



ADAPTABILIDADE DE BOVINOS CARACU AO CLIMA TROPICAL

Giovanna Rodrigues **Goulart**¹; Bianca Vilela Pires²; Natalya Gardezani **Abduch**³; Claudia Cristina
Paro de **Paz**⁴; Nedenia Bonvino **Stafuzza**⁵

Nº 20703

RESUMO – O aumento da temperatura ambiental provoca distúrbios na termorregulação animal, o que desencadeia modificações metabólicas e fisiológicas que afetam a eficiência da produção. Os mecanismos de adaptabilidade mediante ao estresse térmico manifestam-se em diferentes intensidades de acordo com a raça bovina. Desse modo, objetivou-se avaliar a adaptabilidade de bovinos da raça Caracu ao clima tropical. Para a realização do trabalho foram utilizados 91 animais pertencentes ao mesmo grupo de contemporâneos, submetidos à exposição ao sol por 6 horas em dias em que a temperatura de globo negro atingiu valores acima de 45 °C. Foram coletados fenótipos (temperaturas dorsal e retal) e amostras de sangue para avaliação de parâmetros hematológicos e hormônios antes e após exposição ao sol. A análise de variância para as variáveis obtidas foi realizada pelo PROC MIXED do SAS. O índice de tolerância ao calor obtido variou de 3 a 28 entre os indivíduos dessa população, o que ilustra a ampla variabilidade para essa característica. Os fenótipos avaliados (temperaturas retal e dorsal), bem como o hormônio cortisona e os parâmetros hematológicos hematócrito, hemácias, hemoglobinas, volume corpuscular médio, concentração da hemoglobina corpuscular média, neutrófilos e segmentados foram influenciados pela temperatura ambiental ($P < 0,05$). Assim, os parâmetros avaliados que foram influenciados pela temperatura ambiental podem ser utilizados para a seleção de animais Caracu termotolerantes, uma vez que apresentaram variabilidade para termorregulação quando expostos à elevadas temperaturas.

Palavras-chaves: análise de variância, cortisona, hemograma, temperatura dorsal, temperatura retal, termotolerância.

1 Autora, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Medicina Veterinária, UNIUBE, Uberaba-MG; giovana_goulart@hotmail.com.

2 Colaboradora, Bolsista CNPq: Doutoranda em Genética, FMRP/USP, Ribeirão Preto-SP.

3 Colaboradora: Mestranda em Produção Animal Sustentável, Instituto de Zootecnia, Sertãozinho-SP.

4 Colaboradora: Pesquisadora do Instituto de Zootecnia, Sertãozinho-SP.

5 Orientadora: Jovem Pesquisadora do Instituto de Zootecnia, Sertãozinho-SP; nedeniabs@gmail.com.



ABSTRACT – *High environmental temperatures cause alterations in animal thermoregulation leading to metabolic and physiological changes that affect production efficiency. The adaptability mechanisms due to thermal stress are displayed in several intensities according to the cattle breed. The aim of this study was to evaluate the adaptability of Caracu breed to the tropical climate. A contemporary group with 91 animals were submitted to sun exposure for 6 hours on the days when the black globe temperature was 45 °C. Phenotypes (dorsal and rectal temperatures) and blood samples were collected to evaluate hematological parameters and hormones before and after exposure to the sun. The analysis of variance for all the variables obtained was performed by the PROC MIXED of the SAS. The heat tolerance index obtained varied from 3 to 28 among individuals in this population, which illustrates the wide variability for this trait. The evaluated phenotypes (rectal and dorsal temperatures), as well as the hormone cortisone and hematological parameters such as hematocrit, erythrocytes, hemoglobin, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin concentration, neutrophils and segmented were influenced by the ambient temperature ($P < 0.05$). Thus, the evaluated parameters that were influenced by the ambient temperature can be used for the selection of thermotolerant animals, since they exhibited variability for thermoregulation when exposed to high temperatures.*

Keywords: analysis of variance, cortisone, dorsal temperature, hemogram, rectal temperature, thermotolerance.



1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global provoca prejuízos nos sistemas extensivos de produção animal (NARDONE et al., 2010). A capacidade de produção de bovinos de corte em sistemas extensivos de criação está relacionada com a adaptação às condições do ambiente e à tolerância ao calor, sendo considerados fatores importantes na pecuária. A termotolerância é influenciada por agentes climáticos como radiação solar, vento, temperatura, umidade, pluviosidade e pressão atmosférica que impactam direta ou indiretamente a produção animal. Assim, o aumento da temperatura ambiental tem sido um dos fatores preocupantes nas últimas décadas, o que tem impulsionado pesquisas que visam minimizar os prejuízos e aumentar a eficiência produtiva animal (BROWN-BRANDL, 2018).

Os bovinos são animais homeotérmicos, capazes de regular a temperatura corporal quando não estão em zona de termoneutralidade a partir da utilização de mecanismos de termorregulação. Quando o animal sai da zona de conforto térmico, mecanismos fisiológicos são ativados para que o calor corpóreo se dissipe, como a vasodilatação periférica, sudorese e aumento da frequência respiratória (BROWN-BRANDL, 2018). Segundo Bernabucci et al. (2010), as mudanças fisiológicas ocorrem devido à aclimação, que é a resposta perante mudanças no ambiente. Entre essas mudanças incluem o aumento na liberação de glicocorticóides, que fazem parte dos principais hormônios que atuam na resposta de aclimação ao calor. Os glicocorticóides, como por exemplo o cortisol, são liberados quando o animal entra em situação de estresse térmico e apresentam efeito catabólico, ou seja, disponibilizam glicose através da degradação de tecidos (COLLIER et al., 2005).

Outras alterações significativas decorrentes do estresse térmico são o aumento das temperaturas retal e de superfície. Entre os fatores que influenciam diretamente o aumento da temperatura de superfície, destacam-se as características da pele e pelame do animal, já que uma das principais formas de realizar trocas térmicas se dá através destas estruturas, tendo em vista que a coloração da pele é dada pela quantidade de melanina presente, a qual possui característica de proteção contra raios ultravioletas (FERREIRA, 2005). A estrutura do pelame é importante para a dissipação de calor, sendo que características como o comprimento, espessura da capa, ângulo de inclinação, diâmetro, densidade de massa, densidade numérica e pigmentação, influenciam diretamente essa troca de calor (RASHAMOL et al., 2018).

A raça Caracu (*Bos taurus taurus*) formou-se no Brasil após quatro séculos de cruzamentos não controlados entre bovinos europeus introduzidos a partir de 1534. Esses animais passaram por intenso processo de seleção natural ao enfrentar as adversidades do clima tropical, bem como a



alimentação escassa e a presença de parasitas (LIMA et al., 1992). A raça Caracu é, por sua história e características, um patrimônio da pecuária nacional, uma vez que sustentou a produção brasileira antes da chegada dos zebuínos e atualmente apresenta o maior rebanho efetivo para exploração pecuária entre as raças Crioulas. Ao avaliar a capacidade termolítica em animais Caracu por meio de aferição de temperatura retal expostos ao sol e a sombra, Mendonça et al. (2017) não identificaram diferenças significativas de temperatura retal nas diferentes horas de aferições, o que sugere que os animais são adaptados as condições tropicais.

Atualmente há uma crescente preocupação com a dificuldade em manter a produtividade dos animais e promover o bem estar no clima tropical brasileiro. Portanto, o aumento do conhecimento da resposta dos animais ao estresse térmico é importante para o desenvolvimento de novas estratégias como, por exemplo, a seleção de animais termotolerantes dentro de um determinado rebanho. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a resposta ao estresse térmico de bovinos da raça Caracu a partir de características fenotípicas e hematológicas, o que permitirá uma melhor compreensão sobre os mecanismos envolvidos na termorregulação, possibilitando desenvolver métodos de selecionar animais mais adaptados ao clima tropical.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi realizado na fazenda experimental do Centro APTA de Bovinos de Corte do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho-SP, o qual foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Instituto de Zootecnia (protocolo nº 292-19) por estar de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, do Decreto nº 6.899 e com as normas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). A temperatura e pluviosidade média anual em Sertãozinho são de 24,7°C e 1.446 mm, respectivamente (INMET, 2019). Para as avaliações do ambiente foi utilizada uma base de medida meteorológica de termômetro de globo negro digital ITEG-500 (Incon Eletronica Ltda) alocada no piquete onde foi realizado o experimento.

Noventa e um animais da raça Caracu, com idade de aproximadamente 17 meses e pertencentes ao mesmo grupo de contemporâneos, recriados em pasto e suplementados em cocho com sal mineral foram utilizados no presente estudo. Durante o mês de janeiro de 2020, quando ocorrem altas temperaturas ambientais, os animais foram adaptados ao manejo no tronco. A adaptação foi realizada ao longo de 21 dias, duas vezes ao dia (4:00 h e 13:00 h), a qual consistiu em manter os animais no tronco por três minutos, tempo necessário para que se adaptassem ao manejo que seria realizado durante o experimento. Em fevereiro de 2020, quando a temperatura de globo negro atingiu valores acima de 45 °C, foram realizadas mensurações das temperaturas retal



e dorsal dos animais antes e após a exposição ao sol (desafio). Os animais foram mantidos em piquete com exposição ao sol e isento de sombra, com disponibilidade de água e alimento por um período de 6 horas (7:00 h - 13:00 h). A coleta de fenótipos (temperaturas retal e dorsal) e de sangue ocorreu em dois momentos: 1) entre 4:00 h e 6:00 h, na presença de temperaturas mais amenas e sem exposição ao sol; e 2) entre 13:00 h e 15:00 h, logo após o período de exposição ao sol por cerca de 6 horas. A determinação do estresse térmico foi realizada utilizando como referência o índice de tolerância ao calor determinado por Baccari Junior et al. (1986).

A temperatura dorsal dois animais foi aferida por meio de termômetro infravermelho ITTI 380 (Instrutemp). Para obtenção da temperatura retal (°C) um termômetro clínico veterinário com escala até 44 °C foi introduzido 3,5 cm de profundidade no reto do animal. As colheitas das amostras de sangue foram realizadas a partir da veia jugular, em tubos a vácuo com K₃EDTA para quantificação de hormônios esteroidais (cortisol e cortisona) e análise completa de hemograma.

Para avaliar as diferenças nas características ambientais (temperatura do globo negro, temperatura ambiental e umidade relativa) durante os dois tratamentos (sombra e sol), foi realizado o Teste Tukey (5%) por meio do procedimento GLM do SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA). Para a análise de variância dos dados de temperatura retal, temperatura dorsal, parâmetros hematológicos (hemáceas, hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio, concentração da hemoglobina corpuscular média, leucócitos, bastonetes, segmentados, neutrófilos, eosinófilos, linfócitos, monócitos e plaquetas) e hormônios esteroidais (cortisol e cortisona) foi utilizado o procedimento Mixed do SAS (Institute Inc., Cary, NC, USA) em que se considerou como efeito fixo o tratamento, sendo o ajuste do modelo verificado pelo critério de Akaike (AIC), considerando o nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados ambientais obtidos durante os dois tratamentos (sombra e sol) apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$), como pode ser observado na Tabela 1. Existe grande variação na literatura em relação às temperaturas que delimitam faixa de termoneutralidade, a qual está descrita para as raças europeias entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ e para as raças zebuínas entre $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AZEVEDO e ALVES, 2009). Embora a raça Caracu seja uma raça Crioula, com base nos resultados obtidos pode ser considerado que os animais Caracu permaneceram dentro da sua zona de termoneutralidade no período anterior a exposição ao sol, como pode ser observado pelas médias obtidas nos termômetros de bulbo seco ($20,61 \pm 0,07$), bulbo úmido ($20,72 \pm 0,09$) e globo negro ($20,72 \pm 0,08$), porém os animais se encontraram fora da zona de termoneutralidade após

serem submetidos ao tratamento de exposição ao sol, como pode ser observado pelos valores obtidos com o bulbo seco ($35,89 \pm 0,11$), bulbo úmido ($36,32 \pm 0,126$) e globo negro ($49,13 \pm 0,28$) (Tabela 1).

Tabela 1. Média observada seguida do desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) para as características ambientais bulbo úmido, bulbo seco, globo negro, IBUTG (índice de bulbo úmido e termômetro de globo) externo e interno obtidas durante os tratamentos sol e sombra.

Variável	Sombra			Sol		
	Média	DP	CV	Média	DP	CV
Bulbo úmido	20,72	0,10	4,57	36,32	0,13	3,31
Bulbo seco	20,61	0,08	3,54	35,90	0,12	3,12
Globo negro	20,72	0,09	3,99	49,14	0,29	5,54
IBUTG externo	20,71	0,09	4,29	38,84	0,15	3,68
IBUTG interno	20,72	0,09	4,31	40,16	0,17	3,94

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva das variáveis fenotípicas e hematológicas obtidas para os animais da raça Caracu antes e após a exposição ao sol. A análise de variância permitiu identificar que as variáveis temperatura dorsal ($P < 0,0001$), temperatura retal ($P < 0,0001$), cortisona ($P = 0,0116$), hematócrito ($P < 0,0001$), hemácias ($P = 0,0003$), hemoglobinas ($P = 0,0003$), volume corpuscular médio ($P = 0,0158$), concentração da hemoglobina corpuscular média ($P = 0,0027$), neutrófilos ($P = 0,0267$) e segmentados ($P = 0,0315$) foram influenciadas pelos diferentes ambientes aos quais os animais foram expostos.

Tabela 2. Média, desvio padrão e coeficiente de variação observados nas características fenotípicas e hematológicas observadas em animais da raça Caracu.

Característica	N	Média	DP	CV	Mínimo	Máximo
Temperatura retal (°C)	182	38,78	0,06	2,21	37,10	41,00
Temperatura dorsal (°C)	182	37,38	0,25	8,98	29,20	42,40
Cortisona (ng/mL)	179	0,51	0,01	33,99	0,21	1,09
Cortisol (ng/mL)	179	1,99	0,10	65,57	0,16	6,31
Hemácias (milhões/mm ³)	182	7,21	0,06	11,58	5,34	10,03
Hemoglobina (g/dL)	182	9,46	0,08	11,39	7,20	12,80
Hematócrito (%)	182	29,88	0,27	12,32	21,80	41,30
VCM* (fL)	182	41,47	0,16	5,35	36,86	47,33
CHCM* (g/dL)	182	31,71	0,07	2,97	28,21	35,03
Leucócitos (/mm ³)	182	13267,03	164,459	16,72	8600,00	18900,00
Bastonetes (/mm ³)	182	35,91	4,64	174,18	0	189,00
Segmentados (/mm ³)	182	3500,68	70,74	27,26	1624,00	6642,00
Neutrófilos (/mm ³)	182	3536,59	72,02	27,47	1638,00	6804,00
Eosinófilos (/mm ³)	182	659,39	32,63	66,76	103,00	2768,00
Linfócitos (/mm ³)	182	8668,91	119,72	18,63	4902,00	13986,00
Monócitos (/mm ³)	182	402,14	9,13	30,65	188,00	756,00
Plaquetas (/mm ³)	182	527741,76	3506,65	34,53	190000,00	928000,00

*VCM: volume corpuscular médio; CHCM: concentração da hemoglobina corpuscular média.



A média estimada das temperaturas dorsal e retal observadas nos animais antes ($31,63 \pm 0,18$ °C e $38,04 \pm 0,04$ °C, respectivamente) e após exposição ao sol ($38,97 \pm 0,18$ °C e $39,51 \pm 0,04$ °C, respectivamente), foram significativamente diferentes ($P < 0,0001$) entre os ambientes, onde o aumento da temperatura ambiental resultou na elevação das temperaturas dorsal e retal. O aumento da temperatura dorsal durante a exposição ao sol em animais Caracu também foi observado por Pires et al. (2019) e Lima et al. (2020), uma vez que em situações de estresse térmico o fluxo sanguíneo é aumentado do núcleo central para a superfície do animal, o que acarreta o aumento da temperatura superficial (CARVALHO et al., 1995). Quando a umidade relativa é alta, a perda de calor através da epiderme é prejudicada, visto que há quantidade significativa de água em forma de vapor no ambiente. A alta umidade, quando associada à elevada temperatura, pode provocar estresse térmico no animal e, conseqüentemente, afetar seu desempenho produtivo e reprodutivo (SILVA, 2000). Diante disso, foi possível perceber que nas horas mais quentes e de maior umidade que compreende o período em que os animais ficaram expostos ao sol (Tabela 1), muitos animais não conseguiram manter sua temperatura retal dentro da neutralidade, podendo ser considerados mais vulneráveis no processo de adaptação ao clima tropical.

O aumento da temperatura retal é um indicativo de que os mecanismos de homeotermia estão insuficientes em elevadas temperaturas, e por isso são utilizados como parâmetros para a aclimação destes animais ao ambiente (EL TARABANY et al., 2017). Reece et al. (2015) descreve que os valores de referência da temperatura retal em bovinos em condições de termoneutralidade oscila entre 36,7 e 39,1 °C. Considerando este intervalo, as condições de temperatura ambiental obtidas após a exposição dos animais ao sol foram capazes de tirar alguns animais da termoneutralidade, que chegaram a apresentar temperatura retal de 41 °C, enquanto que outros animais conseguiram manter a temperatura retal a 38,7 °C. A temperatura retal está diretamente associada com os índices produtivos em bovinos de corte interferindo diretamente no ganho de peso (GRUBER et al., 2010). Assim, a implementação de estratégias que amenizem o efeito da temperatura ambiental sobre a criação de gado de corte, em conjunto com a utilização de animais mais adaptados a esse tipo de ambiente contribuirá sobremaneira para o aumento da produtividade da cadeia.

O índice de tolerância ao calor (ITC) obtido durante o estudo variou de 3 a 28, e apresentou média de $14,78 \pm 4,91$, valor mais elevado do que o descrito na literatura por Titto et al. (2006) para animais Caracu, que foi de 9,7. Esses resultados demonstram a variabilidade para termotolerância existente dentro do rebanho Caracu em estudo, uma vez que quanto maior o ITC, mais tolerante é o animal ao ambiente e valores mais próximos de 10 indicam maior adaptação (Baccari Júnior,



1990). Tendo em vista o índice de tolerância ao calor obtido para bovinos da raça Caracu esteve entre 3 °C e 28 °C, podemos afirmar que há uma ampla variabilidade para essa característica, o que permite a seleção de animais mais resistentes ao calor, sendo que muitos deles superaram a capacidade de tolerância ao calor de bovinos de raças zebuínas.

A resposta característica ao estress ocorre por meio da condução dos estímulos por neurotransmissores até o hipotálamo, onde é secretado o hormônio liberador de corticotrofina (CRH). Esse hormônio é transportado até a hipófise, onde estimula a síntese e a liberação de hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), que, por sua vez, tem a função de estimular a liberação de glicocorticoides (cortisol e cortisona) e catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), os quais regulam o metabolismo de proteínas, carboidraos e lipídeos, aumentam a concentração de hemácias no sangue e oxigenação dos tecidos e controam o equilíbrio eletrolítico de água (AFSAL et al., 2018). A concentração do hormônio cortisona apresentou diferenças significativas ($P < 0,0001$) nos animais antes (38.038 ± 0.04 ng/mL) e após exposição ao sol ($39,51 \pm 0,04$ ng/mL), enquanto que a concentração de cortisol, embora fosse maior após exposição ao sol, não apresentou diferença significativa. A relação entre os níveis de cortisol e cortisona podem ser alterados por meio da enzima 11 β -hidroxiesteroide desidrogenase (11 β -HSD), cuja isoforma 11 β -HSD-2 converte cortisol em cortisona, enquanto que a isoforma 11 β -HSD-1 cataliza o oposto, converte cortisona em cortisol (GRIFFIN e OJEDA, 1996).

Em relação aos parâmetros sanguíneos, a exposição dos animais ao sol interferiu significativamente nos níveis de hematócrito ($30,54 \pm 0,37$ % antes e $29,32 \pm 0,37$ % após sol), hemácias ($7,34 \pm 0,09$ milhões/mm³ antes e $7,09 \pm 0,09$ milhões/mm³ após sol), hemoglobinas ($9,63 \pm 0,11$ g/dL antes e $9,32 \pm 0,11$ g/dL após sol), volume corpuscular médio ($41,60 \pm 0,23$ fL antes e $41,40 \pm 0,23$ fL após sol), concentração da hemoglobina corpuscular média ($31,59 \pm 0,10$ g/dL antes e $31,81 \pm 0,10$ g/dL após sol), neutrófilos ($3446,23 \pm 94,54$ /mm³ antes e $3626,95 \pm 108,37$ /mm³ após sol) e segmentados ($3415,36 \pm 93,02$ /mm³ antes e $3586,00 \pm 106,37$ /mm³ após sol).

Ferreira et al. (2009) identificaram valores para hemoglobina e hematócrito mais elevados no período após exposição ao sol ao estudarem animais cruzados, o oposto ao encontrado no presente estudo. A hemoconcentração em bovinos acima de sua zona de termoneutralidade é causada pela perda de líquidos corporais, consequência da ação dos mecanismos fisiológicos de dissipação de calor através da sudorese e aumento da frequência respiratória, na tentativa de manter a homeostase (OLSSON et al., 1995). Entretanto, Casella et al. (2013) observaram diminuição do hematócrito em animais expostos a elevadas temperaturas, assim como observado no presente estudo, o que foi atribuído à mudanças no balanço hídrico em decorrência da perda de



líquido por evaporação, consequentemente, ingestão compensatória de água, causando hemodiluição. Já os neutrófilos são considerados as primeiras defesas celulares contra infecções e podem ser suprimidos pela alta concentração de cortisol, o que sugere que a interação do ambiente com o cortisol tem relação direta com a alteração nas concentrações dos parâmetros sanguíneos (MAZZULO et al., 2014). Porém não foi observado aumento significativo na concentração de cortisol no sangue dos animais após exposição ao sol, enquanto que o número de neutrófilos no sangue dos animais após exposição ao sol aumentou significativamente, o que nos permite inferir que esses animais não estavam sob processo de infecção.

4 CONCLUSÃO

Elevadas temperaturas influenciam diretamente as temperaturas retal e dorsal, parâmetros sanguíneos e níveis de cortisona em animais Caracu. Tendo em vista que o índice de tolerância ao calor em bovinos da raça Caracu se encontraram mais elevados que o descrito na literatura para raças taurinas, o rebanho Caracu estudado possui ampla capacidade de termorregulação, além de apresentaram variabilidade para essa característica, possibilitando a seleção de animais mais termotolerantes.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa PIBIC concedida à GRG, bolsa de doutorado à BPV e bolsa de produtividade em pesquisa à CCPP. Os autores gostariam de agradecer à FAPESP pelo financiamento do projeto de pesquisa (2018/19216-7), além da bolsa TT3 concedida à NGA (2020/03699-9) e à bolsa jovem pesquisador concedida à NBS (2019/10438-0).

6 REFERÊNCIAS

- AFSAL, A.; SEJIAN, V.; BAGATH, M.; KRISHNAN, G.; DEVARAJ, C.; BHATTA, R. Heat stress and livestock adaptation: Neuro-endocrine regulation. **International Journal of Veterinary and Animal Medicine**, v. 1-2, p. 1-8, 2018.
- AZEVEDO, D. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83p.
- BACCARI JUNIOR, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: Simpósio Internacional de Bioclimatologia nos trópicos: Pequenos e grandes ruminantes: Embrapa-CNPC Sobral, CE.; 1990. **Anais...** Sobral: Embrapa-CNPC, 1990. p. 9-17.



- BACCARI JUNIOR, F.; POLASTRE, R.; FRÉ, C. A.; ASSIS, P. S. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. In: Reunião Anual da Sociedade de Zootecnia, 23, Campo Grande, MS, 1986. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 1986. p. 316.
- BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P.; RONCHI, B.; NARDONE, A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1167-1183, 2010.
- BROWN-BRANDL, T. M. Understanding heat stress in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.
- CARVALHO, F. A.; LAMMOGLIA, M. A.; SIMOES, M. J.; RANDEL, R. D. Breed Affects Thermoregulation and Epithelial Morphology in Imported and Native Cattle Subjected to Heat Stress. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 12, p. 3570-3573, 1995.
- CASELLA, S.; SCIANO, S.; ZUMBO, A.; MONTEVERDE, V.; FAZIO, F.; PICCIONE, G. Effect of seasonal variations in Mediterranean area on haematological profile in dairy cow. **Comparative Clinical Pathology**, v. 22, p. 691–695, 2013.
- COLLIER, R. J.; BAUMGARD, L.; LOCK, A.; BAUMAN, D.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; WISEMAN, J. **Physiological limitations, nutrient partitioning**. Yield of farmed species. Constraints and opportunities in the 21st Century, Nottingham University Press, Nottingham, UK, p. 351-377, 2005.
- EL-TARABANY, M. S.; EL-TARABANY, A. A.; ATTA, M. A. Physiological and lactation responses of Egyptian dairy Baladi goats to natural thermal stress under subtropical environmental conditions. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 1, p. 61-68, 2017.
- FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Editora Aprenda Fácil, Viçosa, MG. 2005. 371p.
- FERREIRA, F.; CAMPOS, W. E.; CARVALHO, A. U.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; SILVA, M. V. G. B.; VERNEQUE, R. S.; SILVA, P. F. Parâmetros clínicos, hematológicos, bioquímicos e hormonais de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n. 4, p. 769-776, 2009.
- GRIFFIN, J. E.; OJEDA, S. R. **Textbook of Endocrine Physiology**, 3ª ed. Oxford: Oxford University Press, 1996.
- GRUBER, S. L.; TATUM, J. D.; ENGLE, T. E.; CHAPMAN, P. L.; BELK, K. E.; SMITH, G. C. Relationships of behavioral and physiological symptoms of preslaughter stress to beef longissimus muscle tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 3, p. 1148-1159, 2010.
- INMET, 2019. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 25 julho 2020.
- LIMA, M. L. P.; BONILHA NETO, L.; FIGUEIREDO, L. A.; RAZOOK, A. G. Os bovinos da raça Caracu. **Zootecnia**, v. 30, p. 1-12, 1992.
- LIMA, S. B. G. P. N. P.; STAFUZZA, N. B.; PIRES, B. V.; BONILHA, S. F. M.; CYRILLO, J. N. S. G.; NEGRÃO, J. A.; PAZ, C. P. P. Effect of high temperature on physiological parameters of Nelore (*Bos taurus indicus*) and Caracu (*Bos taurus taurus*) cattle breeds. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 2233–2241, 2020.
- MAZZULLO, G.; RIFICI, C.; CACCAMO, G.; RIZZO, M.; PICCIONE, G. Effect of different environmental conditions on some haematological parameters in cow. **Annals of Animal Science**, v.14, n. 4, p. 947-954, 2014.
- MENDONÇA, F. A. C.; PONTE, F. A. P. D.; BRANDÃO, B. M.; NASCIMENTO, B. M. S.; ANJOS, V. F. L.; AMARAL, A. G.; TAVEIRA, R. Z.; SILVA, R. M. Aferição Da Temperatura Retal em Touros Jovens da Raça Caracu. In: IV Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 2017, Pirenópolis. **Anais...** Universidade Estadual de Goiás, 2017.
- NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, n. 1-3, p. 57-69, 2010.



OLSSON, K.; JOSÄTER-HERMELIN, M.; HOSSAINI-HILALI, J.; HYDIBRING, E.; DAHLBOM, K. Heat stress causes excessive drinking in fed and food deprived pregnant goats. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 110, n.4, p. 309-317, 1995.

PIRES, B.V.; STAFUZZA, N.B.; LIMA, S.B.G.P.N.P.; NEGRÃO, J.A.; PAZ, C.C.P. Differential expression of heat shock protein genes associated with heat stress in Nelore and Caracu beef cattle. **Livestock Science**, v. 230, 2019.

RASHAMOL, V. P.; SEJIAN, V.; BAGATH, M.; KRISHNAN, G.; ARCHANA, P. R.; BHATTA, R. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. **Journal of Animal Behavior Biometeorology**, v. 6, p. 62-71, 2018.

REECE, W. O.; ERICKSON, H. H.; GOFF, J. P.; UEMURA, E. E. **Dukes' Physiology of Domestic Animals**. Oxford, UK, v. 13, p. 760, 2015.

SILVA, R. G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.

TITTO, C. G.; TITTO, E. A. L.; VIEIRA, R. V.; GLASER, F. D.; TITTO, R. M.; ABLAS, D. S.; PEREIRA, A. M. F.; CUNHA LEME, T. M.; GATTO, E. G.; RAINERI, C. Tolerância ao calor em bovinos de corte de raças europeias utilizadas em cruzamentos industriais no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 4, 2006, Ribeirão Preto, São Paulo. **Anais...** Ribeirão Preto: SBBiomet, 2006.