0,01$ , \*\* $P < 0,05$ , ns: não significativo.

### CONCLUSÃO

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

### MANUFACTURERS

<sup>1</sup>Cbemed - Ind. e Com. Equipamentos Médicos Ltda. Itupeva, SP, Brazil.

<sup>2</sup>Accumed Produtos Medico Hospitalares Ltda. Duque de Caxias, RJ, Brazil.

<sup>3</sup>Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda. São Paulo, SP, Brazil.

<sup>4</sup>Sysmex do Brasil Indústria e Comércio Ltda. São Paulo, SP, Brazil.

<sup>5</sup>Incoterm Soluções em Medição. Porto Alegre, RS, Brazil.

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

**Ethical approval.** All procedures were formally approved by Ethical Committee for the Use of Animals of Federal University of Uberlândia, under protocol CEUA/UFU nº 031/16.

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

### REFERENCES

- Alves J.R.A., Andrade T.A.A., Assis D.M., Gurjão T.A., Melo L.R.B. & Souza B.B. 2017. Productive and reproductive performance, behavior and physiology of cattle under heat stress conditions. *Journal of Animal Behavior and biometeorology*. 5(3): 91-96.
- Araújo J.I.M., Araújo A.C., Rodrigues H.T.M., Oliveira L.G., Júnior C.P.B., Fonseca W.J.L., Luz C.S.M. & Souza Júnior S.C. 2016. Efeito de diferentes ambiente climáticos sobre características fisiológicas de bezerros mestiços (Holandês x Gir). *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 15(3): 259-265.
- Berman A., Horovitz T., Kaim M. & Gacitua H. 2016. 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*. 60(10): 1453-1462.
- Birgel Júnior E.H., D'Angelino J.L. & Benesi F.J. 2001. Valores de referência do eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no Estado de São Paulo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 53(2): 164-171.

- 5 Brettas P.K.M., Nascimento M.R.B.M., Guimarães E.C. & Souza G.P. 2017. Melhor índice de estresse térmico para novilhas leiteiras mestiças. *Acta Scientiae Veterinariae*. 45(1486): 1-8.
- 6 Broucek J., Kisac P. & Uhrincat M. 2009. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. *International Journal of Biometeorology*. 53(2): 201-208.
- 7 Costa A.N.L., Feitosa J.V., Montezuma Jr P.A., Souza P.T. & Araújo A.A. 2015. Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. *International Journal of Biometeorology*. 59(11): 1647-1653.
- 8 Da Silva R.G. & Campos Maia A.S. 2013. *Principles of Animal Biometeorology*. v2. New York: Springer, 283p.
- 9 Davis C.L. & Drackley J.K. 1998. *The development, nutrition, and management of the young calf*. Ames: Iowa State University Press, 339p.
- 10 Ebehart R.J. & Patt J.A. 1971. Plasma cortisol concentrations in newborn calves. *American Journal of Veterinary Research*. 32(12): 1921- 1927.
- 11 Feitosa F.L.F. 2008. *Semiologia Veterinária. A arte do diagnóstico*. 2.ed. São Paulo: Rocca, 792p.
- 12 Ferreira Neto J.M., Viana E.S. & Magalhaes L.M. 1982. *Patologia Clínica Veterinária*. 2.ed. Belo Horizonte: Editora Rabelo, 293p.
- 13 Finch V.A. 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science*. 62(2): 531-542.
- 14 Hahn G.L., Parkhurst A.M. & Gaughan J.B. 1997. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. *Transactions of American Society of Agricultural Engineering*. 40(6): 97-121.
- 15 Indu S. & Pareek A. 2015. A Review: Growth and Physiological Adaptability of Sheep to Heat Stress under Semi-Arid Environment. *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*. 2(9): 3188-3198.
- 16 Jain N.C. 1993. Comparative hematology of common domestic animals. In: *Essentials of Veterinary Hematology*. Philadelphia: Lea & Febiger, pp.19-53.
- 17 Lee D.H.K. 1965. Climatic stress indices for domestic animals. *International Journal of Biometeorology*. 9(1): 29-35.
- 18 Maywald P.G. & Marçal Júnior O. 2013. Estrutura de Áreas protegidas dos assentamentos de reforma agrária no município de Uberlândia-MG, Brasil: um estudo de ecologia de paisagem. *Revista Sociedade & Natureza*. 25(1): 75-90.
- 19 McManus C., Prescott E., Paludo G.R, Bianchini E., Louvandini H. & Mariante A.S. 2009. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. *Livestock Science*. 120(3): 256-264.
- 20 Nascimento G.V.D., Cardoso E.D.A., Batista N.L., Souza B.B.D. & Cambuí G.B. 2013. Indicadores produtivos, fisiológicos e comportamentais de vacas de leite. *Agropecuária Científica no Semiárido*. 9(4): 28-36.
- 21 National Research Council - NRC. 1971. *A guide to environmental research on animals*. Washington DC: National Academy of Sciences, 374p.
- 22 Rocha T.G., Nociti R.P., Sampaio A.A.M. & Fagliari J.J. 2013. Hemograma e proteínas de fase aguda de bezerras sadias do nascimento aos 30 dias de idade. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 33(Supl 1): 25-31.
- 23 Roland L., Drillich M., Klein-Jöbstl D. & Iwersen M. 2016. Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. *Journal of Dairy Science*. 99(4): 2438-2452.
- 24 Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*. 67(1): 1-18.
- 25 Silva E.M. & Assunção W.L. 2004. O clima na cidade de Uberlândia – MG. *Sociedade & Natureza*. 16(30): 91-107.
- 26 Silva R.M.N., Souza B.B., Souza A.P., Marinho M.L., Tavares G.P. & Silva E.M.N. 2005. Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça Sindi no semi-árido. *Ciência e Agrotecnologia*. 29(1): 193-199.
- 27 Silva R.G., Morais D.A.E.F. & Guilhermino M.M. 2007. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(4): 1192-1198.
- 28 Silva R.G. 2008. *Biofísica ambiental: os animais e o seu ambiente*. Jaboticabal: FUNEP, 393p.
- 29 Silva J.A.R., Araújo A.A., Lourenço Júnior J.B., Santos N.F.A., Garcia A.R. & Oliveira R.P. 2015. Thermal comfort indices of female Murrah buffaloes reared in the Eastern Amazon. *International Journal of Biometeorology*. 59(9): 1261-1267.
- 30 Singh S.P. & Newton W.M. 1978. Acclimation of young calves to high temperatures: physiologic responses. *American Journal of Veterinary Research*. 39(5): 795-797.

- 31 **Starling J.M.C., Silva R.G., Cerón-Muñoz M., Barbosa G.S.S.C. & Costa M.J.R.P. 2002.** Análise de algumas variáveis fisiológicas para avaliação do grau de adaptação de ovinos submetidos ao estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31(5): 2070-2077.
- 32 **Thrall M.A., Weiser G., Allison R.W. & Campbell T.W. 2015.** *Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 678p.
- 33 **Thom E.C. 1959.** The discomfort index. *Weatherwise*. 12(2): 57-61.
- 34 **Wood D. & Quiroz-Rocha G.F. 2010.** Normal hematology of cattle. In: Weiss D.J. & Wardrop K.J. (Eds). *Schalm's Veterinary Hematology*. 6th edn. Ames: Blackwell Publishing, pp.829-835.
- 35 **Yousef M.K. 1985.** *Stress physiology in livestock. Basic principles*. v.1. Boca Raton: CRC Press, 217p.