

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LARISSA BARROS ALMEIDA

Análise de correlação canônica para identificar as variáveis mais importantes do ambiente
térmico e termofisiológicas de bezerras mestiças leiteiras

Uberlândia

2023

LARISSA BARROS ALMEIDA

Análise de correlação canônica para identificar as variáveis mais importantes do ambiente térmico e termofisiológicas de bezerras mestiças leiteiras

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Profa. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento.

Uberlândia

2023

LARISSA BARROS ALMEIDA

Análise de correlação canônica para identificar as variáveis mais importantes do ambiente térmico e termofisiológicas de bezerras mestiças leiteiras

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Zootecnia.

Uberlândia, 27 de junho de 2023.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento - Doutora (FAMEV-UFU)

Profa. Dra. Amanda Marchi Maiorano – Doutora (FAMEV-UFU)

Profa. Ms. Fernanda Gatti de Oliveira Nascimento – Doutoranda (FAMEV-UFU)

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo
estímulo, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram a esta pesquisa, em especial minha professora e orientadora Mara Regina Bueno de Mattos Nascimento o incentivo, motivação nesta caminhada acadêmica.

Aos colegas do grupo de estudo, pesquisa e extensão em biometeorologia animal (GEPEBA) Amanda Aparecida Brito e Fernanda Gatti de Oliveira Nascimento.

A Prof. Dra. Priscila Neves Faria da Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia pelas análises.

RESUMO

Dentre os vários desafios da bovinocultura leiteira no Brasil, o estresse por calor é um deles. Estudos sobre os efeitos prejudiciais de elevadas temperaturas foram realizados com vacas, entretanto com bezerras são escassos. Assim, objetivou-se investigar a associação entre medidas térmico e repostas fisiológicas de bezerras leiteiras mestiças criadas em região tropical e pela análise de correlação canônica determinar as variáveis fisiológicas e ambientais mais importantes na termorregulação. Esta pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Glória, MG, Brasil, utilizando 11 fêmeas, com idade de 15 a 60 dias. A frequência respiratória e as temperaturas retal e superficial, temperaturas do ar e do globo, umidade do ar, radiação e velocidade do vento foram medidas. Previsão de perda de calor cutânea e respiratória e onze índices de estresse térmico. Os dados das variáveis do ambiente térmico: temperatura do ar, pressão de vapor, umidade relativa, velocidade do vento, temperatura do globo, carga térmica radiante e radiação solar, foram relacionados com as variáveis fisiológicas sendo elas, frequência respiratória, temperatura retal, temperatura corporal superficial, evaporação cutânea e evaporação respiratória, por correlação canônica identificando variáveis de maior importância para pesquisas futuras no Triângulo Mineiro a Alto Paranaíba. Os resultados mostram que, as medidas fisiológicas recomendadas para coletas termofisiológicas são evaporação respiratória e temperatura corporal superficial e para índices de estresse térmico recomenda-se, índice de conforto térmico para bovinos de leite e índice de globo negro e umidade. Por fim, para o ambiente térmico é recomendado temperatura do ar e temperatura do globo.

Palavras-chave: bovino; temperatura corporal; estresse por calor; bem-estar animal.

ABSTRACT

Among the many challenges of dairy cattle in Brazil, heat stress is one of them. Studies on the harmful effects of high temperatures have been carried out with cows, however with heifers they are scarce. Thus, the objective was to investigate the association between thermal measurements and physiological responses of crossed dairy heifers raised in the tropical region and, through canonical correlation analysis, to determine the most important physiological and environmental variables in thermoregulation. This research was carried out at the Experimental Farm of the Federal University of Uberlândia – Campus Glória, MG, Brazil, using 11 females, aged between 15 and 60 days. Respiratory rate and rectal and surface temperatures, air and globe temperatures, air humidity, radiation and wind speed were measured. Prediction of skin and respiratory heat loss and eleven heat stress indices. The data of the thermal environment variables: air temperature, vapor pressure, relative humidity, wind speed, global temperature, radiant thermal load and solar radiation, were related to the physiological variables, namely, respiratory rate, rectal temperature, temperature surface body, cutaneous evaporation and respiratory evaporation, by canonical correlation identifying variables of greater importance for future research in the Triângulo Mineiro to Alto Paranaíba. The results show that the recommended physiological measurements for thermophysiological collections are respiratory evaporation and surface body temperature and for thermal stress indices, the thermal comfort index for dairy cattle and the black globe and humidity index are recommended. Finally, for the thermal environment, air temperature and globe temperature are recommended.

Keywords: bovine; body temperature; heat stress; animal welfare.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Temperatura do ar, °C, (T_{air}), frequência respiratória, mov.resp.min ⁻¹ (m_{rp}), (RR), temperatura retal, em °C, (RT) coletadas de manhã e tarde de bezerras mestiças leiteiras.....	26
Figura 2 -	Temperatura do ar, °C, (T_{air}), umidade relativa do ar, em % coletadas de manhã e tarde de bezerras mestiças leiteiras.....	27
Figura 3 -	Correlação das variáveis pela manhã.....	28
Figura 4 -	Correlação das variáveis pela tarde.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resumo dos índices de estresse térmico, autores e equações	21
Tabela 2 -	Médias e desvio padrão das variáveis meteorológicas e índices de estresse térmico pela manhã e tarde.....	26
Tabela 3 -	Médias e desvios padrão das variáveis fisiológicas de bezerras mestiças leiteiras pela manhã e tarde.....	26
Tabela 4 -	Matriz de correlação dos pares canônicos U e V pela manhã.....	29
Tabela 5 -	Matriz de correlação dos pares canônicos U e V pela tarde.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Clima e tempo do Brasil.....	11
2.2 Conforto térmico.....	12
2.3 Índices de estresse térmico.....	14
2.3.1 Índice de temperatura e umidade.....	15
2.3.2 Índice de Globo Negro e Umidade.....	15
2.3.3 Índice de Carga Térmica.....	16
2.3.4 Índice de Conforto Térmico para bovinos de leite.....	16
2.3.5 Índice de Temperatura Equivalente.....	17
2.3.6 Índice de Frequência Respiratória.....	17
2.3.7 Índice de Especificação Ambiental	18
2.3.8 Índice Climático Compreensivo	18
2.3.9 Índice Estresse Térmico para vacas.....	19
2.3.10 Índice Estresse Ambiental.....	19
2.3.11 Temperatura radiante média e Carga térmica radiante.....	20
2.4 Bem-estar animal.....	21
2.5 Medidas termofisiológicas.....	22
3 METODOLOGIA.....	22
4 RESULTADOS.....	24
4.1 Análise de Correlação Canônica no período da manhã.....	26
4.2 Análise de Correlação Canônica no período da tarde.....	29
5 DISCUSSÃO.....	30
6 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS.....	35
ANEXO A – Análise de Correlação Canônica no período da manhã.....	40
ANEXO B – Análise de Correlação Canônica no período da tarde.....	42

1 INTRODUÇÃO

Os fatores do ambiente térmico como temperatura e umidade do ar, radiação solar, vento atuam sobre os animais (SILVA, 2000). Dessa forma, o desconforto térmico pode prejudicar o crescimento, a saúde e o bem-estar. Muitos estudos sobre os efeitos do estresse térmico foram realizados com vaca leiteira (PINHO et al., 2020; FLAMENBAUM, 2021) e poucos com bezerras.

As bezerras são animais endotérmicos, que independentemente da temperatura externa, tentam manter sua temperatura corporal interna constante. Em vista disso, manter o equilíbrio térmico, se torna um desafio quando levado em consideração as condições meteorológicas desfavoráveis, especialmente as elevadas temperaturas e intensa radiação solar dos trópicos.

Uma importante raça leiteira é a Holandesa que em ambiente desfavorável não expressa seu potencial de produção. Já as raças zebuínas não são tão produtivas, porém são bem adaptadas nesta região. Neste contexto, no Brasil, a composição genética de zebuínos, principalmente Gir, com europeus, Holandesa, são predominantes na bovinocultura leiteira por apresentarem boa capacidade de adaptação ao ambiente tropical (SILVA et al., 2015). Portanto, o animal cruzado vivendo sob condições de estresse, pode apresentar bons resultados.

As medidas termofisiológicas como frequência respiratória, evaporação cutânea e respiratória e as temperaturas retal e superficial, também podem ser utilizadas como indicador de estresse por calor.

Então, neste estudo, objetivou-se avaliar a associação entre variáveis do ambiente térmico com medidas termofisiológicas de bezerras leiteiras mestiças criadas em região tropical e pela análise de correlação canônica determinar as variáveis fisiológicas e ambientais mais importantes na termorregulação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Clima e tempo do Brasil

Reboita et al. (2012) destacam que é importante esclarecer o significado dos termos clima e tempo, já que as pessoas usam erroneamente. Assim, Reboita et al. (2012) afirmam que tempo é o estado momentâneo da atmosfera e o clima é obtido a longo prazo nas estações meteorológicas que registram as variáveis atmosféricas sendo elas, temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação, entre outros.

A América do Sul possui diferentes regimes climáticos (DIAS; SILVA, 2009). Os autores citam que isso ocorre por causa da grande extensão latitudinal, dinâmica das massas de ar e ocupa desde áreas equatoriais até de latitudes médias.

Segundo Morais (1999), a região sudeste é a mais populosa, composta por quatro estados sendo, Espírito Santos (ES), Minas Gerais (MG), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP). Quanto ao clima, no litoral predomina o clima tropical, com temperaturas altas e duas estações marcadas, uma com verão chuvoso e inverno seco. Nos planaltos, ocorrem grandes variações de temperatura, com clima tropical de altitude.

O sudeste brasileiro é uma região sensível às condições climáticas (NUNES; VICENTE; CANDIDO, 2009). Eles explicaram que isto acontece por causa da concentração populacional que movimenta atividades econômicas importantes como a agropecuária, abastecimento urbano e geração de energia hidroelétrica.

A maior parte das terras da região sudeste localiza-se na borda oriental da América do Sul, cruzada pelo Trópico de Capricórnio na região de São Paulo e a maior parte das terras nos trópicos Nunes, Vicente e Candido (2009). Sob a visão desses autores a climatologia da região, explica o fluxo considerável de energia ao longo do ano, distribuição de chuvas altamente irregulares, elevada evaporação em setores mais ao norte e continentais, e condições anticiclones, contribuindo para a região apresentar variados regimes climáticos, que vão do tropical ao subtropical.

Os biomas brasileiros são responsáveis pela maioria da biodiversidade mundial, constituindo altos níveis de riqueza e espécie exclusivamente da região, chamado de endemismo (ALEIXO, 2010). Aleixo (2010) cita que Amazônia e a Mata Atlântica são florestas predominantes com maior riqueza de espécies e endemismo, no Brasil, temperaturas mais altas e maior duração da estação seca podem aumentar a frequência de estiagens iniciadas pelo episódio El Niño.

Santos (2008) explica que os fenômenos El Niño e La Niña são resultados de interações entre o oceano e a atmosfera, considerados padrões climáticos naturais. Dessa forma, estes fenômenos envolvem anomalias das temperaturas da superfície do oceano e da circulação atmosférica. Santos (2008) concluiu que o El Niño representa o aquecimento anormal do Oceano Pacífico Equatorial e a La Niña provoca o resfriamento do Pacífico Equatorial.

2.2 Conforto térmico

Zona de conforto térmico ou zona de termoneutralidade é a faixa de temperatura ambiente efetiva dentro da qual a produção é ótima (BACCARI JUNIOR, 2010). Este intervalo, segundo esse autor, é delimitado pela temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS). Portanto, concluiu-se que abaixo da TCI o animal está sob estresse pelo frio e acima da TCS, sob estresse pelo calor.

Os animais homeotérmicos mantêm a temperatura corporal interna constante, independente das variações do meio externo. Pinheiro et al. (2015) citam o caso dos bovinos, que ajustam seu ritmo biológico diário através de reações fisiológicas e comportamentais, quando seus limites ultrapassam a TCS, a maioria das fontes geradoras de calor interna são diminuídas.

O conforto térmico está diretamente relacionado ao animal, como idade, raça, peso, alimentação e genética e também, ao ambiente como temperatura do ar, velocidade do vento, entre outros (BERTONCELLI et al., 2013). Para Araújo (2001) sob conforto térmico o calor produzido pelo organismo animal juntamente com o que ele ganha do ambiente é igual ao calor perdido.

O calor do corpo provém de fontes mecânicas, térmicas e químicas (EWART, 2021). A fonte de alimentação é uma forma de energia alimentar que produz calor em todos os estágios do processo metabólico, sendo considerada fonte de calor quimicamente de acordo com este autor. Tem-se ainda outras fontes de calor, por exemplo, o esforço físico que é a forma produzida mecanicamente. E por fim, o ganho térmico que é o calor ganho do meio ambiente (EWART, 2021).

Quanto à dissipação de calor, existem quatro formas: radiação, convecção, condução e evaporação. Conforme Silva (2000), a radiação é a transferência de energia térmica de um corpo para outro, através de ondas eletromagnéticas. Para esse autor a corrente de convecção pode ocorrer por fluido, líquido ou gasoso, absorvendo energia térmica, onde se mistura com porções mais frias do fluido, a condução é a expressão aplicada ao mecanismo de transferência de

energia térmica entre corpos em contato e a evaporação é quando as moléculas de água que estão em constante movimento, passam ao ar sob forma de vapor, escapando da superfície.

A evaporação cutânea é uma forma de dissipar calor corporal pelo resfriamento evaporativo e estimada pela temperatura superficial (SILVA; MAIA, 2011). Esses autores estimaram um modelo exponencial em função da temperatura corporal superficial, como segue:

$$Ec = 31,5 + \frac{3,67e(Ts - 27,9)}{2,1915}$$

Onde: Ec : evaporação cutânea, em $W.m^{-2}$ e Ts : temperatura superficial, em $^{\circ}C$.

Para estimar o fluxo de calor latente utiliza-se modelos matemáticos desenvolvidos por Maia e Silva (2011):

$$Er = \lambda \frac{\Psi_{EXP} - \Psi_{ATM}}{r_{VR}}$$

Onde: Er : fluxo de calor através da respiração, em $W.m^{-2}$; λ : calor latente de vaporização da água ($2500,7879 - 2,3737t_a$ [$J.g^{-1}$]); Ψ_{EXP} : umidade absoluta do ar expirado, em $g.m^{-3}$; Ψ_{ATM} : umidade absoluta do ar; r_{VR} : resistência do vapor de água para perder calor pelo trato respiratório, em $S.m^{-1}$.

Para obter Ψ_{ATM} utiliza-se:

$$\Psi_{ATM} = 2166,869 P_v / (T_{air} + 273,15)$$

Onde: P_v : pressão de vapor, em Kpa e T_{air} : temperatura do ar, em $^{\circ}C$.

A pressão de vapor é calculada pela equação:

$$P_v\{T_{air}\} = 0,61078 \times 107,5 T_{air} / (T_{air} + 237,5)$$

Para calcular a umidade absoluta do ar expirado (Ψ_{EXP}) utiliza-se a equação:

$$\Psi_{EXP} = 2166,869 P_{vEXP} / (T_{EXP} + 273,15)$$

$$T_{EXP} = 9,47 + 1,18T_{air} - 0,01278 T_{air}^2$$

$$P_v\{T_{EXP}\} = 0,61078 \times 107,5 T_{EXP} / (T_{EXP} + 237,5) 4$$

Onde: Pv: pressão de vapor; (EXP): pressão de vapor do ar expirado; TEXP: temperatura do ar expirado.

A rVR que é a resistência ao vapor de água, é dado pela seguinte equação:

$$rVr = 2583,921 - 48,445 RR + 0,3414 RR^2 - 2,037 T_{air}$$

Onde: RR é a frequência respiratória, em mov.resp.min⁻¹

Os animais endotérmicos possuem alta taxa metabólica com alto potencial de produção de calor, além disso, podem modificar a conservação e a perda de calor por meios fisiológicos. A forma de aumentar a produção de calor pode ser por termogênese (ROBERSTSHAW, 2006).

Bittar (2014) explica que diferente das vacas, as bezerras e principalmente os recém-nascidos, podem sofrer estresse por frio sendo comum em algumas regiões do Brasil. Seus mecanismos termorreguladores podem levar até 2 meses para se desenvolverem. A zona termoneutra das bezerras varia entre 15 e 25°C (BITTAR; TOMALUSKI, 2022), caso esteja abaixo ou acima desses valores o animal estará sob estresse por frio e estresse por calor, respectivamente.

2.3 Índices de estresse térmico

Silva (2000) explica que o ambiente físico é composto por atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera, onde os três primeiros constituem por ar, terra e as águas e a biosfera é o conjunto de seres vivos que habitam o planeta. O autor mostra que os fatores ambientais apresentam efeitos imediatos que atuam sobre os animais. Que são consideradas pela temperatura do ar, radiação solar, umidade e calor atmosférico.

A maioria dessas variáveis do ambiente térmico podem ser obtidas nas estações meteorológicas. Segundo Instituto Internacional de Meteorologia do Brasil – INMET (1992) a previsão do tempo se baseia em dados atmosféricos observados em estações meteorológicas

como precipitação, ventos, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, entre outros. As informações sobre o tempo são muito valiosas para alguns setores, por exemplo: agricultura, pesca, turismo.

2.3.1 Índice de Temperatura e Umidade

Segundo Macciotta et al. (1996), em populações de gado leiteiro empregado para estudos de avaliação do estresse por calor a variável mais utilizada para avaliar as condições de estresse térmico é o índice de temperatura e umidade (THI). Criado por Thom (1959) como índice de conforto térmico para humanos que relaciona a temperatura e umidade do ar.

O THI é estimado pela seguinte equação de acordo com Thom (1959)

$$THI = T_{air} + 0,36 T_{dp} + 41,5$$

Onde: T_{air} : temperatura ambiente, em °C (bulbo seco); T_{dp} : temperatura de ponto de orvalho, em °C.

Thom (1959) estipulou valores de THI de 70 a 74 desconfortáveis, muito desconfortáveis de 75 a 79 e como seriamente desconfortáveis acima de 80. Azevedo et al. (2005) estimaram os valores críticos de THI para vacas ½, ¾ e 7/8 Holandês-Zebu (HZ) aqueles superiores a 79, 77 e 76, respectivamente. Tal resultado é compreensível, pois, quanto maior é a produção de leite, mais as vacas se tornam sensíveis ao estresse por calor e, assim, menor é a temperatura ambiente a partir da qual se iniciam as perdas na produção.

O THI é utilizado como índice de estresse térmico para animais de produção, utilizado para definir as condições ambientais críticas para o bem-estar e seu desempenho (BERMAN et al, 2016). A equação proposta por esses autores é:

$$THI = 3,43 + 1,058(T_{db}) - 0,293 (RH) + (0,0164 (T_{db})(RH) + 35,7$$

Onde: T_{bs} : temperatura de bulbo seco, em °C e RH: umidade relativa, em %.

2.3.2 Índice de Globo Negro e Umidade

Outro índice de avaliar estresse térmico é o Índice de globo negro e umidade (BGHI). Barcelos (2021) afirmou que o termômetro de globo negro é composto de um sensor envolto de uma esfera oca de cobre pintada de preto. O autor cita que o BGHI é obtido pelo cálculo que envolve temperatura do ar, umidade do ar e energia térmica radiante proveniente do ambiente.

Proposto por Buffinton et al. (1981) para estimativa de conforto térmico para vacas leiteiras o BGHI se dá pela equação:

$$BGHI = Tg + 0,36(Tdb) + 41,5$$

Onde BGHI: índice de globo negro e umidade; Tg: temperatura de globo negro, em °C e TPO: temperatura de ponto de orvalho, em °C.

Os valores de BGHI até 74 são considerados confortáveis para bovinos, de 75 a 78 definem situação de alerta, de 79 a 84 perigo e acima de 84, emergência (BAÊTA; SOUZA, 2010).

2.3.3 Índice de Carga Térmica

Proposto por Gaughan et al. (2002) o índice de carga térmica (HLI) considera a taxa de radiação utilizando a temperatura do globo negro, a umidade relativa e a velocidade do vento. Equação proposta:

$$HLI = 33,2 + 0,2 RH + 1,2 Tg' - (0,82 Ws)^{0,1} - \log (0,4 Ws^2 + 0,0001)$$

$$Tg' = 1,33Tair - 2,65 Tair^{1/2} + 3,2 \log (S+1)$$

Onde: HLI: Índice de Carga Térmica; RH: umidade relativa do ar, em %; Tg': preditor da temperatura de globo negro, em °C; Ws: velocidade do vento, em m.s⁻¹; Tair: temperatura ambiente, em °C; S: radiação solar, em W.m⁻².

2.3.4 Índice de Conforto Térmico para bovinos de leite

O índice de conforto térmico para bovinos de leite foi desenvolvido por Tonello (2011), onde correlaciona as temperaturas do ar e do globo negro, pressão parcial de vapor e velocidade do vento e pode ter obtido pela equação:

$$TCIdc = 0,6354Tair + 0,6312Tg + 0,4438Pv + 0,0310Ws$$

Onde: TCIdc: índice de conforto térmico para bovinos de leite; Tair: temperatura do ar, em °C; Tg: temperatura de globo negro, em °C; Pv: pressão parcial de vapor, em kPa e Ws: velocidade do vento, em m.s⁻¹.

2.3.5 Índice de Temperatura Equivalente

O índice de temperatura equivalente (ETI) está entre os mais precisos na avaliação do conforto térmico de animais em regiões tropicais (SILVA et al., 2007). O índice pode ser obtido pela equação proposta por Baêta (1987):

$$ETI = 27,88 - 0,456Tair + 0,10757Tair^2 - 0,4905RH^2 + 0,0008RH^2 + 1,1507Ws - 0,126447Ws^2 + 0,0198767 Tair RH - 0,046313TairWs$$

Onde: Tair: temperatura ambiente, em °C; RH: umidade relativa do ar, em %; Ws: velocidade do vento, em m.s⁻¹.

2.3.6 Índice de Frequência Respiratória

O índice de frequência respiratória (PRR) foi desenvolvido para bovinos que vivem em ambiente aberto onde são expostos ao sol e para ambientes cobertos. A equação foi proposta por Eigenbreg et al. (2002) como segue:

- a) Temperatura ambiente acima de 25°C:

$$PRR = 5,4Tair + 0,58 RH - 0,63Ws + 0,024S - 110,9$$

- b) Temperatura ambiente abaixo de 25°C:

$$PRR = 2,8 Ta + 0,39UR - 0,36Ws + 0,064S - 30,0$$

Onde: Tair: temperatura ambiente, em °C; UR: umidade relativa do ar, em %; Ws: velocidade do vento, em m.s⁻¹; S: radiação solar, em W.m².

2.3.7 Índice de Especificação Ambiental

O índice de especificação ambiental (ESI) é adequado para vacas leiteiras criadas em ambiente tropical, e foi criado por Silva et al. (2010) a equação a seguir:

$$ESI = 30,114 - 0,1448T_{air} + 0,52855W_s + 1,067p_v + 0,0198T_g$$

Onde: T_{air} : temperatura ambiente, em °C; W_s : velocidade do vento, em $m.s^{-1}$; P_v : pressão parcial de vapor, em kpa; T_g : temperatura de globo negro, em °C;

2.3.8 Índice Climático Compreensivo

Gaughan et al. (2010) desenvolveram o índice climático compreensivo (CCI), onde considerou a temperatura ambiente, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar. Considera também, a influência das superfícies em torno do animal. Pode ser classificado: sem estresse (<25), estresse leve (25-30), estresse moderado (30-35), estresse grave (35-40), estresse extremo (40-45) e perigo extremo (>45). O CCI é obtido pela equação a seguir (GAUGHAN et al., 2010):

$$CCI = T_{air} + [Eq.1] + [Eq.2] + [Eq.3]$$

Eq.1: Fator de correção da RH = $e^{0,00182 \times RH + 1,8 \times 10^{-5} \times T_{air} \times RH} \times (0,000054 \times T_{air}^2 + 0,00192 \times T_{air} - 0,0246) \times (RH - 30)$

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

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

Onde: T_{air} : temperatura ambiente, em °C; RH: umidade relativa do ar, em %; W_s : velocidade do vento, em $m.s^{-1}$; S : radiação solar, em $W.m^2$.

2.3.9 Índice de Estresse Térmico para Vacas

O índice de estresse térmico para vacas foi criado por Silva et al. (2015) para vacas mantidas em regiões intertropicais, onde enfatiza os efeitos da radiação solar sobre os animais e é obtido pela equação:

$$ITSC = 77,1747 + 4,8327T_{air} - 34,8189W_s + 1,111W_s^2 + 118,6981 P_v - 14,7956P_v^2 - 0,1059 CTRE$$

Onde: T_a temperatura ambiente, em °C; v : velocidade do vento, em $m.s^{-1}$; p_v : pressão parcial de vapor, em kpa;

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

$$CTRE = 0,5S + \sigma T_{RM}^4$$

Onde: S : radiação solar, em $W.m^{-2}$; σ : $5,67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$, é constante de Stefan-Boltzmann; T_{RM} : temperatura radiante média, em K.

2.3.10 Índice de Estresse Ambiental

Para o desenvolvimento do índice de estresse ambiental (ESI) foram utilizadas análises de regressão múltipla, baseado em três variáveis sendo elas: temperatura ambiente, umidade relativa e radiação solar. Sugerida por Moran et al. (2001):

$$ESI = 0,63 T_{air} - 0,03 RH + 0,002 RS + 0,0054 (T_{air} \cdot RH) - 0,073(0,1 + S)^{-1}$$

Onde: T_{air} : temperatura ambiente, em °C; RH : umidade relativa, em %; S : radiação solar em $W.m^{-2}$.

2.3.11 Temperatura radiante média e Carga térmica radiante

Para Silva (2000) a T_{rm} é a temperatura média do conjunto de todas as superfícies reais e virtuais ao redor de um animal em um dado local. Um dos melhores instrumentos utilizados para determinação da Carga Térmica Radiante (RTL) e da T_{rm} é o globo negro, que foi proposto por Vernon (1932).

A teoria do globo de Vernon, quando exposto, o globo troca energia com o ambiente sendo o ganho de calor igual ao calor dissipado.

$$H_r = \varepsilon \sigma (T_{rm}^4 - T_g^4)$$

Onde: ε : emissividade = 0,95; T_{rm} : temperatura radiante média, em K; T_g : temperatura do globo em, °C.

$$RTL = 1,053 h_c (T_g - T_{air}) + \sigma T_g^4, W.m^{-2}$$

$$h_c = k d^{-1} Nu$$

Onde: k : condutividade térmica do ar e Nu : número de Nusselt para convecção forçada é:

$$\text{Nu} = 0,38 \text{ Re}^{0,6} \text{ Pr}^{1/3} \text{ e para natural } \text{Nu} = 2 + 0,43 \text{ Gr}^{0,25} \text{ Pr}^{0,25}$$

Onde Re: número de Reynolds e Pr: número de Prandtl.

Por fim, os índices de estresse térmico estão sumarizados na tabela 1.

Tabela 1. Resumo dos índices de estresse térmico, autores e equações.

Índice	Autores	Equação
THI	Thom (1959)	$\text{THI} = T_{\text{air}} + 0,36 T_{\text{dp}} + 41,5$
BGHI	Buffinton (1981)	$\text{BGHI} = T_g + 0,36 * T_{\text{db}} + 41,5$
HLI	Gaughan (2002)	$\text{HLI} = 33,2 + 0,2 \text{ RH} + 1,2 T_g' - (0,82 \text{ Ws})^{0,1} - \log(0,4 \text{ Ws}^2 + 0,0001)$
TCIdc	Tonello (2011)	$\text{TCIdc} = 0,6354 T_{\text{air}} + 0,6312 T_g + 0,4438 P_v + 0,0310 W_s$
ETI	Baêta (1987)	$\text{ETI} = 27,88 - 0,456 T_{\text{air}} + 0,10757 T_{\text{air}}^2 - 0,4905 \text{RH}^2 + 0,0008 \text{RH}^2 + 1,1507 W_s - 0,126447 W_s^2 + 0,0198767 T_{\text{air}} \text{RH} - 0,046313 T_{\text{air}} W_s$
PRR	Eigenbreg (2002)	$\text{PRR} = 5,4 T_{\text{air}} + 0,58 \text{RH} - 0,63 W_s + 0,024 S - 110,9$
ESI1	Silva (2010)	$\text{ESI1} = 30,114 - 0,1448 T_{\text{air}} + 0,52855 W_s + 1,067 p_v + 0,0198 T$
CCI	Gaughan (2010)	$\text{CCI} = T_{\text{air}} + [\text{Eq.1}] + [\text{Eq.2}] + [\text{Eq.3}]$
ITSC	Silva (2015)	$\text{ITSC} = 77,1747 + 4,8327 T_{\text{air}} - 34,8189 W_s + 1,111 W_s^2 + 118,6981 p_v - 14,7956 p_v^2 - 0,1059 \text{CTRE}$
ESI2	Moran (2001)	$\text{ESI2} = 0,63 T_{\text{air}} - 0,03 \text{RH} + 0,002 \text{RS} + 0,0054 (T_{\text{air}} \cdot \text{RH}) - 0,073(0,1 + S)^{-1}$
Trm	Vernon (1932)	$\text{Hr} = \text{EO} (T_{\text{m4}} - T_{\text{g4}})$
RTL	Vernon (1932)	$\text{RTL} = 1,053 h_c (T_g - T_{\text{air}}) + \sigma T_g^4$

2.4 Bem-estar animal

Silva (2017) faz uma comparação com antigamente e os dias atuais, que diferente de alguns anos atrás, hoje a população tem se preocupado cada dia mais com a saúde e o bem-estar dos animais, com isso, destaca a importância do maior conhecimento biológico, fisiológico e comportamento natural das espécies.

O estado em que o animal se encontra tem relação com o grau do seu bem-estar e compromete a produção e a qualidade dos produtos de origem animal. Portanto, a pressão da sociedade por busca de produtos de qualidade, tem feito com que os produtores busquem alternativas de manejo para os animais viverem melhor (OLIVEIRA; PEREIRA, 2020).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em conjunto com a associação da Coordenação de Boas Práticas e Bem-estar Animal, traz embasamento no Art.7.1.1 do Código Terrestre de Saúde Animal (2018) a definição do bem-estar animal, isto é, se o animal estiver saudável, confortável, bem nutrido, seguro, capaz de expressar seu comportamento inato e se não está sofrendo com estados desagradáveis, tais como dor, medo e angústia.

2.5 Medidas termofisiológicas

Bovinos submetidos a um ambiente estressante ocorre alterações em várias funções, como: frequência respiratória, temperatura retal, ingestão de alimentos, crescimento, suscetibilidade a doenças (ALENCAR et al., 1998). Os autores explicam que cada resposta ao estresse varia de acordo com o indivíduo.

O hipotálamo anterior é responsável pela termorregulação em altas temperaturas, chamada de controle da temperatura endógena, as células termorreceptoras periféricas estimulam os sistemas termorreguladores como, vasomotor que controla o fluxo de sangue tecidual com vasodilatação e vasoconstrição periférica, as glândulas sudoríparas, a frequência respiratória medida em movimentos por minuto e as modificações na taxa metabólica (MARQUES, 2000).

Okano et al. (2010) citam que existem diferenças da variação genética entre bovinos de origem taurina e zebuína, o genótipo do animal e a intensidade do agente estressor são baseadas as respostas aos estressores climáticos, e podem afetar o crescimento, reprodução e produção. O equilíbrio entre perda e ganho de calor determina a manutenção da temperatura corporal, a temperatura retal é a forma de mensuração para essa referência fisiológica. Du Perez (2000) citou que a temperatura retal pode variar de 38,0 a 39,3°C para animais leiteiras. Sendo muito

utilizada como índice de adaptação fisiológica ao ambiente quente, pois seu aumento indica que os mecanismos de dissipação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia (MOTA, 1997).

De acordo com Stober et al. (1993), a frequência respiratória dos bovinos pode variar de 24 a 36 mov. resp.min⁻¹.

4 METODOLOGIA

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética na Utilização de Animais (CEUA) sob o número de protocolo 066/19. O mesmo foi executado na Fazenda Experimental do Campus Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia, MG. A cidade possui média de temperatura mínima de 19°C e média máxima de 27°C (SILVA; ASSUNÇÃO, 2004).

Onze bezerras com idade de 15 a 60 dias, mestiças leiteiras, filhas de vacas mestiças e sêmen de touros da raça Holandesa, 5/8 Girolando e Gir. Os animais foram mantidos em bezerreiro tropical, presos por um fio de aproximadamente 13 m que permitia o acesso ao bebedouro de um lado e o cocho no lado oposto e transversalmente uma tela de polietileno de 40 m de comprimento, 1,74 m de largura e 2 m de altura, no sentido norte-sul para sombreamento artificial do local.

De 3 a 5 dias de idade era ofertado leite de transição, depois dessa idade receberam sucedâneo Nattimil E-max, na diluição de 1kg para 7 litros. De 5 a 40 dias foram fornecidos 4 litros pela manhã e 4 litros a tarde, de 41 a 72 dias foram fornecidos 2 litros de manhã e 2 litros a tarde e de 72 a 76 dias 2 litros de leite pela manhã e alimentação à vontade e de 77 a 82 dias 1 litro de sucedâneo pela manhã e concentrado à vontade ao completar 82 dias as bezerras eram manejadas como desmamadas, sendo retiradas do bezerreiro.

As medidas fisiológicas de termoregulação e as do ambiente térmico foram determinadas pela manhã e tarde, coletadas nos meses maio, agosto, setembro, novembro e dezembro. A frequência respiratória foi medida observando os movimentos respiratórios no flanco direito por 15 segundos e multiplicado por 4. A temperatura retal foi obtida com o auxílio de um termômetro clínico digital inserido, aproximadamente, 5cm em um ângulo de 30° para evitar que encostasse nas fezes, por 3 min. A temperatura superficial foi coletada pelo termômetro infravermelho na região frontal. A evaporação cutânea foi estimada pelo modelo exponencial proposto por Silva e Maia (2011) em função da temperatura superficial da frente.

$$Ec = 31,5 + 3,67e^{(TBS - 27,9)/2,1915}$$

onde: TBS=temperatura corporal superficial, em °C.

A temperatura e umidade do ar foram medidas pelo higrômetro analógico Incotherm, a velocidade do vento pelo anemômetro AD-250 Instrutherm e a temperatura do globo foi coletada por medidor de estresse térmico TGD-200. O índice de temperatura de umidade (ITU) foi calculado pela equação proposta por Berman et al. (2016):

$$THI = 3.43 + 1.058(Tdb) - 0,293 (RH) + (0,0164 (Tdb)(RH) + 35,7$$

Onde: Tdb: temperatura de bulbo seco, em °C e RH: umidade relativa, %.

A previsão da perda por evaporação respiratória e cutânea foram calculadas conforme Maia et al. (2005) e Silva et al. (2012).

Primeiramente foi feita a análise descritiva dos dados, aplicou-se o teste de Wilcoxon para comparar as variáveis fisiológicas e do ambiente térmico pela manhã e tarde, uma vez que os dados não atenderam os pressupostos de homogeneidade de variâncias e a normalidade de resíduos, mesmo após a transformação logarítmica. A Análise de Correlação Canônica (ACC), que é uma técnica estatística multivariada foi realizada para identificar e quantificar a relação entre dois conjuntos de variáveis, neste caso o conjunto de variáveis fisiológicas (U) e o conjunto de variáveis do ambiente térmico (V) e assim identificar as variáveis canônicas que são altamente correlacionadas com a variável latente desconhecida. As análises foram realizadas no programa estatístico R.

4 RESULTADOS

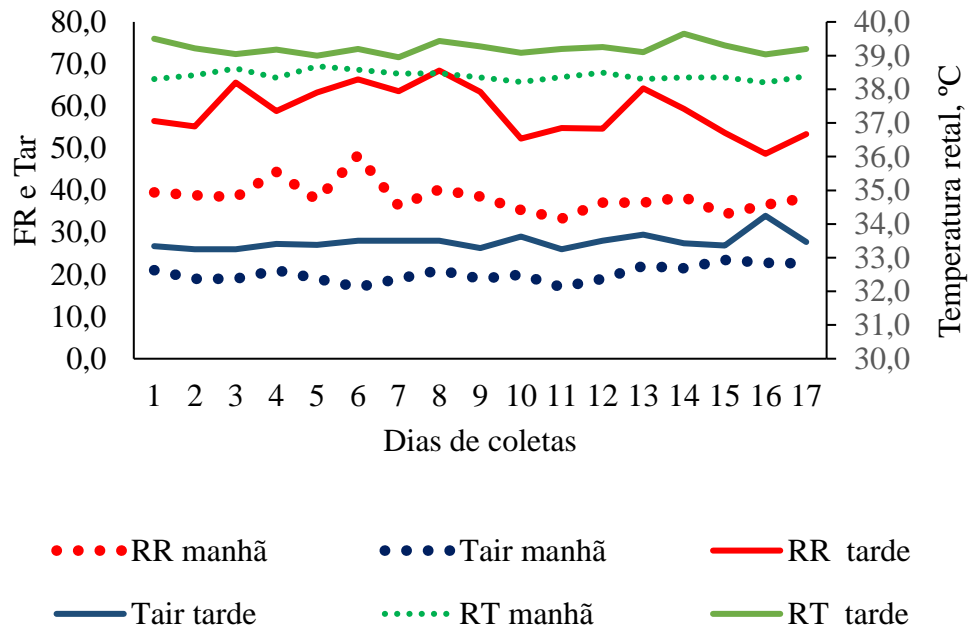
Os valores médios para Tair, RH, Tg, RTL e S foram maiores estatisticamente à tarde que de manhã, já Pv e Ws não diferiram entre períodos (Tabela 2). Os valores médios para THI, ETI, BGHI, HLI, ESI1, TCIdc, ESI2, PRR, ITSC, CCI, RR, RT, BST, Ec e Er foram maiores estatisticamente à tarde que de manhã (Tabela 2). A frequência respiratória e temperaturas retal e superficial também foram maiores à tarde em comparação à manhã.

Tabela 2. Médias e desvio padrão das variáveis meteorológicas, índices de estresse térmico e variáveis fisiológicas de bezerras mestiças leiteiras nos períodos da manhã e da tarde.

DESCRIÇÃO	VARIÁVEIS	MANHÃ	TARDE	P-valor
Temperatura do ar	Tair (°C)	20,47 ± 1,85	27,88 ± 1,81	<0,0001
Pressão de vapor	Pv (kPa)	1,69 ± 0,43	1,70 ± 0,55	0,9267
Umidade relativa	RH (%)	69,87 ± 15,32	45,80 ± 15,24	<0,0001
Velocidade do vento	Ws (m.s ⁻¹)	2,32 ± 1,70	1,77 ± 1,38	0,4381
Temperatura do globo	Tg (°C)	28,67 ± 4,05	38,97 ± 4,55	<0,0001
Carga térmica radiante	RTL (W.m ⁻²)	479,55 ± 29,68	551,12 ± 36,18	<0,0001
Radiação solar	S (W.m ⁻²)	541,98 ± 122,16	877,13 ± 123,47	<0,0001
Índice de temperatura e umidade	THI (°C)	63,76 ± 4,09	76,00 ± 3,46	<0,0001
Índice temperatura equivalente	ETI (°C)	21,12 ± 2,49	27,46 ± 2,51	<0,0001
Índice de globo negro e umidade	BGHI (C°)	76,12 ± 4,10	86,33 ± 3,59	<0,0001
Índice carga térmica	HLI (C°)	83,14 ± 13,46	94,78 ± 6,22	<0,0001
Índice especificação ambiental	ESI (C°)	30,74 ± 0,86	29,61 ± 0,99	<0,0001
Índice conforto térmico bovinos de leite	TCIdc (C°)	31,92 ± 3,22	43,12 ± 3,08	<0,0001
Índice estresse ambiental	ESI (C°)	19,60 ± 2,15	24,79 ± 1,91	<0,0001
Índice de frequência respiratória	PRR (C°)	51,73 ± 12,22	86,14 ± 9,85	<0,0001
Índice de estresse para vacas	ITSC (C°)	164,76 ± 70,08	186,75 ± 63,27	<0,0001
Índice climático compreensível	CCI (C°)	29,39 ± 2,79	35,294 ± 3,76	<0,0001
Frequência respiratória	RR (mrm)	37,98 ± 8,39	58,84 ± 12,84	<0,0001
Temperatura retal	RT (°C)	38,40 ± 0,33	39,22 ± 0,39	<0,0001
Temperatura corporal superficial	BST (°C)	28,28 ± 3,13	35,5 ± 2,53	<0,0001
Evaporação cutânea	Ec (W.m ⁻²)	36,10 ± 18,08	88,382 ± 60,58	<0,0001
Evaporação respiratória	Er (W.m ⁻²)	21,30 ± 4,57	37,53 ± 8,10	<0,0001

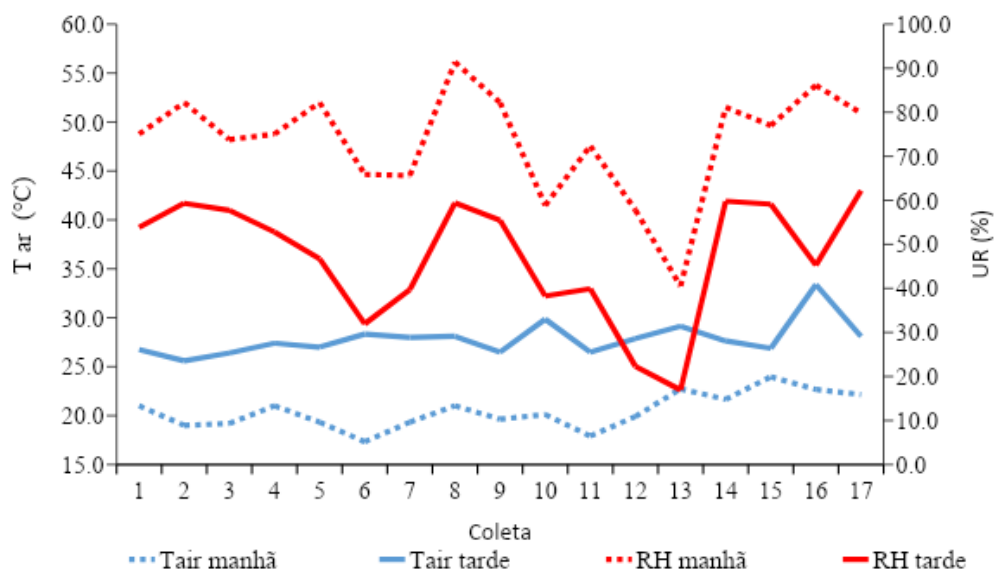
Em todos os dias de coleta, o comportamento das médias diárias de RR, Tair e RT foram semelhantes, com maiores valores à tarde em relação aos de manhã (Figura 1).

Figura 1: Temperatura do ar, °C, (Tair), frequência respiratória, mov.resp.min⁻¹(mrm), (RR), temperatura retal, em °C, (RT) coletadas de manhã e tarde de bezerras mestiças leiteiras.



Durante o dia ocorre variação da Tair e RH, portanto o comportamento da Tair é proporcional inverso da RH, quando a Tair está alta, a RH está baixa. Nos dias de coleta, Tair foi menor de manhã e maior à tarde, sendo assim, RH menor à tarde e maior de manhã (Figura 2).

Figura 2: Temperatura do ar, °C, (Tair), umidade relativa do ar (RH), em %, coletadas de manhã e tarde.



4.1 Análise de Correlação Canônica no período da manhã

As variáveis canônicas U e V representam, respectivamente, as medidas fisiológicas e o ambiente térmico. O primeiro par canônico U1V1 explicou 46,54% da variação dos dados, o segundo par canônico U2V2 explicou 20,86%, juntos explicaram 67,40% da variação dos dados. Os pares U3V3, U4V4 e U5V5 apresentaram baixa variância acumulada pela pequena porcentagem (32,60%), ou seja, o primeiro e o segundo pares canônicos foram os melhores, pois explicaram melhor os dados. Sendo assim, foram avaliadas as variáveis que estavam mais ligadas com o primeiro e segundo pares canônicos (U1V1 e U2V2).

A correlação canônica do par U1V1 foi de 99,45% e do par U2V2 foi 66,57%, portanto, existe uma associação forte entre as variáveis fisiológicas e as do ambiente térmico. Os pares U3V3, U4V4 e U5V5 foram respectivamente, 63,98; 40,76 e 34,24%.

Ao avaliar o valor do coeficiente, aquele que auxilia na identificação das variáveis mais ligadas a variável canônica U1, observou-se que Er foi a que mais movimentou o U1 com coeficiente de -1,083, sendo U1 bem representada por animais que tiveram baixos valores de Er pois ocorreu uma correlação negativa. A correlação canônica entre Er e U1 foi negativa e de 91,11%. A variável mais ligada a variável canônica U2 foi BST com coeficiente de -1,116. E a correlação canônica entre BST e U2 foi negativa e de 96,56%, assim o U2 se caracteriza por animais que têm baixos valores de BST, por ter uma correlação negativa.

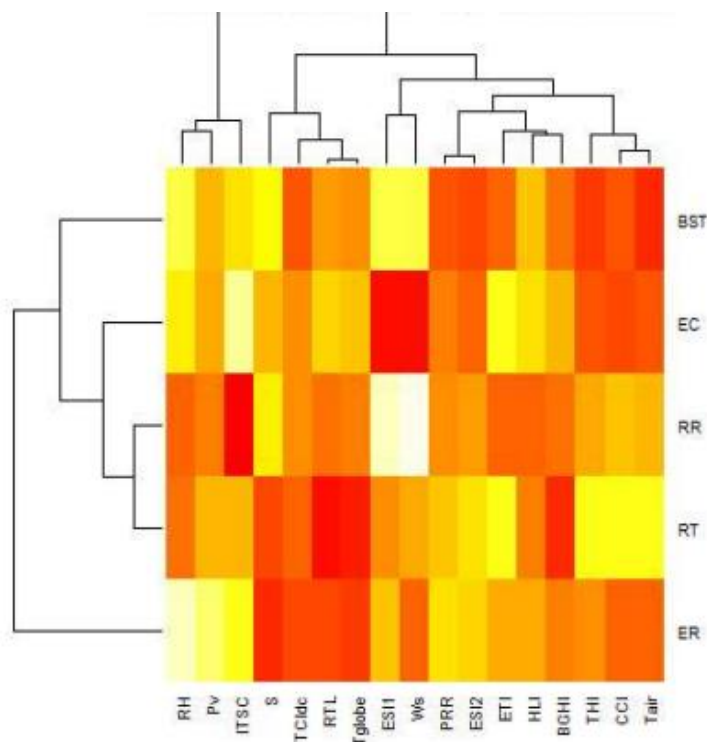
Quanto aos piores pares canônicos, U4V4 e U5V5, que auxiliam no descarte das variáveis fisiológicas, os maiores coeficientes de U4 e U5 foram a RT e RR, respectivamente, de 99,67% e negativa e de 98,23 e positiva. Assim, as variáveis passíveis de descarte foram RT e RR, pois

estão muito associadas às piores variáveis canônicas, que são aquelas que menos explicam o conjunto de dados.

Ao observar o coeficiente que integram as equações das variáveis do ambiente térmico (V) e sabendo que quanto maior o número, mais impacto na equação, verificou-se que o maior coeficiente para a variável V1 (27,04) foi com o PRR, o segundo maior (-22,05) foi com Tair e o terceiro maior (-17,94) foi com a RH. As variáveis que movimentaram a V2 também foram: Tair (446,97), PRR (-437,66) e RH (345,64). A RH, Pv e ITSC foram as variáveis do ambiente térmico mais importantes, pois apresentaram maior correlação com a variável canônica ambiental (V1), respectivamente, de 98,00 e 80,43 e 67,76%, então, esta variável canônica é formada por altos valores de RH, Pv e ITSC. Para V2 foram o THI com -76,65, Tair com -75,98; PRR com -75,72; ESI2 com -74,31 e ETI com -73,45, sendo todas altas e negativas, portanto, a variável canônica V2 é formada por baixos valores das variáveis mencionadas anteriormente. As piores variáveis canônicas, que são as passíveis de descarte, ou seja, correlacionou-se com as piores variáveis V4 e V5, foram a ESI1 e o Ws.

A Er se correlacionou pouco com ESI1 e Ws e correlacionou forte com S (Figura 3). BST se correlacionou pouco com ESI1 e Ws e correlacionou forte com THI e Tair.

Figura 3: Correlação das variáveis fisiológicas, eixo X, e do ambiente térmico, eixo Y, no período da manhã.



Legenda: Tair: temperatura do ar; Pv: pressão de vapor; RH: Umidade relativa; Ws: velocidade do vento; Tg: temperatura do globo; RTL: carga térmica radiante; S: radiação; THI: índice de temperatura e umidade; ETI: índice de temperatura equivalente; BGHI: índice de globo negro e umidade; HLI: índice de carga térmica; ESI: índice de especificação ambiental; TCIdc: índice de conforto térmico para bovinos de leite; ESistress: índice de estresse ambiental; PRR: índice de frequência respiratória; ITSC: índice de estresse térmico para vacas; CCI: índice climático compreensível. RR: frequência respiratória; RT: temperatura retal; BST: temperatura corporal superficial; Ec: evaporação cutânea; Er: evaporação respiratória.

4.2 Análise de Correlação Canônica no período da tarde

O primeiro par canônico U1V1 explicou 49,63% e o segundo 20,79% da variação dos dados, portanto, ambos explicaram 70,42%. Os pares U3V3, U4V4 e U5V5 apresentaram baixa variância acumulada (29,58%), ou seja, o primeiro e segundo pares canônicos foram os melhores. Sendo assim, foram avaliadas as variáveis ligadas com as duas primeiras variáveis canônicas. Assim, verificou-se que U1 correlacionou com V1 em 99,60%. Os pares U2V2, U3V3, U4V4 e U5V5 correlacionaram, respectivamente, 64,4; 52,1; 47,5 e 30,6%.

Ao avaliar o valor do coeficiente observou-se que o maior valor foi a de Er, então, foi a variável que mais movimentou o U1 com coeficiente de -1,122. Portanto, U1 é uma variável canônica que representa indivíduos que tiveram baixos valores de Er. O maior valor do coeficiente da equação de U2 foi a de BST com valor de 1,333. Portanto, é uma variável canônica caracterizada por indivíduos com altos valores de BST, por ser uma correlação positiva, o aumento da BST pode ocorrer pelo aumento de fluxo sanguíneo como uma reação fisiológica de vasodilatação periférica em tentativa de manter a termoregulação.

Quanto aos piores pares canônicos, U4V4 e U5V5, que auxiliam no descarte das variáveis fisiológicas, os maiores coeficientes de U4 e U5 foram Ec e RT, respectivamente de, 0,941 e -0,995.

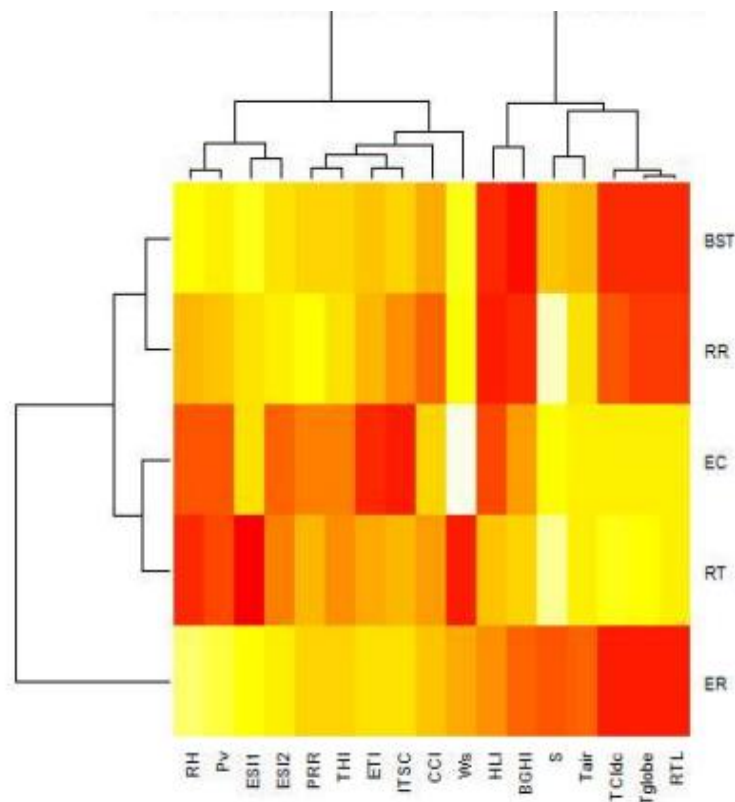
Ao observar os coeficientes que integram as equações das variáveis do ambiente térmico (V) e sabendo que quanto maior o número, mais impacta na equação, verificou-se que para a variável V1 o maior coeficiente (-64,868) foi com RH e o segundo maior foi com HLI (45,722). Para V2 foi RH (722,419), Tg (460,693), HLI (-448,480) sendo V2 bem explicado por animais que tiveram altos valores de RH, Tg e HLI. Percebe-se que RH teve coeficientes altíssimos e negativos para V4 e V5, indicando que valores altos de V4 e V5 correspondem ao contrário de

V2 (baixos valores). As variáveis ambientais que estavam correlacionadas com as piores variáveis canônicas V4 e V5, o qual recomenda o seu descarte, foram PRR com 2099,521 e RH com -513,721. Como os dados originais não são normalmente distribuídos, e as variáveis originais possuem escalas e unidades de medida distintas, os valores obtidos de coeficientes que formam as combinações lineares das variáveis canônicas.

A RH e Pv foram as variáveis do ambiente térmico mais importantes, pois apresentaram maior correlação com a variável canônica ambiental (V1), respectivamente, 99,63 e 93,42%, então, esta variável canônica é formada por altos valores de RH e Pv. Para V2 foram BGHI com 70,7 e HLI com 68,33 sendo V2 formada por altos valores das variáveis mencionadas anteriormente. As piores variáveis canônicas, que são as passíveis de descarte, ou seja, recomenda-se o seu descarte, e que estão relacionadas com V4 e V5, foram Ws e CCI.

A Er se correlacionou forte com TCIdc, Tg e RTL e pouco com Ws e CCI (Figura 4). BST se correlacionou forte com BGHI e pouco com ESII e Ws (Figura 4).

Figura 4: Correlação das variáveis fisiológicas, eixo X, e do ambiente térmico, eixo Y, pela tarde.



Legenda: Tair: temperatura do ar; Pv: pressão de vapor; RH: Umidade relativa; Ws: velocidade do vento; Tg: temperatura do globo; RTL: carga térmica radiante; S: radiação; THI: índice de temperatura e umidade; ETI: índice de temperatura equivalente; BGHI: índice de globo negro e umidade; HLI: índice de carga térmica; ESII: índice de especificação ambiental; TCIdc: índice

de conforto térmico para bovinos de leite; ES_{Istress}: índice de estresse ambiental; PRR: índice de frequência respiratória; ITSC: índice de estresse térmico para vacas; CCI: índice climático compreensível. RR: frequência respiratória; RT: temperatura retal; BST: temperatura corporal superficial; Ec: evaporação cutânea; Er: evaporação respiratória.

5 DISCUSSÃO

Vários são os fatores do ambiente térmico, por exemplo, temperatura e umidade do ar, vento e radiação que podem influenciar na termorregulação das bezerras. À tarde os maiores valores da T_{air} , T_g , HLI e S contribuíram para maiores índices de estresse térmico (Tabela 2). Dessa forma, as bezerras receberam uma carga térmica adicional que poderia impactar no equilíbrio térmico. A intensa radiação solar é característica das regiões tropicais, em vista disso, manter o equilíbrio térmico se torna um desafio. Após o nascimento da bezerra a carga térmica radiante elevada pode afetar o seu desempenho no período de criação (BAKONY; JURKOVICH, 2020). A umidade relativa ideal varia de 50 e 80% (BARBOSA et al. 2002), no presente estudo pela manhã foi abaixo desse limite, chegando a 40,5% e a tarde ultrapassou o ideal com 91,4%, já a umidade mínima foi de 16,9% e a máxima manteve dentro do ideal (62,2%). Portanto, ao avaliar o conforto térmico deve-se considerar além do calor produzido pelo animal, o calor do microambiente.

A frequência respiratória das bezerras pela manhã esteve na faixa considerada fisiológica para a espécie que é de 20 a 40 mov.min^{-1} (SILANIKOVE, 2000) e de 15 a 20 mov.min^{-1} (TURCO et al., 1962) e próximo ao encontrado por Nascimento et al. (2019) que foi de 40,4 mov.min^{-1} em bezerras leiteiras mestiças. À tarde esteve acima dos obtidos por Silanikove (2000) e Turco et al. (1962) e próximo ao observado por Nascimento et al. (2019). Animais em situações de estresse por calor aumentam a frequência respiratória e a taxa de produção de suor, possibilitando perdas de calor por evaporação (BACCARI JÚNIOR, 2001).

Sob conforto térmico as variáveis de termoregulação permanecem dentro do intervalo de referência da espécie (NASCIMENTO et al., 2019). Estes autores afirmaram ainda que se temperatura retal permanece na faixa fisiológica para a espécie, mesmo quando a frequência respiratória aumenta, indicando que os mecanismos fisiológicos de termoregulação foram eficientes para manter a igualdade entre termogênese e termólise.

À proporção que a T_{air} aumenta, a eficiência da dissipação de calor sensível diminui, pelo menor gradiente de temperatura entre a pele e o ambiente (NASCIMENTO et al., 2019). A maior BST à tarde pode ser explicada pela vasodilatação periférica que transfere calor do interior do corpo para a superfície e auxilia na termoregulação.

O ambiente quente à tarde desencadeou maior E_c e E_r em relação à manhã. Em temperaturas ambientais elevadas a dissipação de calor sensível (condução, convecção e radiação) é reduzida e então, o mecanismo evaporativo passa a representar a principal perda.

Neste estudo a forte correlação entre o conjunto de variáveis fisiológicas e do ambiente térmico observado nesta pesquisa proporcionou identificar as variáveis canônicas que são altamente correlacionadas com a variável latente desconhecida.

As variáveis fisiológicas foram fortemente correlacionadas com as do ambiente térmico. Dentre as variáveis estudadas a evaporação respiratória e temperatura corporal superficial foram as mais evidentes, o que significa que são as medidas recomendadas para serem mensuradas em pesquisas futuras.

Quanto as variáveis do ambiente térmico que mais correlacionaram com a evaporação respiratória e temperatura corporal superficial, foram temperatura do ar, temperatura do globo e radiação. E os melhores índices, ou seja, os mais recomendados a serem calculados foram TCIdc, HLI e BGHI. Portanto é necessário mensurar as variáveis meteorológicas no microambiente de criação e calcular os índices de estresse térmico que combinam em suas equações os efeitos concomitantes de algumas medidas do ambiente térmico.

6 CONCLUSÃO

As variáveis fisiológicas de bezerras mestiças leiteiras criadas em ambiente tropical e ambientais são fortemente associadas.

Assim, confirma que em regiões tropicais a radiação é um fator do ambiente térmico muito na avaliação do conforto térmico dos animais. Entretanto, é importante salientar que se a escolha for para calcular o TCIdc a W_s deve ser medida.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, A.; ALBERNAZ, L. A.; GRELLE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças Climáticas e a Biodiversidade dos Biomas Brasileiros: Passado, Presente e Futuro. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v.8, n. 2, p.194-196, dez 2010.
- ALMEIDA, G. H. O; SARAIVA, C. A. S; NASCIMENTO, J. V. do N; GAMA, J. F. P; FURTADO, D, de A; SARAIVA, E. P; NETO GONZAGA, S; CÂNDIDO, E. P; FONSÊCA, V. de F. C. Respostas termorregulatórias de novilhas sindi e guzerá sob condições de sombra em um ambiente tropical. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 6, pág. 4327-4338, nov./dez. 2016 DOI: 10.5433/1679-0359.2016v37n6p4327. Acesso em: 11/04/2023.
- 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. Recife-PE. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, novembro/dezembro 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600025>. Acesso em: 02 dez. 2022.
- BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL. 142. (2001).
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.ed. Viçosa: EDUFV, 2010. 269p.
- BARCELOS, F. T. D. **Temperatura do globo negro: estimativa e métodos alternativos de baixo custo para medições em ambientes externo e interno**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2021.
- BARBOSA, P, F. PEDROSO, A, de F. NOVO, A, L, M. RODRIGUES, A, de A. CARMARGO, A, C. POTT, E, B. SCHIFFLER, E, A. AFONSO, E. OLIVEIRA, M, C, de S. TUPY, O. BARBOSA, R, T. LIMA, V, M, B. Aspectos Agro e Zooecológicos. Embrapa Gado de Leite Sistema de Produção, 4. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/aspectos.html#:~:text=As%20condi%C3%A7%C3%B5es%20mais%20adequadas%20para,variado%20entre%2050%20e%2080%25>.
- Bakony M, Jurkovich V. Heat stress in dairy calves from birth to weaning. **J Dairy Res.** 2020 Aug;87(S1):53-59. doi: 10.1017/S0022029920000618. Epub 2020 Aug 3. PMID: 33213586.
- BERMAN, A.; HOROVITZ. T.; KAIM. M.; GACITUA. H. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 60, n. 10, p. 1453-1462. 2016.
- BITTAR, C, M, M. Educapoint. 2014. **Nossos bezerros também estão passando calor!** Milk Point. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/carla-bittar/nossos-bezerrastambem-estao-passando-calor->

[87403n.aspx#:~:text=Rela%C3%A7%C3%A3o%20entre%20a%20temperatura%20do,a%20dissipa%C3%A7%C3%A3o%20do%20calor%20corporal](#). Acesso em: 31 jan. 2023.

BITTAR, M. M. C.; TOMALUSKI, C. **Efeito da temperatura ambiente no ganho de peso de bezerras em aleitamento**. 10 out. 2022. Portal: MilkPoint. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/carla-bittar/efeito-da-temperatura-ambiente-no-ganhode-peso-de-bezerras-em-aleitamento-231633/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

BROWN-BRANDL, T. M.; EIGENBERG, R. A.; HAHN, G. L.; NIENABER, J. A.; MADER, T. L.; SPIERS, D. E. AND PARKHURST, A. M. Analyses of thermoregulatory responses of feeder cattle exposed to simulated heat waves. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 49, n. 5, p. 285-296, May 2005. <https://doi.org/10.1007/s00484-004-0250-2>

DA SILVA, RG; CAMPOS MAIA, AS Princípios de biometeorologia animal. Biometeorology, vol.2, (Springer, Holanda), 2013. 283p. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?q=%3Chttps://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-5733-2%3E&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart. Acesso em: 06, jul. 2023.

DALTRO, A. M.; BETTENCOURT, A. F.; XIMENES, C. A. K.; DALTRO, D. DOS S.; PINHO, A. P. DOS S. Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 288-311, 21 out. 2020.

DETWEILER, D. Regulação cardíaca. In: REECE S. **Dukes Fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. cap. 9, p. 157-169.

DIAS, M. A. F. S., SILVA, M. G. A. J. Para entender Tempo e Clima. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009. Cap. 1, p.15-21. Disponível em: <http://sbmaonline.org.br/anais/viii/trabalhos/pdfs/B556.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2023.

Du PEREZ 2000

FEHR, R.L.; PRIDDY, K.T.; McNEILL, S.G.; OVERHULTS, D.G. Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.26, n.4, p.542-5, 1993.

FLAMENBAUM, I. 2019. Estresse térmico em vacas: efeitos e prejuízos econômicos. **Milk Point**. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/cowcooling/estresse-termico-em-vacas-consequencia-e-prejuizos-economicos-223335/>. Acesso em: 11 abr. 2023.

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

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Sobre meteorologia**. PREVISÃO DO TEMPO. Brasília, DF. (1992). Portal: INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/sobremeteorologia> . Acesso em: 22 nov. 2022.

MACCIOTTA, N. P. P.; BIFFANI, S.; BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; VITALI, A.; AJMONE-MARSAN, P.; NARDONE, A. Derivation and genome-wide association study of a principal component-based measure of heat tolerance in dairy cattle. Sassari, Itália.

Journal of Dairy Science, Champaign, v. 100, n. 6, p. 4683-4697, 29 jun 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12249>. Acesso em: 02 dez. 2022.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G. da S. Evaporative cooling and cutaneous surface temperature of Holstein cows in tropical conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, Viçosa, v.40, n.5, p.1143-1147, 2011.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Respiratory heat loss of Holstein cows in a tropical environment. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 49, n. 2, p. 332-336, 2005b.

MARQUES, J. A. **Estresse e produção animal**. 2000 (Curso de Atualização-FUNDEPEC PR).

MORAIS, J. L. **ARQUEOLOGIA DA REGIÃO SUDESTE**. Revista USP, São Paulo, n.44, p. 194-217, dezembro/fevereiro 1999.

MOTA, L. S. L. S. da. **Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras**. 1997. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1997. Acesso em: 30 jan. 2023.

NASCIMENTO, F, G, O., NASCIMENTO, M, R , B, M. 2016. **O estresse por calor afeta o desenvolvimento do bezerro?** Milk Point. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/o-estresse-por-calor-afeta-odesenvolvimento-do-bezerro-103312n.aspx#:~:text=No%20entanto%2C%20a%20radia%C3%A7%C3%A3o%20solar,efeitos%20do%20estresse%20por%20calor>. Acesso em: 31 jan. 2023.

NASCIMENTO, F, G, O., AGUIAR, H, C, P. RODRIGUES, G, M., GUIMARÃES, E, C., NASCIMENTO, M, R, B, de M. What is the best temperature-humidity index equation to indicate heat stress in crossbred dairy calves in a tropical environment?.2019. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.49:01, e20180132, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180132>. Acesso em: 2 jun. 2023.

NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da Região Sudeste do Brasil. *In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de textos, 2009. Cap. 16, p. 243-258.

OKANO, W.; CUNHA FILHO, L, F, C, C.; BACCARI JUNIOR, Q, F., ZANLUCHI, A, T., SILVA, L, C, da., JUNIOR BARCA, F. A. Avaliação da temperatura retal e frequência respiratória em bovinos leiteiras como ferramenta de seleção para termotolerância. 2010. **Melhoramento Animal no Brasil: UMA VISÃO CRÍTICA**. Portal: SBMA 2010.

OLIVEIRA, A, F, M. PEREIRA, L, A., Bem-estar de bezerras durante o aleitamento e a desmama em diferentes sistemas de criação: Revisão. **PUBVET**. Medicina veterinária e zootecnia. 2020. Alegre, ES. V. 14 No. 08 p. 163 (2020). DOI:

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n8a628.1-11>. Acesso em: 31. Jan. 2023.

OLIVO, J, C.; MORAIS, G, H, J.; CHAVES, F. D.; SILVA, T, S, W.; VASCONCELOS, M, A.; FAÇANHA, E, A, D. Respostas comportamentais e fisiológicas de bezerras leiteiras criados em diferentes tipos de instalações e dietas líquidas. **Acta Veterinaria Brasilica**. Santa Maria – RS., v.5, n.3, p.250-257, 2011.

PINHEIRO, A. da C.; SARAIVA, E. P.; SARAIVA, C. A. S.; FONSECA, V. de F. C.; ALMEIDA, M. E. V.; SANTOS, S. G. G. C. dos; AMORIM, M. L. C. M. de; RODRIGUES NETO, P. J. Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiras ao ambiente tropical. **Agropecuária Técnica**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 280–293, 2015. DOI:

10.25066/agrotec.v36i1.22280. Disponível em:

<https://periodicos.ufpb.br/index.php/at/article/view/22280>. Acesso em: 25 nov. 2022.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. da. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terra e Didática**, Campinas, SP, v. 8, n. 1, p. 34–50, 2015. DOI:

10.20396/td.v8i1.8637425. Disponível em:

<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637425>. Acesso em: 25 nov. 2022.

ROBERTSHAW, D. Regulação da Temperatura e o Ambiente Térmico. *IN*: REECE, O. W. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogon, 2006. Cap55, p. 897-908.

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** Champaing, v.99, 2438–2452.

SANTOS, C, N. **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul**. 2008. Tese (Pós-Graduação) – Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pelotas. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/4925/1/Tese_Cristiano_Santos.pdf. Acesso em: 12 out. 2022.

SILANIKOVE, N. Efeitos do estresse calórico sobre o bem-estar de ruminantes domésticos manejados extensivamente. 2000. **ELSIVIER**. V.67, p.1-18. Holanda. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7). 03 jun. 2023.

SILVA, D, F. **Comportamento como indicador de bem-estar de bezerras leiteiras mantidos em sistema tropical de criação**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Agrárias, Paraíba. 2017.

SILVA, E. M.; ASSUNÇÃO, W. L. O clima na cidade de Uberlândia – MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.16, n.30, p.91-107, 2004.

SILVA, L, C, M. Educapoint. 2018. **Bezerreiro tropical: conheça os cuidados de manejo para garantir vantagens.** Milk Point. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/colunas/educapoint/bezerreiro-tropical-conheca-os-cuidadosde-manejo-para-garantir-suas-vantagens-207268/> . Acesso em: 31 jan. 2023.

SILVA, R. G. Ambiente e conforto térmico. *In:* SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal.** São Paulo: Livraria Nobel S.A., 2000. Cap.2, p 76-117.

SILVA, R. G. Mecanismos de transferência de energia térmica. *In:* SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal.** São Paulo: Livraria Nobel S.A., 2000. Cap.1, p. 35-75.

STOBER, M. **Identificação, anamnese, regras básicas da técnica de exame clínico geral.** *In:* Dirksen G, Gründer HD, Stöber M. Exame clínico dos bovinos. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. cap.2, 44-80, 1993.

TURCO, S. H. N.; ARAUJO, G. G. L. de; TEIXEIRA, A. H. de C.; ABREU, P. G. de; MESQUITA, E.; ALENCAR, S. C. de. Temperatura retal e frequência respiratória de bovinos da raça sindi sob as condições térmicas do semi-árido brasileiro. *In:* r, 36., 1999. [Anais...] Porto Alegre: SBZ, 1999. CD-ROM 32.

ANEXO A – Análise de Correlação Canônica no período da manhã

Correlação

U1V1 0.9944688
 U2V2 0.6657421
 U3V3 0.6398359
 U4V4 0.4076131
 U5V5 0.3424926

Coefficiente X

	U1	U2	U3	U4	U5
RR	0.4472825881	-0.11403408	-0.13412111	-0.01808892	0.97768113
RT	-0.0220273108	-0.06568881	-0.07425928	-1.00753887	-0.12789896
BST	-0.0000757188	-1.11591243	0.42070378	-0.04770591	-0.12481175
EC	-0.0111772347	0.24620116	-1.16797497	-0.02579390	-0.05079362
ER	-1.0828728366	0.10616826	0.01720806	-0.03452356	0.04490036

Coefficiente Y

	V1	V2	V3	V4	V5
Tair	-22.044975646	446.9682532	399.25075803	85.453299	-1700.8811251
Pv	0.276016400	21.8382436	-14.32156284	-25.394350	14.0908884
RH	-17.942730892	345.6435406	414.47877182	91.638799	-1613.4065929
Ws	0.182984144	-22.9499232	-53.73902426	-72.245668	213.5102700
Tglobe	-2.859174728	141.7378916	-145.62229573	6.302272	92.7432842
RTL	-0.216311913	6.0535945	-10.03185126	3.292131	30.5685395
S	-6.023115982	112.2279960	137.46621822	24.605686	-523.8498726
THI	2.121421756	39.1765508	-8.25018279	108.499111	-146.2619234
ETI	0.002465078	-0.1830360	3.78422204	2.359147	0.9371718
BGHI	0.170258133	14.7028055	4.95809515	-14.636471	5.4991966
HLI	0.005931811	0.1475991	-0.53962900	1.393937	0.9219348
ESI1	1.928457023	-14.1017329	1.52217917	73.469201	-27.2204162
TCIdc	3.412206603	-204.1103301	190.76381045	-4.194595	-160.6477733
ESI2	-4.195187759	-69.3879415	8.04821001	-195.202918	239.6955906
PRR	27.037504035	-437.6586189	-574.92288451	-9.926135	2069.5322683
ITSC	-0.189022278	-4.0991391	-0.04450826	5.286226	2.4533721
CCI	-0.031578697	-0.4375012	-1.04782668	0.511978	1.9301694

Correlação X

	U1	U2	U3	U4	U5	V1
RR	0.03039093	-0.13076025	-0.06810218	-0.11181009	0.98226205	0.03022283
RT	0.03707906	0.05846792	0.03501547	-0.99670207	-0.02378120	0.03687397
BST	-0.10452666	-0.96552687	-0.20060638	0.09152419	-0.09062258	-0.10394850
EC	-0.05692086	-0.33724498	-0.92313130	0.10877782	-0.13791965	-0.05660602
ER	-0.91107585	-0.05165159	-0.01929956	-0.02703808	0.40763879	-0.90603650
	V2	V3	V4	V5		
RR	-0.08705260	-0.04357422	-0.04557526	0.336417494		
RT	0.03892456	0.02240416	-0.40626885	-0.008144886		
BST	-0.64279184	-0.12835516	0.03730646	-0.031037565		
EC	-0.22451817	-0.59065255	0.04433927	-0.047236459		
ER	-0.03438663	-0.01234855	-0.01102108	0.139613273		

Correlação Y

	U1	U2	U3	U4	U5	V1	V2	V3	V4	V5
Tair	-0.221	-0.506	-0.004	0.062	-0.073	-0.222	-0.760	-0.006	0.153	-0.213
Pv	0.800	-0.313	-0.006	0.035	-0.042	0.804	-0.470	-0.009	0.087	-0.123
RH	0.973	-0.114	-0.002	0.001	-0.004	0.978	-0.171	-0.003	0.003	-0.012
Ws	-0.263	0.077	-0.316	0.001	-0.158	-0.264	0.116	-0.494	0.003	-0.463
Tglobe	-0.384	-0.311	0.089	-0.131	-0.012	-0.386	-0.468	0.138	-0.320	-0.036
RTL	-0.374	-0.288	0.091	-0.140	-0.005	-0.376	-0.432	0.143	-0.343	-0.016
S	-0.558	-0.005	-0.027	-0.087	-0.064	-0.561	-0.007	-0.043	-0.214	-0.187
THI	0.013	-0.510	-0.004	0.066	-0.078	0.013	-0.766	-0.006	0.163	-0.229
ETI	0.137	-0.489	0.250	0.083	0.004	0.138	-0.734	0.391	0.204	0.012
BGHI	-0.029	-0.418	0.084	-0.118	-0.028	-0.029	-0.627	0.132	-0.290	-0.082
HLI	0.134	-0.231	0.065	-0.025	0.015	0.135	-0.347	0.101	-0.062	0.043
ESI1	0.187	0.043	-0.321	-0.011	-0.166	0.188	0.064	-0.502	-0.027	-0.484
TCIdc	-0.342	-0.449	0.063	-0.079	-0.042	-0.343	-0.674	0.099	-0.193	-0.121
ESI2	0.350	-0.495	-0.008	0.047	-0.076	0.352	-0.743	-0.012	0.116	-0.221
PRR	0.415	-0.504	0.016	0.031	-0.064	0.417	-0.757	0.026	0.076	-0.188
ITSC	0.674	-0.253	0.178	0.042	0.092	0.678	-0.379	0.279	0.103	0.267
CCI	-0.243	-0.393	-0.052	0.062	-0.073	-0.245	-0.591	-0.081	0.151	-0.214

ANEXO B – Análise de Correlação Canônica no período da tarde

Correlação

U1V1	0.9955073
U2V2	0.6443521
U3V3	0.5213870
U4V4	0.4745583
U5V5	0.3057707

Coefficiente X

	U1	U2	U3	U4	U5
RR	0.4814427658	0.68255781	0.6084008	-0.47469830	0.30310981
RT	-0.0093787737	0.05114598	0.1532733	0.31452828	-0.99448708
BST	0.0001664707	1.33308054	-1.0206039	-0.02124961	-0.37987179
EC	-0.0062311653	-0.85935301	0.9799100	0.94132831	0.59863967
ER	-1.1217572939	-0.16680700	0.1478587	0.13472433	-0.08382255

Coefficiente Y

	V1	V2	V3	V4	V5
Tair	-18.413305613	234.200790	159.23414442	-2068.7701773	-445.6328462
Pv	1.196649788	-1.174663	-39.54410969	-69.0836869	-42.1080480
RH	-64.868216892	722.419402	202.95997392	-1185.8077370	-513.7214558
Ws	15.411998704	-147.575420	-9.75004536	-83.1663856	36.6111000
Tglobe	-38.483623405	460.692705	-386.07517976	518.2330380	-465.1921977
RTL	-0.619552188	-17.432658	18.89681711	-5.2401138	-0.7407262
S	-7.372683817	92.202733	86.53232951	-599.9950014	-113.3600275
THI	-0.929378432	112.166834	60.01343279	153.4981713	-154.1667493
ETI	-0.023284917	-1.198391	-0.23986113	-0.7817827	-7.1269970
BGHI	0.060241659	-2.957236	-1.72489889	0.8008479	-1.6548145
HLI	45.721765335	-448.480233	77.87177388	-610.8627866	147.9170257
ESI1	2.849124598	-31.210192	12.20218636	82.4828493	29.4886197
TCIdc	-13.551256663	72.815063	304.46809669	177.0658181	323.9503990
ESI2	0.229758510	-163.766654	-87.13558636	-241.2137184	280.3409189
PRR	24.404764428	-237.084199	-251.72428989	2099.5212273	255.7325772
ITSC	-0.032573250	1.505750	-0.03372366	-2.3661180	-6.6092321
CCI	0.004047548	0.182664	0.44366191	-0.4512377	0.2015900

Correlação X

	U1	U2	U3	U4	U5	V1
RR	-0.02653105	0.58904165	0.7540573	-0.2836715	0.05704455	-0.02641185
RT	0.13311074	0.06619276	0.4095886	0.1938988	-0.87894281	0.13251271
BST	-0.05940724	0.64080592	-0.2378701	0.6945336	0.21651676	-0.05914034
EC	0.07023605	0.25347844	0.1923633	0.8885161	0.32303413	0.06992050
ER	-0.90435707	0.25094220	0.3191027	-0.1282015	0.03006912	-0.90029405
	V2	V3	V4	V5		
RR	0.37955022	0.3931557	-0.13461867	0.017442548		
RT	0.04265144	0.2135542	0.09201629	-0.268754920		
BST	0.41290463	-0.1240224	0.32959667	0.066204472		
EC	0.16332936	0.1002957	0.42165271	0.098774357		
ER	0.16169513	0.1663760	-0.06083910	0.009194254		

Correlação Y

	U1	U2	U3	U4	U5
Tair	-0.3224361	-0.032150305	-0.067382590	0.028697246	0.0180834279
Pv	0.9300243	-0.007896279	-0.010847810	0.012954962	0.0057268384
RH	0.9918370	0.003809016	0.019185014	-0.003974323	0.0002517456
Ws	0.1550975	-0.092900097	-0.072211518	0.021248803	-0.1906466077
Tglobe	-0.6219103	0.362158754	-0.058552787	-0.055826022	0.0025253433
RTL	-0.6128467	0.360801922	-0.042571341	-0.058533132	0.0007565471
S	-0.4161243	-0.172284523	-0.174492594	0.076783877	0.0487778382
THI	0.4168222	-0.019956573	-0.052443150	0.035463318	0.0158510707
ETI	0.5392606	0.022266511	-0.008483622	0.024258346	0.0835662310
BGHI	-0.1467632	0.455577143	-0.089613337	-0.066743219	0.0108832852
HLI	0.1736160	0.440345921	-0.023777223	-0.073353568	0.0664545714
ESI1	0.6948697	-0.032072490	-0.046401702	0.011220564	-0.1411756150
TCIdc	-0.6170422	0.319661098	-0.080645407	-0.039306776	0.0069161610
ESI2	0.6332059	-0.040834522	-0.061871056	0.036207549	0.0207516908
PRR	0.4308034	-0.072099225	-0.095755431	0.046208820	0.0496338861
ITSC	0.5746379	0.023645370	0.072970258	-0.006009663	0.1433112931
CCI	0.4141736	0.215447219	-0.018377453	-0.096341363	0.0303741838

	V1	V2	V3	V4	V5
Tair	-0.3238912	-0.04989556	-0.12923718	0.060471486	0.0591404935
Pv	0.9342215	-0.01225460	-0.02080568	0.027298989	0.0187291951
RH	0.9963132	0.00591139	0.03679611	-0.008374784	0.0008233152
Ws	0.1557975	-0.14417599	-0.13849888	0.044775958	-0.6234954333
Tglobe	-0.6247170	0.56205103	-0.11230196	-0.117637857	0.0082589455
RTL	-0.6156124	0.55994530	-0.08165017	-0.123342341	0.0024742302
S	-0.4180023	-0.26737637	-0.33467000	0.161800723	0.1595242622
THI	0.4187033	-0.03097154	-0.10058392	0.074729106	0.0518397367
ETI	0.5416942	0.03455643	-0.01627126	0.051117735	0.2732970906
BGHI	-0.1474256	0.70703137	-0.17187489	-0.140642821	0.0355929674
HLI	0.1743995	0.68339333	-0.04560379	-0.154572299	0.2173346918
ESI1	0.6980056	-0.04977479	-0.08899666	0.023644227	-0.4617042616
TCIdc	-0.6198269	0.49609694	-0.15467475	-0.082828128	0.0226187848
ESI2	0.6360635	-0.06337300	-0.11866627	0.076297367	0.0678668475
PRR	0.4327476	-0.11189414	-0.18365519	0.097372272	0.1623239012
ITSC	0.5772312	0.03669635	0.13995411	-0.012663697	0.4686888364
CCI	0.4160428	0.33436257	-0.03524724	-0.203012700	0.0993364895