



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE ZOOTECNIA

MARCOS LINS SABOIA DE ALBUQUERQUE

CONFORTO TÉRMICO DE INSTALAÇÕES PARA BOVINOS EM FEIRA
AGROPECUÁRIA NO NORDESTE

FORTALEZA

2024

MARCOS LINS SABOIA DE ALBUQUERQUE

**CONFORTO TÉRMICO DE INSTALAÇÕES PARA BOVINOS EM FEIRA
AGROPECUÁRIA NO NORDESTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Aderson Martins Viana Neto

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A311c Albuquerque, Marcos Lins Saboia de.
Conforto térmico de instalações para bovinos em feira agropecuária no Nordeste / Marcos Lins Saboia de Albuquerque. – 2024.
22 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Zootecnia, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Aderson Martins Viana Neto.

1. Ambiência. 2. Bioclimatologia. 3. Termorregulação. I. Título.

CDD 636.08

MARCOS LINS SABOIA DE ALBUQUERQUE

CONFORTO TÉRMICO DE INSTALAÇÕES PARA BOVINOS EM FEIRA
AGROPECUÁRIA NO NORDESTE

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Zootecnia no Centro de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Ceará como
requisito parcial a obtenção do grau em
bacharel em Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Aderson Martins
Viana Neto.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Dr. Aderson Martins Viana Neto

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA -UFC

Dr. Pedro Henrique Watanabe

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA - UFC

M.Sc. Evandra Silva Justino

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA – UFC

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria José, pelo apoio incondicional, e inabalável respeito por minhas escolhas. Seu exemplo de luta e carinho será sempre meu farol nessa jornada. A senhora significa o mundo para mim.

Ao meu velho, Marcos Antonio (*in memoriam*). A falta que o senhor faz só não é maior que a gratidão que sinto. Ainda que não esteja mais conosco, o exemplo de caráter do senhor continua me guiando. Aonde quer que eu vá, te levo na memória.

À minha irmã Ana Karoline, pelas palavras de experiência, e por acreditar sempre na minha capacidade. Espero um dia compensar todo o trabalho que já te dei.

À minha família como um todo. Só o coração de vocês comporta tanta gente. Agradeço o exemplo e a energia de todos. Devo o que sou hoje ao carinho de que fui cercado desde sempre.

Ao professor Dr. Aderson Martins Viana Neto, por aceitar ser meu orientador, e levar a orientação para vários aspectos da vida. O senhor foi uma luz nessa etapa da minha vida. Não existe fatia de bolo que retribua toda a paciência. Obrigado pela confiança e aconselhamento, seja acadêmico, pessoal ou profissional. Espero orgulhar o senhor.

À Universidade Federal do Ceará, pela estrutura, pelas oportunidades e pelos momentos.

À coordenação do curso de Zootecnia, em nome da coordenadora Prof^{ra}. Dr^a. Andréa Pereira Pinto, secretário José Clécio, sempre solícito e paciente, e demais profissionais do Departamento de Zootecnia.

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe, por aceitar fazer parte da minha banca de avaliação e por despertar meu interesse em bioclimatologia. À M.Sc. Evandra da Silva Justino, por disponibilizar seu tempo para integrar a banca de avaliação.

À legião de amigos que fiz ao longo desses anos, dentro e fora do curso de Zootecnia, a graduação foi um período incrível da minha vida, e agradeço a todos de coração pelos momentos.

À minha namorada Vitória de Fátima. Por segurar minha mão, quando tudo parece impossível. Que essa conquista seja só um prefácio na história que vamos escrever juntos.

RESUMO

O Ceará é um estado onde o agronegócio é bastante expressivo. Devido ao clima predominantemente semiárido, os animais em feiras agropecuárias podem encontrar acomodações insuficientes quanto ao conforto térmico, limitando sua capacidade de manter a homeotermia, principalmente para raças menos adaptadas de alta produção. Portanto, objetivou-se caracterizar as instalações e relações térmicas de bovinos e ambiente durante exposição agropecuária no Ceará. Dessa forma, foram utilizados 35 animais, agrupados conforme raça e estado fisiológico, sendo vacas em lactação das raças Jersey (5), Pardo Suíço (5) e Girolando (5); vacas secas Gir (5), vacas prenhes Guzerá (5), novilhas Sindi (5) e touros Nelore (5). Os animais foram alojados em galpões de orientação norte-sul, com laterais abertas, cama de areia e telhado de fibrocimento, dispostos em sistema *tie-stall* sob condições de clima tropical semiúmido. Os animais tiveram livre acesso ao comedouros e eram conduzidos ao bebedouro três vezes ao dia. As coletas foram realizadas nos períodos de 7h, 12h e 18h. Foram calculadas as variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade relativa do ar e o índice de temperatura e umidade (ITU) para avaliar o desconforto ambiental. A temperatura superficial dos animais foi aferida a partir da média das temperaturas das regiões fronte, tórax e garupa por meio de termovisor infravermelho. Foram feitas as termografias da cama de areia e do telhado de fibrocimento, bem como a avaliação das trocas de calor sensível entre animais e instalações. Os dados foram submetidos à ANOVA a 5% de probabilidade. A temperatura do ar mais elevada foi registrada às 12h (33,0 °C; $p < 0,05$), juntamente da menor umidade relativa (52,9%; $p < 0,05$), e mais alto ITU (82,6; $p < 0,05$). A termografia indicou variação da temperatura superficial dos animais ao longo do dia, com valores mais elevados às 12h. A cama e o telhado apresentaram temperaturas mais elevadas também ao meio-dia (34,9; 49,0; $p < 0,05$). Os gradientes de temperatura entre a superfície do animal, da cama de areia e do ambiente foram menores às 12h para todos os grupos. Portanto, conclui-se a partir dos parâmetros ambientais, que às 12h os animais apresentaram estresse térmico maior, considerado moderado, e que nesse período, as trocas de calor por condução apresentaram efetividade reduzida, devido ao menor gradiente de temperatura entre animais e instalações.

Palavras-chave: Ambiência, Bioclimatologia; Termorregulação.

ABSTRACT

Ceará is a state where agribusiness is quite significant. Due to its predominantly semi-arid climate, animals at agricultural fairs may experience thermal discomfort, limiting their ability to maintain homeothermy, especially for less adapted breeds. Therefore, the aim was to characterize the facilities and thermal exchanges of cattle and their environment during an agricultural exhibition in Ceará. A total of 35 animals were used, grouped by breed and physiological state, including lactating cows from the Jersey (5), Pardo Suíço (5), and Girolando (5) breeds; dry Gir cows (5); pregnant Guzerá cows (5); Sindi heifers (5); and Nelore bulls (5). The animals were housed in north-south oriented sheds, with open sides, a sand bedding, and a fiber-cement roof, arranged in a tie-stall system under semi-humid tropical climate conditions. The animals had free access to the feeder and were led to the water trough three times a day. Data was collected at 7 AM, 12 PM, and 6 PM. Environmental variables as air temperature, relative humidity, and the temperature-humidity index (THI) to assess environmental discomfort. The surface temperature of the animals was measured as the average of the temperatures of the forehead, thorax, and rump regions using an infrared thermographic camera. Thermographic images of the sand bedding and fiber-cement roof were also taken, as well as an evaluation of the heat exchange between the animals and the facility. Data were analyzed using ANOVA at a 5% significance level. The highest air temperature was recorded at 12 PM (33.0 °C; $p < 0.05$), along with the lowest relative humidity (52.9%; $p < 0.05$) and the highest THI (82.6; $p < 0.05$). Thermography indicated variations in the animals' surface temperatures throughout the day, with higher values at 12 PM. The floor and roof also showed elevated temperatures at noon (34.9; 49.0; $p < 0.05$). The temperature gradients between the animal's surface, the sand bedding, and the environment were smaller at 12 PM for all groups. Thus, it can be concluded from the environmental parameters that at 12 PM, the animals experienced greater thermal stress, classified as moderate, and during this period, heat exchange by conduction was less effective due to the lower temperature gradient between the animals and the facility.

Keywords: Ambience; Bioclimatology; Thermoregulation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Local e período experimental	10
2.2 Animais e delineamento experimental	10
2.3 Análise estatística	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

A busca pelo máximo aproveitamento do potencial produtivo e reprodutivo dos animais, juntamente com a garantia de seu bem-estar, constitui um dos maiores desafios da pecuária moderna. Além dos aspectos relacionados à nutrição, ao manejo, à higiene e à genética, esse potencial também pode ser limitado pelas condições climáticas do ambiente em que os animais estão inseridos (Fernandes, 2024). Nesse contexto, o Ceará, um estado do nordeste brasileiro com expressiva atividade agropecuária, representa um exemplo claro desses desafios impostos pelo clima. O estado apresenta clima tropical semiúmido ao longo de sua faixa litorânea, com predominância de clima semiárido na maior parte de seu território, o que representa uma limitação à atividade leiteira na região, visto que condições climáticas inadequadas impactam negativamente a produção (Martello, 2006).

A expansão da agropecuária no Nordeste brasileiro, especialmente no estado do Ceará, é evidente. De acordo com o IBGE (2024), em 2023, o Ceará registrou um efetivo de 2.772.173 cabeças de bovinos, 3,4% maior que o ano anterior. Esse avanço é impulsionado pela adoção de novas tecnologias e pelo aumento de investimentos públicos e privados. Com esse crescimento, também houve um aumento no número de feiras e exposições agropecuárias, que se tornaram importantes espaços de comercialização e troca de conhecimentos, promovendo o intercâmbio entre produtores, consumidores e instituições.

Nesse contexto, exposições e feiras agropecuárias têm grande relevância comercial, pois nesses eventos são realizados leilões e os produtores expõem o resultado do seu trabalho. No entanto, esses eventos geram grande estresse para os animais, pois, antes da exposição, eles são transportados até o local do evento, e essa mudança de ambiente, por si só, já é uma causa significativa de estresse (de Oliveira Paes, 2012).

No Nordeste, o clima é outro fator estressor relevante, pois muitas vezes as instalações não estão preparadas para acomodar esses animais de modo a mitigar a influência das altas temperaturas típicas da região, o que é ainda mais impactante para as raças europeias de alta produção, que são menos adaptadas às condições climáticas locais. Além disso, as altas temperaturas reduzem a eficiência das trocas de calor sensível, levando o animal a depender mais da troca de calor latente por evapotranspiração, resultando em perda de água para o ambiente.

Desta forma, é importante garantir que as instalações das feiras estejam aptas a receber animais de alto potencial produtivo, sem impactar significativamente no seu

desempenho. A termografia se destaca como uma ferramenta valiosa para avaliar a temperatura superficial dos animais e das instalações, pois consiste em uma técnica não invasiva que permite visualizar o perfil térmico de superfícies.

A partir desse conhecimento, o objetivo deste trabalho foi caracterizar as instalações e relações térmicas de bovinos e ambiente durante exposição agropecuária no Ceará, avaliando parâmetros ambientais e temperaturas superficiais de animais e instalações.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período experimental

O estudo foi conduzido durante o ano de 2019, na 65ª Exposição Agroindustrial do Ceará - EXPOECE, realizada em Fortaleza - Ceará (-3°43'53.7" S 38°33'44.9" W), uma região caracterizada por clima tropical semiúmido.

2.2 Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 35 animais, agrupados de acordo com sua raça e estado fisiológico, compreendendo vacas em lactação das raças Jersey (5), Pardo Suíço (5) e Girolando (5); vacas secas Gir (5), vacas prenhes Guzerá (5), novilhas Sindi (5) e touros Nelore (5). Cada grupo racial foi alojado em galpões, de orientação norte-sul, apresentando laterais abertas para ventilação, cama de areia, telhado de fibrocimento com pé-direito de 3 metros, estando os animais dispostos lado a lado, contidos individualmente por cabrestos. A alimentação dos animais consistiu em silagem e ração concentrada, sendo fornecido água três vezes ao dia (manhã, tarde e noite).

Os dados referentes à temperatura do ar (T; °C) e umidade relativa do ar (UR; %) foram obtidos por meio de datalogger AK 172® (AKSO, Rio Grande do Sul, Brasil), instalado no interior do galpão e configurado para registrar os dados a cada intervalo de 10 segundos. O índice de temperatura e umidade (ITU), de acordo com Thom (1959), foi calculado utilizando a equação: $ITU = (0,8 \times T + (UR / 100) \times (T - 14,4) + 46,4)$, onde T representa a temperatura do ar (°C) e UR a umidade relativa do ar (%), para avaliar o desconforto térmico de acordo com Armstrong (1994).

Ademais, as análises das temperaturas superficiais (TS) foram realizadas às 7h, 12h e 18h, ao longo de três dias da exposição, sendo aferidas por meio de termovisor infravermelho (HT 31®, Hottec, São Paulo, Brazil), captando imagens termográficas à 1 metro de distância das regiões: frente, tórax e garupa, para, em seguida, calcular a temperatura superficial média dos animais (TS). Além disso, também foram obtidas imagens termográficas da cama (Tcama) e do telhado (Ttelhado) do galpão no qual os animais foram alocados. As imagens foram posteriormente avaliadas pelo software IR Reporter®, de modo

que áreas poligonais foram repetidas nas mesmas posições para todas as imagens. Posteriormente, foram calculados os gradientes de temperatura e analisadas as trocas de calor entre animais e instalações, sendo: TS - T_{cam}, e TS - T_A. As correlações entre as variáveis ambientais e a temperatura de animais e instalações foram estimadas através do método de Pearson ($p < 0,05$).

2.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA para medidas repetidas sendo as médias comparadas por teste de Tukey, a nível de significância de 5%, por meio do software Jamovi v.2.3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes à temperatura, à umidade relativa do ar e ao índice de temperatura e umidade estão representados na tabela 1. A temperatura do ar variou ao longo dos três horários de coleta, inicialmente crescente, atingindo seu valor mais elevado às 12h (33,0 °C; $p < 0,05$), e posteriormente caiu para seu valor mais baixo às 18h (27,9 °C; $p < 0,05$). A umidade relativa do ar se comportou de maneira contrária, tendo seu menor valor registrado ao meio-dia (52,9%), e maior valor registrado às 18h (72,9%; $p < 0,05$). Ademais, o índice de temperatura e umidade (ITU) diferiu nos três horários avaliados, com seu maior valor registrado às 12h (82,6; $p < 0,05$) e menor às 18h (78,6; $p < 0,05$).

Tabela 1- Parâmetros ambientais no interior dos galpões durante feira agropecuária no Ceará.

Horário	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)			ITU		
	7h	12h	18h	7h	12h	18h	7h	12h	18h
Média	29,3b	33,0a	27,9c	67,0b	52,9c	72,9a	79,8b	82,6a	78,6c
Mínimo	28,5	32,6	27,8	65,3	50,2	70,5	79,1	82,1	78,4
Máximo	29,9	33,2	28,0	69,9	54,6	74,9	80,5	83,2	78,7

*Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A zona de conforto térmico (ZCT) depende de fatores como raça, idade, sexo, estado fisiológico e genética. Segundo Azevedo *et al.* (2005), a zona de conforto térmico para bovinos leiteiros está entre 5 e 25°C, e seu limite superior pode variar entre 24 e 27°C. Fora desta faixa, os animais utilizam parte de sua energia para termorregulação, pela troca de calor sensível, resultando numa menor retenção de energia proveniente da dieta, e no comprometimento de seu potencial produtivo (Martello, 2006). Os dados coletados apresentaram temperaturas acima do limite crítico superior (TCS) da faixa de termoneutralidade em todos os horários de coleta. Essas altas temperaturas configuram um obstáculo significativo para a produção leiteira, pois o estresse calórico resulta em redução da quantidade de leite produzido, além de afetar teores de proteína e gordura do leite (Chanda, 2017).

Assim, os ambientes com elevados índices de umidade também representam um obstáculo significativo para a produção de bovinos leiteiros. Em situações como as do presente estudo, onde há ocorrência de temperaturas elevadas, aproximadamente 80% das

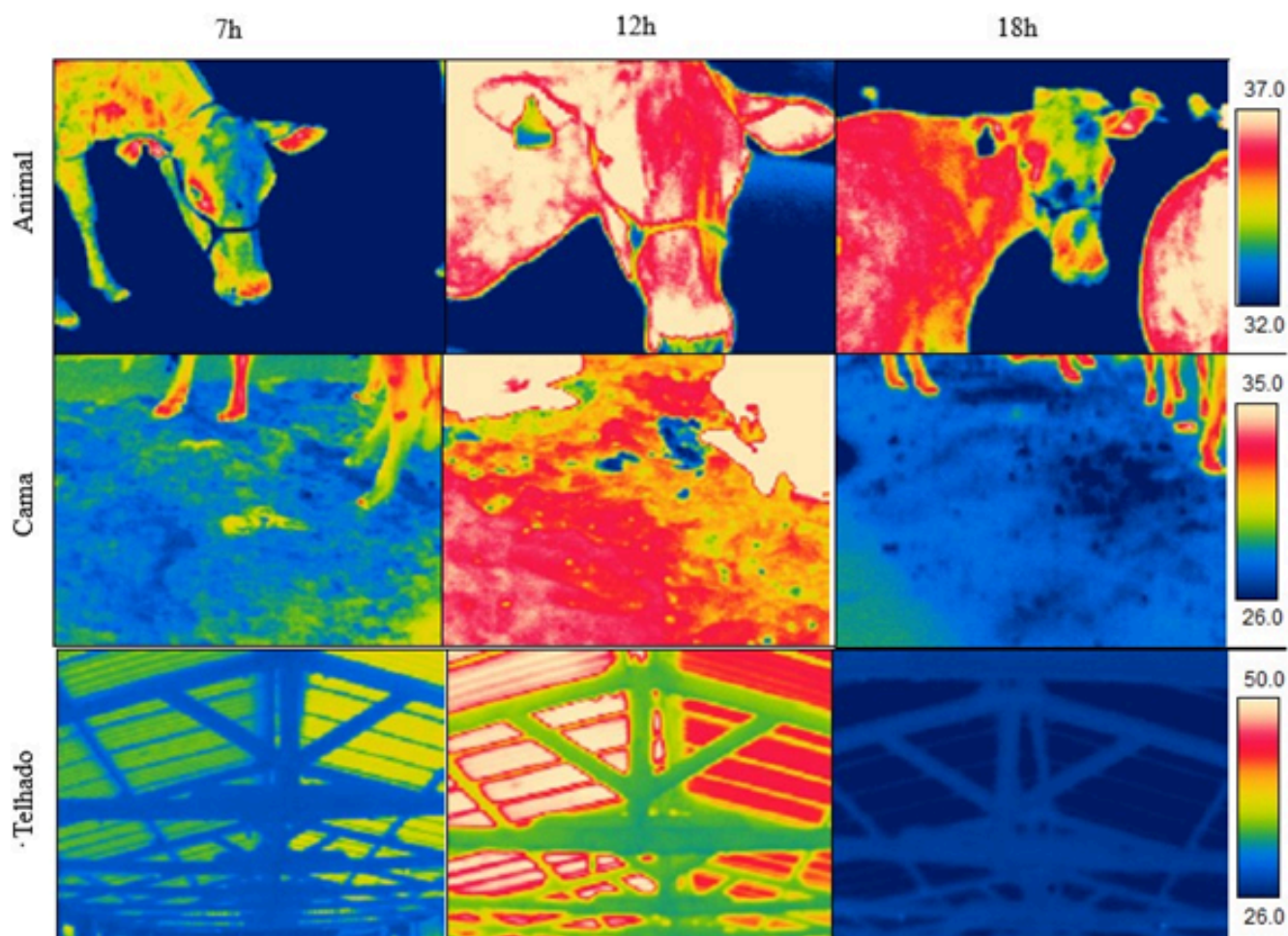
trocas de calor entre os animais e o ambiente para manutenção do balanço térmico ocorrem por meios evaporativos, através dos processos de sudorese e de respiração. Segundo Azevedo & Alves (2009), esses processos são dificultados em condições de alta umidade relativa do ar, não sendo recomendado o banho de animais no interior de instalações com altas temperaturas, pois isto resultaria em uma maior UR, e conseqüentemente maior ITU. A UR ideal deve se encontrar na faixa entre 60% e 70% (Daltro, 2014). Os dados obtidos apontaram UR média dentro da faixa ideal no período de 7h (69,9%), porém abaixo do ideal às 12h (54,9%) e acima do ideal às 18h (74,6%).

Conforme Armstrong (1994), o limite crítico do ITU para vacas leiteiras é de 72. Acima desse valor, os animais, principalmente fêmeas múltíparas, respondem ao estresse térmico reduzindo o consumo de alimento, aumentando a ingestão e a perda de água por métodos evaporativos, elevando a temperatura superficial e alterando o ritmo dos processos metabólicos. Acima do limite crítico do ITU, o estresse térmico é considerado ameno quando varia de 72 a 78, moderado quando abrange a faixa de 79 a 88, e severo quando ultrapassa 89.

Em estudos sobre os limites críticos do ITU em vacas mestiças Holandês- Zebu, Azevedo *et al.* (2005) estimaram valores maiores para animais com predominância genética de Zebu. Os Zebuínos apresentam maior resistência ao calor quando comparados a raças europeias, devido à menor produção de leite, menores taxas metabólicas e maior capacidade de sudorese. No presente estudo, valores superiores do limite crítico foram encontrados em todos os intervalos de coleta, constatando um estresse térmico considerado ameno nos períodos de 7h e 18h, e um maior desconforto térmico 12h (82,6), caracterizando estresse moderado.

A termografia se mostrou eficiente para aferir a temperatura superficial dos animais e instalações, sendo possível observar sua variação ao longo dos três horários de coleta. A câmera termográfica foi capaz de monitorar as variações do calor radiante emitido pelas superfícies (da Cruz, 2011). Os dados obtidos foram processados em computador e exibidos na forma de mapas, onde a temperatura é interpretada conforme a cor exibida na imagem (figura 1).

Figura 1 - Termograma dos animais, da cama de areia e do telhado de fibrocimento ao longo do dia durante feira agropecuária no Ceará.



*Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas instalações, os animais estavam sujeitos às elevações da temperatura do ar e das instalações, além da incidência parcial de radiação solar. Em resposta, a temperatura superficial dos animais também aumenta devido à resposta fisiológica de vasodilatação, em que o fluxo sanguíneo periférico é intensificado, elevando a temperatura da pele do animal, que, devido ao contato direto com o ambiente, permite uma perda mais eficiente de calor sensível por condução (Souza, 2010). Os dados referentes à temperatura superficial média (TS) das vacas Jersey, Girolando, Gir, Pardo Suíço, Guzerá; Sindi; e touros Nelore estão representados na tabela 2.

Tabela 2 - Temperatura superficial média de cada grupo racial ao longo do dia durante feira agropecuária no Ceará.

Raça	Temperatura Superficial (°C)		
	7h	12h	18h
Jersey	35,5ab	36,0a	35,2b
Pardo Suiço	35,6b	36,8a	35,4b
Girolando	35,6b	36,8a	35,4b
Gir	35,8b	36,5a	35,4b
Guzerá	34,6b	36,7a	35,2c
Nelore	34,5b	36,2a	35,0c
Sindi	35,0b	36,4a	33,5c

*Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme se observa, todos os grupos raciais apresentaram temperaturas superficiais mais elevadas ao meio-dia, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos demais horários, com exceção dos animais Jersey, que apresentou menor amplitude térmica ao longo do dia. No período de 7h, os animais zebu apresentaram menor temperatura superficial que os animais taurinos, resultando de seu menor metabolismo basal, e menores taxas de crescimento e produção, e, apesar de produzirem menos calor, os zebuínos apresentaram temperatura superficial tão elevada quanto os animais taurinos, devido à maior facilidade desses animais para transferir calor às extremidades do corpo (Hansen, 2004).

Souza *et al.* (2017), ao realizarem termografia em dois grupos de fêmeas Girolando (3/4 Holandês x 1/4 Gir e 7/8 Holandês x 1/8 Gir) no semiárido cearense, observaram temperaturas superficiais mais elevadas no período da tarde, com a temperatura do ar alcançando 38,2°C e a umidade relativa 28,6%. Embora as condições climáticas no presente estudo tenham sido diferentes, foi registrado um ITU semelhante ao valor obtido às 12 horas. Estudando o comportamento de novilhas Jersey em função da disponibilidade de sombra, Conto (2015) verificou temperaturas superficiais inferiores (35,5 °C) em animais sem acesso à sombra, em estudo realizado em clima temperado. Já vacas lactantes Pardo Suiço avaliadas por Leles *et al.* (2017), no semiárido cearense, apresentaram um pico de temperatura superficial média menor que a obtida no presente estudo, com uma máxima de 37,7°C, destacando a temperatura máxima como melhor indicador qualitativo de estresse

térmico. No entanto, Furtado (2012) relatou temperaturas superficiais inferiores às obtidas neste estudo em tourinhos da raça Sindi e Guzará, devido ao menor índice de temperatura e umidade registrado no agreste paraibano. Enquanto Cardoso *et al.* (2016) avaliaram a tolerância térmica de animais da raça Nelore, Pé-duro e Pantaneiro no cerrado brasileiro, com temperatura máxima de 36,5°C e umidade relativa de 22%, aferindo temperaturas superficiais também superiores ao presente estudo em ITU semelhante (82).

Apesar de todos os grupos raciais observados apresentarem a temperatura superficial mais elevada no período das 12h, da Rocha (2012) e de Sousa *et al.* (2017) identificaram picos de temperatura ambiente às 14h, acompanhados dos menores índices de umidade relativa em território cearense. Isso sugere a ocorrência de ITU superiores aos aferidos neste estudo ao longo da tarde, indicando um maior desconforto térmico para os animais.

A alteração das variáveis climáticas ao longo do dia exerceu impacto direto sobre a temperatura média das instalações, representadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Temperatura superficial do telhado e da cama das instalações onde estavam alocados cada grupo de animais ao longo do dia durante feira agropecuária no Ceará.

Raça	Temperatura (°C)					
	Cama			Telhado		
	7h	12h	18h	7h	12h	18h
Jersey	28,4b	33,0a	27,0c	31,6b	48,7a	25,6c
Pardo Suíço	28,6b	33,6a	29,3c	34,3b	49,9a	26,2c
Girolando	29,9b	35,9a	28,9b	34,2b	50,2a	26,5c
Gir	31,2b	36,0a	29,2c	40,8b	48,3a	26,5c
Guzará	29,4b	36,0a	29,8b	35,9b	49,3a	26,4c
Nelore	30,0b	33,6a	29,1b	34,9b	50,6a	26,6c
Sindi	30,6b	36,3a	28,3c	37,5b	46,0a	25,9c
Média	29,7b	34,9a	28,8c	35,6b	49,0a	26,2c

*Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que o telhado de fibrocimento apresentou uma temperatura de 35,6°C

às 7h, atingindo o valor médio mais alto às 12h (49 °C, $p < 0,05$), devido à incidência direta da radiação solar. Posteriormente, a temperatura caiu, alcançando o menor valor às 18h (26,2°C, $p < 0,05$). O fibrocimento é uma opção eficaz para coberturas, em razão de sua acessibilidade e baixa condutividade térmica. Barnabé *et al.* (2014), utilizando fibrocimento em bezerreiros individuais, registraram temperaturas menos elevadas ao no período de 11h (41,9 °C) que as observadas no presente estudo ao meio-dia.

Entretanto, as altas temperaturas do telhado impactam diretamente a temperatura dos animais e instalações, sendo recomendado um pé-direito mais alto e a presença de lanternim, que resultam numa ventilação natural mais eficiente e reduz a influência da temperatura da cobertura no ambiente interno da instalação (Turco, 2011). Outra alternativa é a instalação de forro, que atua como uma barreira física, reduzindo a transferência de calor do telhado para o interior das instalações. Barbirato (2015) obteve êxito ao utilizar forro de subprodutos da agroindústria associados a placas de poliestireno expandido, reduzindo o fluxo de calor do telhado para o interior da instalação, conseqüentemente reduzindo o ITU do ambiente.

Por outro lado, a cama de areia apresentou temperatura de 29,7°C às 7h, atingindo a maior temperatura registrada às 12h (34,9°C, $p < 0,05$), e menor temperatura às 18h (28,8, $p < 0,05$). Às 7h, a elevação da temperatura da cama foi resultado da radiação solar incidente no interior das instalações nesse período. Em regiões quentes, as instalações devem apresentar beiral suficientemente comprido e ser construídas com seu eixo longitudinal no sentido leste-oeste, garantindo menor incidência solar no interior da instalação (Baêta; Souza, 1997). Segundo Dimov (2021), a areia é uma boa opção para cama, por proporcionar boa tração e reduzindo o risco de lesões, ser barata e de fácil transporte, além de ser um material inerte, desfavorecendo a proliferação de patógenos causadores de mastite. Cecchin *et al.* (2014), ao avaliarem o tempo de ócio deitado de vacas holandesas em camas de areia e borracha triturada, registraram uma preferência dos animais pela cama de areia nos períodos mais quentes do dia, devido às menores temperaturas.

Em um cenário de conforto térmico, 75 % das perdas de calor do animal para o ambiente ocorrem de forma sensível, por condução, convecção e radiação. Condução refere-se à maneira como a energia térmica, subproduto dos processos metabólicos de produção de energia, é transferida entre dois corpos ou ao longo de um mesmo corpo. Este é um processo fundamental para a termorregulação de organismos homeotérmicos, em que a energia se desloca do centro do organismo para as extremidades e posteriormente para o meio. O fluxo de calor ocorre em função da condutividade térmica do material, da área efetiva de

condução, e do gradiente de temperatura. Enquanto, a convecção consiste na troca de energia térmica entre o corpo do animal e o ar ou fluido, que pode acontecer de forma livre, resultante do movimento do próprio fluido, ou forçada por ventilação, ocorrendo em função do formato e área efetiva da superfície do animal, da velocidade do ar e do gradiente de temperatura. Já a radiação envolve a troca de calor por meio de ondas eletromagnéticas entre pontos que apresentam temperaturas distintas, desde que o meio entre estes permita. O fluxo de energia térmica radiante ocorre em função da área efetiva do animal, além da absorvidade, emissividade e temperatura absoluta das superfícies (Hansen, 2004). Todavia, à medida que a temperatura aumenta, o gradiente térmico entre a superfície do animal e a temperatura ambiente é reduzido, e as trocas de calor sensível se tornam menos eficientes, dando lugar a métodos evaporativos.

Os dados referentes aos gradientes entre a temperatura superficial dos animais, da cama de areia e do ar estão representados na TABELA 4.

Tabela 4 - Gradientes entre a temperatura superficial dos animais e as instalações ao longo do dia durante feira agropecuária no Ceará

Raça	TS - Cama (°C)			TS - TA (°C)		
	7h	12h	18h	7h	12h	18h
Jersey	7,06b	2,98c	8,18a	6,14b	3,06c	7,27a
Pardo Suíço	7,05a	3,24c	6,22b	6,31b	3,89c	7,54a
Girolando	5,77b	0,93c	6,52a	6,30b	3,86c	7,51a
Gir	4,59b	0,61c	6,16a	6,47b	3,51c	7,46a
Guzerá	5,19b	0,73c	5,37a	5,30b	3,74c	7,30a
Nelore	4,52b	2,60c	5,90a	5,34b	3,28c	7,13a
Sindi	4,45a	0,10b	5,25a	5,75a	3,42b	5,65a

*Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, observa-se que o gradiente de temperatura superficial entre a cama e o animal foi significativamente menor ($p < 0,05$) no início da tarde em comparação com os

demais horários, indicando uma troca de calor por condução entre cama e animal bastante reduzida às 12h. Em situações como essa, em que a diferença entre as temperaturas da cama e do animal é menor, os animais tendem a evitar o uso da cama, para não absorver calor das mesmas por condução (Cecchin, 2014). Com exceção dos animais da raça Sindí, o gradiente de temperatura entre a superfície do animal e o ar também foi significativamente menor ($p < 0,05$) ao meio-dia em relação aos demais horários. Para todos os grupos raciais, foi registrado um maior gradiente TS - TA às 18h, sugerindo uma maior troca de calor por convecção que nos demais horários observados. Em situações como as do presente estudo, é recomendada a implementação de ventilação forçada para acentuar as trocas de calor por convecção de animais e instalações.

Em situações de estresse térmico constante, há predominância de processos evaporativos nas trocas de calor com o ambiente. Esses mecanismos de termorregulação dependem da perda de água do animal para o ambiente, sendo fundamental a garantia de água suficiente aos animais (Baêta; Souza, 1997). No fim da tarde, houve maior gradiente térmico entre a temperatura superficial dos animais e a temperatura do ar do que entre a superfície do animal e a cama de areia.

A interação dos parâmetros ambientais e temperaturas mensuradas está representada na tabela 5.

Tabela 5 - Correlações entre parâmetros ambientais, temperatura superficial e temperaturas da cama e do telhado.

	TA	ITU	CAMA	TELHADO
ITU	0,988*	–		
CAMA	0,865*	0,837*	–	
TELHADO	0,948*	0,935*	0,860*	–
TS	0,642*	0,630*	0,627*	0,623*

* $p < 0,05$; TA – Temperatura do ar (°C); ITU – Índice de temperatura e umidade (%); TS: temperatura superficial (°C).

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, percebe-se que a temperatura superficial foi bastante correlacionada à temperatura do ar ($r = 0,642$) e ao ITU ($r = 0,63$), além da temperatura da cama ($r = 0,627$) e do telhado ($r = 0,623$). A elevação da temperatura do telhado influenciou na temperatura das

instalações, apresentando forte correlação com a temperatura ambiente ($r = 0,948$) e correlação moderada com a temperatura da cama ($r = 0,86$). A temperatura da cama aumentou à medida que o ambiente se tornou mais quente, apresentando forte correlação com a temperatura ambiente ($r = 0,865$) e com o ITU ($r = 0,837$).

4 CONCLUSÃO

As instalações da feira agropecuária mostraram-se inadequadas para manter o conforto térmico de bovinos nos três horários de análise, em que os animais apresentaram desconforto térmico brando a moderado ao longo do dia, em especial daqueles com maior produção de calor metabólico, ao meio-dia. Pois, o menor gradiente térmico entre a pele dos animais e o ambiente resulta em uma menor eficiência das trocas de calor sensível nesse período.

Nesse cenário, é recomendado que as instalações apresentem estrutura adequada, com pé-direito elevado e eixo longitudinal no sentido leste-oeste, além da implementação de convecção forçada para mitigar o estresse causado pelos fatores climáticos da região, além de garantir que os animais tenham acesso irrestrito à água, necessária para as trocas de calor por evapotranspiração ao longo do dia.

REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, Dennis V. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of dairy science*, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.
- AZEVÊDO, Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo; ALVES, Arnaud Azevêdo. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009.
- AZEVEDO, Marcílio de *et al.* Estimation of upper critical levels of the temperature-humidity index for ½, ¾ e 7/8 lactating Holstein-Zebu dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 2000-2008, 2005.
- BAÊTA, F.da C.; SOUZA, C. de F. *Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal*. Viçosa - MG: Editora UFV, 1997. 246 p.
- BARBIRATO, G. *et al.* Desempenho térmico de bezerreiros cobertos com telha de fibrocimento e forro ecológico de subprodutos agroindustriais associado a materiais isolantes. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 3, p. 261-267, 2015.
- BARNABÉ, Janice *et al.* Temperatura superficial de materiais utilizados para cobertura individual de bezerreiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 545-550, 2014.
- CARDOSO, Caio Cesar *et al.* Heat tolerance in Curraleiro Pé-Duro, Pantaneiro and Nelore cattle using thermographic images. **Animals**, v. 6, n. 2, p. 9, 2016.
- CECCHIN, D. *et al.* Avaliação de diferentes materiais para recobrimento de camas em baias de galpão modelo free-stall. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 109-115, 2014.
- CHANDA, T. *et al.* Impact of heat stress on milk yield and composition in early lactation of Holstein Friesian crossbred cattle. **Bangladesh J. Anim. Sci**, v. 46, p. 192-197, 2017.
- CRUZ JÚNIOR, C. A da. Tolerância ao calor em ovinos reprodutores criados no Distrito Federal. 2011. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências Animais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011
- DALTRO, Darlene dos Santos. Uso da termografia infravermelha para avaliar a tolerância ao calor em bovinos de leite submetidos ao estresse térmico. 2014.
- ROCHA, David Ramos da *et al.* Índices de tolerância ao calor de vacas leiteiras no período chuvoso e seco no Ceará. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 10, n. 4, p. 335-343, 2012.
- CONTO, Leandro de. Respostas de novilhas Jersey em pastejo de milho sem e com acesso à sombra. 2015.
- OLIVEIRA PAES, Paulo Ricardo de *et al.* O leucograma como indicador de estresse no desmame e no transporte rodoviário de bovinos da raça Nelore. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 305-311, 2012.

SOUZA, Maria Angela de *et al.* Correlações de parâmetros fisiológicos de vacas Girolando criadas no semiárido cearense. 2017.

DIMOV, Dimo *et al.* Factors determining the choice of bedding for freestall housing system in dairy cows farming-A review. **Journal of Central European Agriculture**, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2021.

FERNANDES, Carlos Otávio Mader; DE VALOIS, Cassio Marques; PILGER, Jean Pierre. Instalações para gado de leite. **Boletim Técnico**, n. 208, 2024.

FURTADO, Dermeval A. *et al.* Termorregulação e desempenho de tourinhos Sindi e Guzerá, no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 1022-1028, 2012.

HANSEN, Peter James. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal reproduction science**, v. 82, p. 349-360, 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pecuária: Ceará (2023). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/pesquisa/18/164?localidade1=23&ano=2023>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

LELES, Jaqueline Silva *et al.* Heat Stress and body temperature in brown swiss cows raised in semi-arid climate of Ceará state, Brazil. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 45, p. 8-8, 2017.

MARTELLO, Luciane Silva. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em free-stall**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOUZA, BB da *et al.* Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 6, n. 2, p. 59-65, 2010.

THOM, E.C. The discomfort index. *Weatherwise*. Washington, v. 12, n.2, p. 5760, 1959

TURCO, SHN; DE ARAUJO, G. G. L. Construções rurais no Semiárido. 2011.