

AMBIÊNCIA E BEM-ESTAR ANIMAL EM BOVINOS LEITEIROS SOB ESTRESSE TÉRMICO: REVISÃO DE LITERATURA

Acceptance date: 01/07/2024

Leonardo França da Silva

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Sarah Fernanda de Almeida Martins

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa - Minas Gerais
<https://orcid.org/0009-0008-6865-5827>

Jessica Mansur Siqueira Crusóe

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0009-0007-4210-8430>

Fernanda Araujo Lima

Universidade Federal de Viçosa, Campus
Viçosa
<https://orcid.org/0000-0003-0223-8349>
<http://lattes.cnpq.br/8976026918721325>

Cássio Furtado Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará - IFPA
<https://orcid.org/0000-0001-5461-1809>
<http://lattes.cnpq.br/4218769196783818>

Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez

Universidade Federal Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0003-0941-8051>

Rafaella Resende Andrade

Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás
<https://orcid.org/0000-0003-3182-0741>

Fernanda Lamede Ferreira de Jesus

Universidade Federal da Grande
Dourados
Dourados – Mato Grosso do Sul (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9183-6326>

Fabiane de Fátima Maciel

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-7117-6965>

Irene Menegali

<https://orcid.org/0000-0001-5323-4693>
Universidade Federal de Minas Gerais

Ariadna Faria Vieira

Universidade Estadual do Piauí
Uruçuí- Piauí (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

Luciano José Minette

Universidade Federal de Viçosa, Campus
Viçosa
Viçosa - MG (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-2038-334X>

RESUMO: A produção leiteira no Brasil representa um pilar fundamental do agronegócio, desempenhando um papel crucial na economia nacional. Remontando às primeiras décadas do período colonial, essa atividade é uma das mais tradicionais do país, enraizando-se profundamente na sua história agrícola. Nas últimas cinco décadas, testemunhamos um crescimento notável na produção de leite no Brasil. Em um período de constante expansão, o país ascendeu ao patamar de destaque global nesse setor. Mediante esse cenário produtivo estresse térmico em gado leiteiro é uma preocupação significativa para produtores e especialistas do setor agrícola. Esse fenômeno ocorre quando os animais são expostos a condições ambientais que excedem sua capacidade de regulação térmica, resultando em desconforto e impactos negativos na saúde e na produção de leite. Os efeitos do estresse térmico no gado leiteiro podem ser devastadores. Além do desconforto físico, o estresse térmico pode levar a uma diminuição na ingestão de alimentos e água, comprometendo a saúde e a produção de leite dos animais. O estresse térmico também pode aumentar a incidência de doenças, reduzir a eficiência reprodutiva e aumentar a mortalidade, representando um sério desafio para a rentabilidade das operações de produção de leite. Em resumo, o estresse térmico representa um desafio significativo para os produtores de leite, mas com práticas de manejo adequadas e o uso de tecnologias apropriadas, é possível minimizar seus efeitos e garantir o bem-estar e a produtividade do gado leiteiro mesmo em condições climáticas adversas. Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura abordando os aspectos relacionados à ambiência e ao bem-estar animal em bovinos leiteiros quando expostos ao estresse térmico, seja por calor ou frio. Destaca-se a análise das respostas fisiológicas e comportamentais desses animais diante dessas condições adversas, visando fornecer insights valiosos para a implementação de estratégias eficazes de manejo e mitigação do estresse térmico em sistemas de produção de leite.

PALAVRAS-CHAVE: Bovinocultura de leite, conforto térmico, produção animal.

ABSTRACT: Dairy production in Brazil represents a fundamental pillar of agribusiness, playing a crucial role in the national economy. Dating back to the first decades of the colonial period, this activity is one of the most traditional in the country, deeply rooted in its agricultural history. Over the past five decades, we have witnessed remarkable growth in milk production in Brazil. In a period of constant expansion, the country rose to global prominence in this sector. In this productive scenario, thermal stress in dairy cattle is a significant concern for producers and experts in the agricultural sector. This phenomenon occurs when animals are exposed to environmental conditions that exceed their thermal regulation capacity, resulting in discomfort and negative impacts on health and milk production. The effects of heat stress on dairy cattle can be devastating. In addition to physical discomfort, heat stress can lead to a decrease in food and water intake, compromising the health and milk production of animals. Heat stress can also increase the incidence of disease, reduce reproductive efficiency and increase mortality, posing a serious challenge to the profitability of dairy production operations. In summary, heat stress represents a significant challenge for dairy producers, but with adequate management practices and the use of appropriate technologies, it is possible to minimize its effects and ensure the well-being and productivity of dairy cattle even in climatic conditions. adverse. This study aims to carry out a literature review addressing aspects related to the environment and animal welfare in dairy cattle when exposed to thermal stress, whether by heat or cold. The

analysis of the physiological and behavioral responses of these animals to these adverse conditions stands out, aiming to provide valuable insights for the implementation of effective strategies for managing and mitigating heat stress in milk production systems.

KEYWORDS: Dairy cattle farming, thermal comfort, animal production.

INTRODUÇÃO

A produção leiteira no Brasil está em constante evolução, independentemente do sistema de produção e do nível tecnológico adotado, com o objetivo primordial de aprimorar a produtividade dos animais. Nesse contexto, o fornecimento de condições adequadas de bem-estar, sobretudo em termos de conforto térmico, é fundamental (Baêta, Souza, 2010; Andrade et al., 2021). Pesquisas recentes têm enfatizado que oferecer um ambiente confortável para bovinos leiteiros pode ser uma ferramenta crucial para o sucesso do sistema produtivo (Radavelli, 2020; Valente et al., 2020; Oliveira et al., 2022; Andrade et al., 2023).

No entanto, esses animais estão sujeitos a alterações comportamentais, fisiológicas e endócrinas devido à exposição a altas temperaturas, mudanças na dieta e diferentes níveis de umidade do ar, o que pode impactar negativamente sua produtividade (Costa, 2014). Essa sensibilidade ao estresse térmico é especialmente observada em grupos com composição genética mais próxima da raça Holandesa (Costa, 2014; Nääs et al., 2001)

A definição do que constitui conforto para os animais é uma questão desafiadora devido à variabilidade das reações individuais. No entanto, o conhecimento das atividades diárias dos bovinos é extremamente útil para identificar alterações comportamentais que possam indicar a necessidade de ajustes ambientais (Ferreira, 2016; Nääs et al., 1989).

Desta forma, a observação do comportamento dos animais permite avaliar qualquer mudança em resposta a estímulos estressantes e sugere práticas de manejo visando o conforto, o que resulta em benefícios como o aumento da produção de leite e a melhoria nos índices reprodutivos do rebanho (Damasceno, 2020). Em certas circunstâncias, as alterações no comportamento animal representam a única indicação de que o estresse está presente (Ferreira, 2016; Mota et al., 2020).

Deste modo os bovinos leiteiros submetidos a estresse térmico por calor realizam ajustes fisiológicos para manter a homeotermia e, assim, evitar o estresse calórico. Ferreira (2016) e Dash et al., (2016) elucidam que os principais mecanismos envolvidos, que incluem o aumento da taxa respiratória, dos batimentos cardíacos, da sudorese, da ingestão de água e a redução na ingestão de alimentos.

Por outro lado, conforme corroborado por Lanham et al., (1986), quando os bovinos leiteiros enfrentam estresse térmico por frio, tendem a aumentar o consumo de alimentos para gerar mais calor interno, conseqüentemente elevando sua taxa metabólica.

Em termos gerais, Mota et al., (2020) enfatiza que o estresse térmico em bovinos leiteiros resulta em prejuízos consideráveis para o sistema de produção, incluindo diminuição da produtividade e redução do desempenho produtivo e reprodutivo dos animais.

O acompanhamento das condições ambientais é essencial para o progresso de qualquer atividade produtiva (Andrade et al., 2021; Oliveira et al., 2023). Em condições adversas, os animais priorizam manter sua fisiologia em equilíbrio (homeostase) e, em última instância, as funções produtivas, como a lactação (Zimbelman; Collier, 2011).

Considerando os argumentos apresentados, o objetivo deste estudo é realizar uma revisão de literatura abordando os aspectos relativos à ambiência e ao bem-estar animal em bovinos leiteiros quando sujeitos a estresse térmico por calor ou frio, destacando suas respostas fisiológicas e comportamentais.

BEM-ESTAR ANIMAL

O conceito de bem-estar animal se refere à resposta fisiológica dos animais diante do ambiente em que estão inseridos, sendo inversamente proporcional ao esforço empregado pelo animal para manter a homeotermia do seu corpo (Cook, 2002; Broom; Molento, 2004).

Em situações ambientais desfavoráveis, os animais buscam meios de se adaptar através de ajustes fisiológicos, metabólicos e comportamentais, resultando em um maior dispêndio de energia e uma redução em seu potencial de produção (Baêta; Souza, 2010; Ferreira, 2016).

Para que os animais possam expressar plenamente seu potencial genético, além de receber uma dieta balanceada, é essencial fornecer condições térmicas adequadas dentro da faixa de temperatura ambiente na qual o animal não seja exposto a estresse térmico devido ao frio ou ao calor. Isso garante que o animal possa otimizar o aproveitamento da energia da dieta, mantenha ajustes fisiológicos mínimos, temperatura corporal adequada e apetite normal (Bacari et al., 1998, Calamari, Bertoni, 2009).

A produção de leite no Brasil é frequentemente afetada pelas condições ambientais, especialmente em regiões tropicais, onde a temperatura média varia de 20 a 30 °C na maior parte do ano (Titto, 1998). Essas temperaturas frequentemente excedem os limites da zona de termoneutralidade, resultando em desconforto e estresse térmico para os animais. Conforme observado por Müller (1982), a faixa de temperatura considerada confortável para vacas em lactação está entre -5 a 24 °C.

Considerando as demandas termorregulatórias e nutricionais dos animais, a produção de leite em sistemas de confinamento surge como uma alternativa para mitigar as influências ambientais no desempenho dos animais. Entretanto, a falta de conhecimento adequado sobre o manejo das instalações e dos animais confinados pode comprometer seu bem-estar.

Um ambiente inadequado pode resultar em diversos problemas, como redução do consumo de matéria seca, problemas de saúde do úbere e fertilidade, que impactam diretamente na produtividade animal (Bach et al., 2007).

Para avaliar o bem-estar dos animais em diferentes sistemas de produção, existem metodologias disponíveis. Segundo Calamari e Bertoni (2009), essas metodologias podem ser divididas em duas categorias: indicadores diretos e indiretos.

Os indicadores diretos estão intrinsecamente ligados ao ambiente e descrevem tanto o sistema de produção quanto o manejo adotado. O monitoramento dos parâmetros ambientais geralmente é uma prática simples, rápida e confiável (Andrade et al., 2022; Oliveira et al., 2022). Por outro lado, os indicadores indiretos referem-se ao comportamento, saúde e fisiologia dos animais. É crucial destacar que as medidas de avaliação do bem-estar animal em um sistema de produção devem ser tanto eficazes quanto viáveis em termos de implementação.

ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE - ITU

Uma das métricas mais comuns para avaliar o conforto térmico dos animais é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Este índice é uma ferramenta comumente empregada em pesquisas para avaliar o conforto animal devido à sua simplicidade e rapidez na coleta de dados. Desenvolvido por Thom em (1959) para estimar a sensação de conforto térmico em diferentes condições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidades do vento, o ITU tornou-se uma medida importante também na análise do bem-estar dos animais. Este índice combina os valores de temperatura do bulbo seco do ar (T_{bs}) e umidade relativa do ar (UR), conforme descrito pela equação 1:

$$ITU = 0,8 \cdot t_{bs} + UR \cdot \left(\frac{t_{bs} - 14,3}{100} \right) + 46,4 \quad (1)$$

Para associar os efeitos da temperatura e umidade relativa, utiliza-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Este índice é bastante usado em pesquisas para a avaliação do conforto animal, pois a coleta das variáveis de entrada é simples e rápida. O ITU foi desenvolvido por Thom (1959), com o intuito de estimar a sensação de conforto térmico em humanos, em diferentes temperaturas, umidades relativas do ar e a baixas velocidades do vento.

De acordo com Zimbelman e Collier (2011), os valores de ITU são classificados em diferentes categorias: de 72 a 78 como ameno ou brando, de 79 a 88 como moderado e de 89 a 98 como severo. Um ITU abaixo de 72 indica a ausência de estresse térmico. No entanto, estudos recentes têm revelado que os valores atuais de ITU podem subestimar a gravidade dos níveis de estresse por calor, especialmente em vacas leiteiras de alta

produção. Portanto, recomenda-se um valor de ITU menor que 68 para garantir o conforto térmico adequado desses animais.

Para que haja conforto térmico de vacas leiteiras, o ITU deve ser menor que 68. Valores de ITU entre 68 e 71, caracteriza desconforto térmico leve. Entre 72 a 79, os animais estão passando por estresse calórico ameno. Entre 80 a 89, o estresse calórico passa a ser moderado (ocorre elevação na taxa de mortalidade). Para valores acima de 90, o estresse térmico é classificado como severo, causando aumento na taxa de mortalidade e redução de produtividade.

O monitoramento das condições ambientais é crucial para o sucesso de qualquer atividade produtiva, pois em situações adversas, os animais priorizam manter sua fisiologia em equilíbrio, buscando primeiro a homeostase e, em última instância, dedicando-se à lactação e outras funções produtivas (Zimbelman; Collier, 2011; Ferreira, 2016). Consequentemente, condições ambientais inadequadas na produção animal podem levar a uma diminuição do bem-estar, o que por sua vez resulta em impactos negativos na produtividade, incluindo redução na quantidade e na qualidade do leite produzido (Damasceno, 2020; Ferreira, 2016).

Diversos estudos têm sido conduzidos para estabelecer os limites de ITU aplicáveis à bovinocultura leiteira. Johnson (1980) e Rosenberg et al., (1983) afirmam que, para bovinos da raça Holandesa, valores de ITU abaixo de 68 indicam conforto, entre 68 e 71 há leve estresse térmico, de 72 a 79 estresse térmico moderado, de 80 a 88 estresse térmico severo, e acima de 99 o estresse térmico é considerado extremo, podendo levar à mortalidade dos animais.

ITU elevado compromete a eficiência da produção e reprodução, resultando em perdas econômicas na atividade leiteira.

Pereira (2018), ao avaliar instalações de criação de bovinos leiteiros, observou que durante o inverno os valores de ITU estavam dentro da zona de conforto térmico. Por outro lado, durante o verão, os valores médios de ITU foram elevados, especialmente durante as manhãs e tardes, indicando estresse térmico por calor nos animais. Mesmo com a presença de ventilação mecânica, as instalações não foram eficazes em proporcionar conforto térmico aos animais durante a estação mais quente do ano.

ESTRESSE CALÓRICO EM BOVINOS LEITEIROS

Fatores comportamentais

Dikmen e Hansen (2009) e Baêta e Souza (2010), definem o estresse calórico como a pressão exercida pelos componentes do ambiente térmico sobre um organismo, cujas consequências fisiológicas são proporcionais à intensidade dessa pressão e à capacidade do organismo em compensar os desvios resultantes. Esse fenômeno, especialmente prevalente em regiões tropicais, representa uma fonte significativa de perda econômica na pecuária, afetando adversamente a produção de leite, a fisiologia da produção, a reprodução, a mortalidade de bezerros e a saúde do úbere (Ferreira, 2016; Damasceno, 2020).

Os mesmos autores destacam que os bovinos leiteiros sob estresse térmico tendem a modificar sua postura para aproveitar a dissipação de calor pelo vento, permanecendo mais imóveis e reduzindo a movimentação para minimizar a geração de calor pelo movimento. Além disso, mudanças comportamentais, como a alteração nos padrões de ingestão de alimentos, incluindo redução no tempo de alimentação e de ruminação, afetam significativamente a produtividade animal.

Moura et al., (2010), Kendall et al., (2006) ressaltam que a alteração na postura é um dos indicadores de que o animal está experimentando estresse térmico. Quando submetidos a esse estresse, os bovinos leiteiros tendem a se deitar, buscando dissipar calor pela porção do corpo em contato com o piso frio por condução, enquanto o restante da superfície corporal dissipa calor por correntes convectivas. Desse modo, o comportamento de deitar desempenha um papel crucial na mitigação do estresse térmico em vacas leiteiras (Ferreira, 2016).

Almeida et al., (2013), ao avaliarem o comportamento e a qualidade do leite de vacas Holandesas, observaram que uma das reações imediatas ao estresse térmico é a redução no consumo de alimentos, pois essa ação reduz o metabolismo basal, diminuindo assim a geração de calor.

Além disso, outras respostas comportamentais, como a redução no tempo de ruminação e o aumento do tempo de ócio, são observadas como tentativas do animal de restaurar o equilíbrio térmico, reduzindo a produção de calor metabólico excedente (Ferreira, 2016).

Fatores fisiológicos

O controle da temperatura corporal em animais é alcançado através do equilíbrio entre o calor gerado pelo organismo e o calor trocado com o ambiente. Para regular essa troca de calor, os animais utilizam uma série de mecanismos fisiológicos, contribuindo para a manutenção da homeotermia (Ferreira, 2016; Damasceno, 2020).

Segundo Maia et al., (2012) e Ferreira (2016), esses mecanismos incluem aumento da taxa respiratória, aumento dos batimentos cardíacos, sudorese, aumento na ingestão de água, diminuição na ingestão de alimentos e a procura por lâminas de água.

É importante salientar que, sob estresse térmico por calor, os bovinos leiteiros precisam realizar adaptações fisiológicas para manter a homeotermia. Uma dessas adaptações é o aumento do fluxo sanguíneo para a periferia do corpo, facilitando assim a dissipação convectiva do calor (Ferreira, 2016). Damasceno (2020) e Dash et al., (2016) destacam que o calor reduz a circulação sanguínea no corpo do animal, resultando em um aumento dos vasos sanguíneos periféricos e na vasoconstrição interna, o que pode levar à queda na produção de leite.

Segundo Curtis (1983), em situações de estresse severo, há um alto fluxo sanguíneo do núcleo para a pele do animal, resultando em altas temperaturas superficiais. No entanto, à medida que as perdas evaporativas aumentam, uma grande quantidade de calor é removida da pele pelo processo de evaporação, resfriando o sangue que circula pela superfície do corpo. Ferreira (2016) e Barcari Junior (2001) afirmam que, em bovinos leiteiros sob estresse térmico por calor, ocorre um aumento na sudorese como mecanismo para evitar a hipertermia.

Outro fator a ser mencionado é a frequência respiratória, que representa uma resposta do hipotálamo e do sistema cardiorrespiratório à elevação da temperatura sanguínea, desencadeada por reflexos produzidos pelo aquecimento local da pele do animal (Damasceno, 2020; Barcari Junior, 2001).

Ferreira (2016) e Azevedo et al., (2008) afirmam que a evaporação de uma grama de água durante o processo de respiração do animal consome cerca de 585 calorias.

Legates et al., (1991) relatam que, quando a temperatura ambiente está elevada, os bovinos aumentam a frequência respiratória, e a evaporação e a convecção pelo trato respiratório auxiliam na dissipação do calor corporal e na manutenção do equilíbrio térmico. Assim, as perdas evaporativas são os principais mecanismos para a dissipação de calor em bovinos sob condições de alta temperatura.

Gaughan et al., (1999) afirmam que bovinos leiteiros com uma frequência respiratória entre 20 e 60 movimentos por minuto estão em um ambiente sem estresse térmico, enquanto valores entre 80 e 120 indicam estresse moderado, e valores acima de 120 indicam carga excessiva de calor.

Damasceno (2020) complementa que a observação da frequência respiratória é essencial para avaliar o grau de estresse por calor dos animais, recomendando sua observação em conjunto com a temperatura retal.

Martello (2006), Ferreira (2016) destacam que as temperaturas retais e intravaginais são variáveis fisiológicas que refletem a quantidade de calor acumulada pelos bovinos ao longo do tempo. Quanto maior o estresse térmico, maior será a temperatura retal (TR), que é frequentemente utilizada como indicador de adaptação fisiológica ao calor, sendo que seu

aumento indica que os mecanismos de dissipação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia.

Em ambientes com altas temperaturas, há uma maior perda de água devido ao processo evaporativo constante, o que está relacionado ao aumento da frequência respiratória e da sudorese, exigindo reposição adequada da água perdida (Lanham et al., 1986; Damasceno, 2020).

Martello (2004) evidencia que a temperatura ambiental afeta diretamente a produção de leite em vacas submetidas a estresse térmico por calor, principalmente devido à redução na ingestão de alimentos, à hiperfunção da tireoide e à energia despendida para eliminar o excesso de calor corporal. Vale ressaltar que a diminuição do consumo de alimentos é proporcional ao estresse térmico.

West (2003), em seus estudos sobre os efeitos do estresse calórico na produção de leite, relata que o estresse por calor atua no hipotálamo, estimulando a saciedade e levando à redução do consumo de alimentos durante o dia, com maior ingestão durante a noite, quando as temperaturas são mais amenas.

Ferreira (2016) destaca que é possível identificar bovinos leiteiros sob estresse térmico por calor através de diversos parâmetros observacionais. Estes incluem a presença de ofegação, aumento na transpiração e salivação, bem como uma redução na produção de leite em torno de 10 a 20%. Além disso, há um aumento significativo na ingestão de água, juntamente com uma elevação na frequência respiratória e cardíaca.

West (2003), observou que há uma redução na ingestão de matéria seca. Outro indicador relevante é a temperatura retal, que costuma apresentar valores superiores a 39,1°C em animais sob estresse térmico por calor. Estes sinais clínicos são fundamentais para a detecção precoce e intervenção adequada em casos de estresse térmico em bovinos leiteiros.

Estresse por frio em bovinos leiteiros

O estresse térmico é causado quando a temperatura corporal de um animal está além da sua faixa normal, o que desencadeia em um problema na dissipação do calor, reduzindo as respostas fisiológicas e comportamentais. Embora a alta produção de leite esteja ligada à alta produção de calor nos bovinos leiteiros, o corpo da vaca é capaz de manter e evitar a hipotermia (Armstrong, 1994; Bauman, 1999).

A hipotermia em bovinos é o resultado de estresse por frio extremo. Durante o estresse pelo frio, ocorre a constrição dos vasos sanguíneos para aumentar a produção de calor, de modo a manter a temperatura corporal. A ausência de manutenção da temperatura corporal é o aspecto mais crítico da hipotermia. Existem vários estágios de hipotermia como leve (tremores quando a temperatura central atinge 35°C), moderada (desorientação mental) e a grave causa a morte do animal.

À medida que a hipotermia progride, os processos metabólicos e fisiológicos diminuem e o sangue é desviado das extremidades para proteger os órgãos vitais, de tal forma que as extremidades, como as orelhas e os tetos ficam propensos ao congelamento. Em casos extremos, a respiração e a frequência cardíaca caem, os animais perdem a consciência e morrem (Ouellet et al., 2019; West, 2003).

Bovinos leiteiros, quando submetidos ao estresse calórico por frio, tendem a consumir mais alimento, buscando produzir maior quantidade de calor interno e, assim, aumentar a sua taxa metabólica. No entanto, na presença de baixa temperatura do ar, as vacas mantêm temperatura graças ao seu próprio calor metabólico, de tal modo que é verificado que vacas com maiores produções de leite possuem maior tolerância ao frio, justamente por conta da maior produção de calor metabólico. Outra característica adaptativa ao frio é o desenvolvimento de pelos mais espessos por todo corpo do animal (Bucklin, et al., 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse térmico em vacas leiteiras é uma realidade comum em muitos rebanhos, afetando significativamente sua saúde, reprodução e produção de leite. Agir de forma proativa para minimizar seus efeitos representa tanto um desafio quanto uma oportunidade crucial para os diversos sistemas de produção.

Desta forma, avaliar e ajustar as condições climáticas para os bovinos leiteiros tornou-se uma ferramenta indispensável na gestão da produção. O monitoramento contínuo das variáveis térmicas e a aplicação de medidas para mitigar o estresse térmico são fundamentais para preservar o bem-estar dos animais e otimizar a produção de leite. Em última análise, garantir condições que previnam o estresse térmico, seja pelo calor ou pelo frio, é essencial, dada a magnitude dos impactos que esse fenômeno pode ter na saúde e no desempenho dos animais

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. L. D. Comportamento, produção e qualidade do leite de vacas Holandês-Gir com climatização no curral. **Rev. bras. eng. agric. ambient**, p. 892-899, 2013.

ANDRADE, R.R. **Ambiência e bem-estar animal na produção intensiva de leite em sistemas Compost Barn fechados para a tipologia construtiva e clima do Brasil**. 2021. 158p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021.

ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; FERRAZ, G.A.S.; FREITAS, L.C.S.R.; FERREIRA, C.F.S.; BARBARI, M.; BAPTISTA, F.J.F.; COELHO, D.J.R. Spatial distribution of bed variables, animal welfare indicators, and milk production in a closed compost-bedded pack barn with a negative tunnel ventilation system. **Journal of Thermal Biology**, v.23, p.103111, 2021. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103111.

ARMSTRONG, D. V **Heat stress interaction with shade and cooling**. J. Dairy Sci. 77:2044–2050. 1994.

AZEVEDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 83p. (Série documentos, 188), 2009.

AZEVEDO, D. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 83 p.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto térmico**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269p.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas- revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, p. 1-11, 2004.

BUCKLIN, R. A.; BRAY, D. R.; MARTIN, J. G.; CARLOS, L.; CARVALHO, V. Environmental Temperatures in Florida Dairy Housing. **Applied engineering in agriculture**, v. 25, n. 5, p. 727-735, 2009.

BURGSTALLER, J.; RATH, J.; KUCHLING, S.; MANDL, V.; HUND, A.; KOFLER, J. CLAW health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. **The Veterinary Journal**, v. 216, p. 81-86, 2016.

CALAMARI, L.; BERTONI, G. A review: Model to evaluate welfare in dairy cows farms, Italian. **Journal Animal Science**, v. 8, p. 301-323, 2009.

COOK, N. The Influence of Barn Design on Dairy Cow Hygiene, Lameness and Udder Health. **Proceedings of the 35th American association of Bovine Practitioners Annual Conference**, Rome, Georgia, p. 97-103, 2002.

COSTA, M.J.R.P.; SILVA, L.C.M. **Boas Práticas de Manejo: Leiteiros Bezerros**. 2. ed. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. 51p.

DAMASCENO, F.A. **Compost Barn como uma alternativa para a pecuária leiteira**. 1.ed. Divinópolis: Adelante, 2020. 396p.

DASH, S.; CHAKRAVARTY, A. K.; SINGH, A.; UPADHYAY, A.; SINGH, M.; YOUSUF, S. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: **A review. Veterinary world**, v. 9, n. 3, p. 235, 2016.

DIKMEN, S., and P. J. HANSEN. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment **J. Dairy Sci.** 92:109-116.2009. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>.

FARIA, F.F.; MOURA, D.J.; SOUZA, Z.M.; MATARAZZO, S.V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, v.38, p.2498-2505, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008000900013.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente - para aves, suínos e bovinos**. 3a edição, Aprenda Fácil, 528p, 2016.

LANHAM, J. K.; COPPOCK, C. E.; MILAM, K. Z.; LABORE, J. M.; NAVE, D. H.; STERMER, R. A.; BRASINGTON, C. F. Effects of drinking water temperature on physiological responses of lactating Holstein cows in summer. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v. 69, n. 4, p. 1004-1012, Apr. 1986.

LEGATES J. E, FARTHING B. R., Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. **Journal of Dairy Science**, **74**, **8**, 2491-2500. 1991.

MAIA, L. R.; RODRIGUES, L. B. Health and safety at rural environment: an analysis of work conditions in a milking sector. *Ciência Rural*, v. 42, n. 6, p. 1134-1139, jun. 2012.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. da L. e; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.

NÃÃS, I. A.; ARCARO, I. J. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.139-142, 2001.

NÃÃS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção Animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.

OLIVEIRA, C. E. A.; TINÔCO, I. D. F. F.; DAMASCENO, F. A.; OLIVEIRA, V. C. D.; FERRAZ, G. A. E. S.; SOUSA, F. C. D.; BARBARI, M. Mapping of the Thermal Microenvironment for Dairy Cows in an Open Compost-Bedded Pack Barn System with Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2055, 2022.

OLIVEIRA, C.E.A.; TINÔCO, I.F.F.; DAMASCENO, F.A.; OLIVEIRA, V.C.; RODRIGUES, P.H.M.; FERRAZ, G.A.S.; SOUSA, F.C.; ANDRADE, R.R.; NASCIMENTO, J.A.C.; SILVA, L.F. Air velocity spatial variability in open Compost-Bedded Pack Barn system with positive pressure ventilation. *ANAIAS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS*, v. 95, p. e20220415, 2023. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320220415>. Positive-Pressure Ventilation. **Animals**, v. 12, n. 16, p. 2055, 2022.

RADAVELLI, W.M.; DANIELI, B.; ZOTTI, M.L.A.N.; GOMES, F.J.; ENDRES, M.I.; SCHOGOR, A.L.B. Compost barns in Brazilian Subtropical region (Part 1): facility, barn management and herd characteristics. **Research, Society and Development**, v.9, p.1–22, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5198.

RADAVELLI.M.W. **Caracterização do sistema Compost Barn em regiões subtropicais brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó- SC. 2019.

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate: the biological environment**. John Wiley & Sons, 1983. 495 p.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washigton, v.12, n.2, p. 57-61, 1959.

TITTO, E. A. L. Clima: Influência na produção de leite. **Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**, v. 1, p. 10-23, 1998.

VALENTE, D.A.; SOUZA, C.F.; ANDRADE, R.R.; TINÔCO, I.F.F.; SOUSA, F.C.; ROSSI, G. Comparative analysis of performance by cows confined in different typologies of compost barns. **Agronomy Research**, v.18, p.1547–1555, 2020. DOI 10.15159/AR.20.103.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, **Champaign**,v. 86, n.6 , p. 2131–2144, 2003.

ZIMBELMAN, R. B.; COLLIER, R. J. Heat hits cows sooner than we thought. **Hoard's Dairyman**. v. 25, p. 281, 2011.