

UNILEÃO
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOUTOR LEÃO SAMPAIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

MARIA IZABEL ARAÚJO CARVALHO

**EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUTIVIDADE EM VACAS
LEITEIRAS: Revisão de literatura**

JUAZEIRO DO NORTE - CE
2025

MARIA IZABEL ARAÚJO CARVALHO

**EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUTIVIDADE EM VACAS
LEITEIRAS: Revisão de literatura**

Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo Científico, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Medicina Veterinária do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Medicina Veterinária.

Orientador: Prof. Me. Hilton Alexandre Vidal
Carneiro

MARIA IZABEL ARAÚJO CARVALHO

**EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUTIVIDADE EM VACAS
LEITEIRAS: Revisão de literatura**

Este exemplar corresponde à redação final aprovada do Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Medicina Veterinária do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Medicina Veterinária.

Data da Apresentação: 27/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Me. Hilton Alexandre Vidal Carneiro

Membro: Prof. Dr^a Priscila Teixeira de Souza/ UFCA

Membro: Prof. Me. Roberto Matheus Tavares de Oliveira/ UNILEÃO

JUAZEIRO DO NORTE - CE
2025

EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO NA PRODUTIVIDADE EM VACAS LEITEIRAS: Revisão de literatura

Maria Izabel Araújo Carvalho¹
Hilton Alexandre Vidal Carneiro²

RESUMO

O estresse térmico é um dos principais desafios enfrentados pela bovinocultura leiteira, especialmente em regiões tropicais como o Brasil. Esta revisão de literatura teve como objetivo analisar os efeitos fisiológicos, produtivos, reprodutivos e econômicos do estresse térmico em vacas leiteiras, bem como as estratégias de mitigação mais eficazes. Foi constatado que a exposição a altas temperaturas afeta negativamente a ingestão alimentar, a termorregulação e a eficiência reprodutiva dos animais, refletindo-se diretamente na queda da produção e qualidade do leite. Além disso, os impactos econômicos são expressivos, comprometendo a sustentabilidade da atividade. As estratégias de mitigação incluem medidas ambientais, nutricionais, genéticas e de manejo. Conclui-se que o enfrentamento do estresse térmico demanda ações integradas e adaptadas à realidade produtiva de cada sistema, com foco no bem-estar animal e na produtividade sustentável.

Palavras-chave: Estresse térmico; Produção de leite; Vacas leiteiras; Bem-estar animal

ABSTRACT

Heat stress is one of the main challenges faced by dairy farming, especially in tropical regions such as Brazil. This literature review aimed to analyze the physiological, productive, reproductive, and economic effects of heat stress on dairy cows, as well as the most effective mitigation strategies. Exposure to high temperatures negatively affects feed intake, thermoregulation, and reproductive efficiency, directly impacting milk yield and quality. Furthermore, the economic impacts are significant, compromising the sustainability of dairy production systems. Mitigation strategies include environmental, nutritional, genetic, and management measures. It is concluded that addressing heat stress requires integrated actions tailored to each production system's reality, focusing on animal welfare and sustainable productivity.

Keywords: Heat stress; Milk production; Dairy cows; Animal welfare.

¹Discente do curso de Medicina Veterinária da UNILEÃO. Email: mabelaraujo64@gmail.com

²Docente do curso de Medicina Veterinária da UNILEÃO. Email: hiltonalexandre@leaosampaio.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A produção de leite é uma das atividades mais relevantes da pecuária, representando uma importante fonte de renda para os produtores e desempenhando papel essencial na segurança alimentar da população. No entanto, diversos fatores podem interferir negativamente no desempenho produtivo e reprodutivo dos rebanhos leiteiros, sendo o estresse térmico um dos desafios mais significativos enfrentados, especialmente em regiões de clima tropical e subtropical, como o Brasil (Ferreira; Titto, 2023).

O estresse térmico ocorre quando a carga de calor recebida pelo animal supera sua capacidade de dissipá-la, resultando em alterações fisiológicas, comportamentais e metabólicas que visam manter a homeostase. Em vacas leiteiras, que possuem alto metabolismo e elevada produção endógena de calor, esse fenômeno é ainda mais crítico, podendo comprometer seriamente a produção de leite e o bem-estar animal (Ghosh *et al.*, 2017).

Para compreender e monitorar esse fenômeno, são utilizados diversos indicadores fisiológicos e ambientais, como a temperatura retal, frequência respiratória e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que auxilia na avaliação do conforto térmico (Costa *et al.*, 2023). Quando submetidos a condições ambientais adversas, os animais reduzem o consumo alimentar, o que impacta diretamente no fornecimento de nutrientes essenciais à produção (Da Silva; Vidal, 2021).

Além dos prejuízos fisiológicos, o estresse térmico acarreta consequências econômicas significativas, afetando diretamente a rentabilidade do produtor. A redução na produção, o aumento dos custos com medidas corretivas e a queda na eficiência reprodutiva impactam negativamente os resultados financeiros da atividade leiteira (Daltró *et al.*, 2020). Para enfrentar esses desafios, diversas estratégias de mitigação vêm sendo estudadas e aplicadas, incluindo medidas nutricionais, ambientais e genéticas (Neto *et al.*, 2019).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo revisar a literatura científica sobre o estresse térmico em vacas leiteiras, abordando os aspectos fisiológicos da termorregulação, os principais indicadores de estresse térmico, seus efeitos sobre a produção de leite e reprodução, bem como as implicações econômicas e as estratégias de mitigação mais eficazes utilizadas atualmente na bovinocultura leiteira.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

Esta pesquisa trata-se de uma revisão de literatura, cujo objetivo é analisar os efeitos do estresse térmico na produtividade de vacas leiteiras, com ênfase nos aspectos fisiológicos, produtivos, reprodutivos e econômicos, além das estratégias de mitigação aplicadas na bovinocultura leiteira. Para a coleta de dados, foram utilizadas as bases de dados Google Acadêmico, SciELO, Elsevier e Web of Science, considerando publicações científicas disponíveis no período de 2017 a 2025. Os critérios de inclusão abrangeram a disponibilidade dos artigos nas plataformas consultadas, a publicação dentro do intervalo de tempo estipulado, além da relevância direta dos estudos para a temática proposta, abordando especificamente a relação entre estresse térmico e produtividade em vacas leiteiras. Foram excluídos estudos que tratavam exclusivamente de outras espécies, de bovinos de corte ou de fatores não relacionados ao estresse térmico. Para uma análise ampla e consistente do tema, foram considerados artigos publicados em português e inglês. Os descritores utilizados nas buscas foram: *Estresse térmico*, *Produção de leite*, *Vacas leiteiras*, *Índice de temperatura e umidade*, *Bovinicultura leiteira* e *Termorregulação*.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.2.1 Fisiologia da termorregulação em bovinos

A termorregulação é o conjunto de mecanismos fisiológicos e comportamentais que os bovinos utilizam para manter a temperatura corporal dentro de uma faixa ideal, garantindo o funcionamento adequado dos sistemas orgânicos. Como animais homeotérmicos, os bovinos precisam equilibrar a produção e a perda de calor para manter sua temperatura corporal média estável, que gira em torno de 38,5 °C (Becker; Collier; Stone, 2020). No entanto, fatores ambientais como temperatura ambiente, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento podem interferir nesse equilíbrio, exigindo respostas adaptativas do organismo (Ghosh *et al.*, 2017).

A produção de calor nos bovinos é contínua e resulta de processos metabólicos como digestão, atividade muscular, funcionamento dos órgãos e lactação. Já a perda de calor ocorre por quatro principais vias: condução, convecção, radiação e evaporação (Hoffmann *et al.*, 2020). A condução se dá pela transferência de calor entre o corpo do animal e superfícies mais frias; a convecção ocorre pela movimentação do ar ao redor do corpo; a radiação é a troca de calor com o ambiente por ondas infravermelhas; e a evaporação é a perda de calor pela transpiração e respiração (Polsky; Von Keyserlingk, 2017).

Dentre esses mecanismos, a evaporação é a principal via de dissipação de calor em situações de estresse térmico. Entretanto, pesquisas mostram que os bovinos possuem um número relativamente pequeno de glândulas sudoríparas e uma pelagem densa, o que limita a eficiência da sudorese (Daltro *et al.*, 2020). Assim, em ambientes quentes, os bovinos passam a depender mais da respiração ofegante (aumento da frequência respiratória) para perder calor pela evaporação das vias aéreas superiores, o que também contribui para o aumento do gasto energético (Gupta *et al.*, 2022).

Quando a temperatura ambiente ultrapassa a chamada zona de conforto térmico (geralmente entre 5 °C e 25 °C para vacas leiteiras de alta produção) o organismo do animal entra em estado de alerta. Estudos indicam que o hipotálamo, região do cérebro responsável pela termorregulação, recebe informações de receptores térmicos localizados na pele e nas vísceras e desencadeia respostas fisiológicas para tentar reduzir a carga térmica (Ferreira; Titto, 2023). Entre essas respostas, destacam-se: vasodilatação periférica (aumento do fluxo sanguíneo na pele), sudorese, hiperventilação, redução do consumo de alimentos e aumento da ingestão de água (Garner *et al.*, 2017).

Além disso, pesquisas demonstram que o comportamento do animal também é alterado para auxiliar na termorregulação (Hut *et al.*, 2022). Os bovinos tendem a procurar sombra, ficam mais tempo em pé para aumentar a superfície de troca térmica e reduzem sua atividade física. A diminuição da ingestão de alimentos é uma estratégia para reduzir a produção de calor endógeno, mas ao mesmo tempo prejudica o desempenho produtivo e reprodutivo do animal (Ramón-Moragues *et al.*, 2021).

Outro fator importante é a influência da raça e do grau de adaptação climática. Evidências científicas mostram que raças zebuínas, como a Gir e Guzará, possuem maior tolerância ao calor devido à pele mais pigmentada, maior número de glândulas sudoríparas, pelagem mais rala e eficiente controle respiratório (Gantner *et al.*, 2017). Já raças taurinas de alto potencial produtivo, como a Holandesa e a Jersey, apresentam menor capacidade de adaptação térmica e são mais suscetíveis ao estresse térmico (Costa *et al.*, 2023).

Com a exposição prolongada ao calor, os mecanismos termorregulatórios podem se tornar ineficientes, levando a um desequilíbrio homeostático. Estudos revelam que esse estado de hipertermia pode causar distúrbios fisiológicos, como acidose respiratória, desidratação, aumento da frequência cardíaca, redução da motilidade ruminal e imunossupressão (Becker *et al.*, 2021). Além disso, o excesso de calor compromete a função de diversos sistemas, afetando diretamente o bem-estar e a produtividade dos animais (Sammad *et al.*, 2020a).

2.2.2 Indicadores de estresse térmico

A identificação do estresse térmico em vacas leiteiras pode ser feita por meio de uma combinação de indicadores fisiológicos, comportamentais, produtivos e ambientais (Hoffmann *et al.*, 2020). Esses sinais permitem não apenas diagnosticar o desconforto térmico, mas também avaliar sua gravidade e orientar intervenções no manejo para proteger a saúde e a produtividade dos animais (Polsky; Von Keyserlingk, 2017).

Entre os indicadores fisiológicos, destacam-se o aumento da frequência respiratória, da frequência cardíaca e da temperatura corporal. Estudos demonstram que vacas sob estresse térmico passam a apresentar respiração ofegante (polípnea), muitas vezes com mais de 80 movimentos respiratórios por minuto, como tentativa de perder calor pela via respiratória (Gantner *et al.*, 2017). A temperatura retal, que normalmente varia entre 38,0 °C e 39,3 °C, pode ultrapassar os 40 °C em casos mais graves (Daltro *et al.*, 2020). Pesquisas indicam que a frequência cardíaca também pode se elevar como reflexo do esforço para manter a perfusão sanguínea periférica, favorecendo a dissipação do calor (Becker *et al.*, 2021).

Do ponto de vista comportamental, os bovinos alteram seu padrão de atividades em resposta ao desconforto térmico. Observações científicas mostram que é comum observar maior tempo em pé, diminuição da ruminação, procura por sombra ou áreas ventiladas, aumento do consumo de água e redução significativa na ingestão de alimentos, especialmente de matéria seca (Ramón-Moragues *et al.*, 2021). A permanência prolongada em pé também é uma tentativa de aumentar a área corporal exposta ao ar e facilitar a perda de calor (Hut *et al.*, 2022).

Os indicadores produtivos são evidentes em situações de estresse térmico crônico ou intenso. Estudos comprovam que a produção de leite tende a cair de forma significativa, devido à menor ingestão de alimentos e à priorização de funções fisiológicas de sobrevivência em detrimento da produção (Tao *et al.*, 2020). Além disso, pesquisas revelam que pode haver alterações na

composição do leite, como redução nos teores de gordura, proteína e lactose, o que impacta diretamente na qualidade do produto final (Liu *et al.*, 2017).

Na esfera reprodutiva, o estresse térmico compromete o desempenho reprodutivo das vacas leiteiras. Dados experimentais mostram redução na manifestação de cio, diminuição das taxas de concepção e aumento da taxa de embriões perdidos, especialmente em fêmeas de alta produção (Roth, 2020). Estudos em reprodução animal demonstram que o calor excessivo afeta a função ovariana e o ambiente uterino, dificultando a implantação e o desenvolvimento embrionário (Sammad *et al.*, 2020).

Como ferramenta de apoio ao diagnóstico, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é amplamente utilizado na bovinocultura leiteira (Becker; Collier; Stone, 2020). Esse índice combina a temperatura ambiente com a umidade relativa do ar e fornece uma estimativa do risco de estresse térmico. Pesquisas recentes destacam que o uso de sensores, coleiras inteligentes e estações meteorológicas também vem se tornando mais comum como forma de monitorar em tempo real as condições ambientais e fisiológicas dos animais (Da Silva; Vidal, 2021).

2.2.3 Efeitos do estresse térmico na produção de leite

O estresse térmico é um dos principais fatores ambientais que afetam negativamente a produtividade de vacas leiteiras, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde as altas temperaturas e a umidade relativa do ar permanecem elevadas por longos períodos (Daltro *et al.*, 2020). Bovinos leiteiros, principalmente os de raças taurinas especializadas, como a Holandesa, possuem limitada capacidade de dissipar o calor metabólico, sendo extremamente sensíveis a ambientes com temperaturas superiores a sua zona de conforto térmico, que varia entre 5 °C e 25 °C (Gantner *et al.*, 2017). Quando submetidos a temperaturas acima desse limite, os animais passam a apresentar alterações fisiológicas, comportamentais e metabólicas que impactam diretamente na produção de leite (Becker *et al.*, 2021).

Um dos primeiros efeitos observados é a redução do consumo de matéria seca (CMS), o que compromete o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a síntese do leite (Tao *et al.*, 2020). Essa redução no consumo ocorre como uma estratégia fisiológica de diminuição da produção de calor metabólico (Polsky; Von Keyserlingk, 2017). Como consequência, há queda na produção diária de leite e na sua qualidade, afetando a concentração de sólidos totais, como gordura e proteína (Liu *et al.*, 2017). Em vacas de alta produção, essa

redução pode ser ainda mais acentuada, pois esses animais têm maior exigência energética e menor tolerância ao calor (Ghosh *et al.*, 2017).

Além disso, o estresse térmico altera o metabolismo endócrino dos animais, aumentando a concentração de cortisol (hormônio do estresse) e reduzindo a ação de hormônios como o hormônio do crescimento (GH) e a insulina, fundamentais para o metabolismo energético e para a lactogênese (Gupta *et al.*, 2022). Também há uma redistribuição do fluxo sanguíneo periférico, priorizando a dissipação de calor pela pele em detrimento do fornecimento de oxigênio e nutrientes ao rúmen e às glândulas mamárias, o que prejudica ainda mais a eficiência produtiva (Becker; Collier; Stone, 2020).

O impacto do estresse térmico se estende à função ruminal, que se torna menos eficiente devido à menor ingestão de alimentos e à alteração da flora microbiana, levando à redução da digestibilidade dos nutrientes (Sammad *et al.*, 2020). Em casos mais intensos, o calor pode predispor os animais a distúrbios metabólicos como acidose ruminal, cetose e até deslocamento de abomaso, o que agrava a queda na produção (Hoffmann *et al.*, 2020).

Do ponto de vista comportamental, vacas sob estresse térmico passam mais tempo em pé, buscam sombra, diminuem a ruminância e evitam se alimentar nas horas mais quentes do dia (Ramón-Moragues *et al.*, 2021). Essas mudanças contribuem para um desequilíbrio geral na homeostase do animal e para uma menor eficiência na conversão alimentar (Hut *et al.*, 2022). Como resultado, a produtividade leiteira sofre uma redução significativa e, em situações de estresse térmico crônico, pode ocorrer um comprometimento da curva de lactação ao longo de toda a lactação (Ouellet; Laporta; Dahl, 2020).

O impacto do estresse térmico na produção de leite também se manifesta na qualidade do leite (Da Silva; Vidal, 2021). Diversos estudos demonstram que vacas submetidas a altas temperaturas tendem a produzir leite com menores teores de gordura, proteína e lactose (Liu *et al.*, 2017). A elevação da contagem de células somáticas (CCS), indicativa de mastite subclínica, é mais comum nesses períodos, uma vez que o calor e a umidade favorecem o crescimento de microrganismos patogênicos e comprometem a imunidade do animal (Costa *et al.*, 2023).

Por fim, é importante destacar que os efeitos do estresse térmico na produção de leite não se restringem apenas ao momento da exposição ao calor (Roth, 2020). Há evidências de que vacas que enfrentam estresse térmico durante o período seco (pré-parto) apresentam menor produção de leite na lactação subsequente, além de menor peso ao nascimento e menor desempenho das crias (Hooper *et al.*, 2018). Assim, os efeitos negativos do estresse térmico

podem se prolongar por vários meses, reduzindo o potencial genético do animal e a rentabilidade do sistema produtivo (Neto *et al.*, 2019).

2.2.4 Estresse térmico e reprodução em vacas leiteiras

O estresse térmico é uma das principais causas de perdas econômicas na bovinocultura leiteira, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde as altas temperaturas e a umidade relativa do ar permanecem elevadas por longos períodos (Daltro *et al.*, 2020). Vacas leiteiras, sobretudo as de raças taurinas especializadas, como a Holandesa, possuem limitada capacidade termorregulatória, sendo altamente suscetíveis a ambientes com temperaturas superiores à sua zona de conforto térmico, que varia entre 5 °C e 25 °C (Gantner *et al.*, 2017). Essa limitação compromete não apenas a produtividade, mas também a eficiência reprodutiva dos animais.

As altas temperaturas influenciam negativamente o funcionamento do eixo hipotálamo-hipófise-gônadas, resultando em alterações hormonais que prejudicam o desenvolvimento folicular, a ovulação e a produção de progesterona (Gupta *et al.*, 2022). Consequentemente, há redução nas taxas de detecção de estro, falhas na inseminação artificial e aumento nas taxas de mortalidade embrionária precoce, além de queda nas taxas de concepção (Hoffmann *et al.*, 2020; Polsky; Von Keyserlingk, 2017).

Outro efeito importante do estresse térmico sobre a reprodução é a redistribuição do fluxo sanguíneo periférico, que visa priorizar a dissipação de calor, comprometendo a perfusão uterina e a nutrição do embrião em desenvolvimento (Becker; Collier; Stone, 2020). Essa condição desfavorece o ambiente uterino, tornando-o inadequado para a implantação embrionária e a manutenção da gestação, além de afetar negativamente a qualidade do oócito e do embrião (Liu *et al.*, 2017; Tao *et al.*, 2020).

A elevação crônica da temperatura corporal, associada ao estresse térmico, também tem sido relacionada à diminuição na expressão dos sinais comportamentais do cio e à redução da atividade ovariana cíclica, dificultando a identificação de fêmeas aptas à reprodução (Ramón-Moragues *et al.*, 2021). Em vacas de alta produção, esses efeitos são ainda mais intensos, visto que a maior exigência energética e o menor consumo de matéria seca (CMS) reduzem a disponibilidade de nutrientes essenciais para os processos reprodutivos (Becker *et al.*, 2021; Ghosh *et al.*, 2017).

Além disso, quando o estresse térmico ocorre durante o período seco (pré-parto), os efeitos se estendem à lactação subsequente, com redução da produção de leite e impacto

negativo no desenvolvimento da cria, resultando em bezerros com menor peso ao nascimento e menor desempenho reprodutivo futuro (Hooper *et al.*, 2018; Roth, 2020).

Portanto, o estresse térmico exerce efeitos deletérios significativos sobre a reprodução de vacas leiteiras, tornando essencial a implementação de estratégias de manejo ambiental e nutricional, como a oferta de sombra, sistemas de ventilação e resfriamento, ajustes na dieta e programas reprodutivos adaptados à estação quente, visando mitigar os efeitos do calor e preservar o desempenho zootécnico e reprodutivo dos rebanhos (Santos *et al.*, 2020; Neto *et al.*, 2019).

2.2.5 Impactos econômicos do estresse térmico na bovinocultura leiteira

Os impactos econômicos do estresse térmico na bovinocultura leiteira são significativos, podendo comprometer severamente a rentabilidade da atividade (Becker *et al.*, 2021). Esses prejuízos resultam da combinação de vários fatores: queda na produção de leite, redução na eficiência reprodutiva, aumento da incidência de doenças, aumento nos custos com manejo e infraestrutura, e descarte precoce de animais (Tao *et al.*, 2020).

A redução na produção de leite é um dos efeitos mais imediatos e visíveis (Daltro *et al.*, 2020). Animais em estresse térmico consomem menos alimento, o que afeta diretamente o fornecimento de nutrientes necessários para a síntese láctea (Fabris *et al.*, 2019). A queda na ingestão de matéria seca (IMS) pode ultrapassar 30% em períodos críticos, comprometendo não apenas o volume, mas também a composição do leite, com redução nos teores de gordura, proteína e lactose (Liu *et al.*, 2017). A elevação da contagem de células somáticas, frequentemente associada à mastite, também compromete a qualidade do leite e pode resultar em penalizações por parte dos laticínios (Da Silva; Vidal, 2021).

O impacto reprodutivo mencionado anteriormente também traz reflexos econômicos diretos, como aumento no número de serviços por concepção, necessidade de repetição de protocolos hormonais, maior intervalo entre partos e maior taxa de descarte de vacas inférteis (Roth, 2020). Com isso, há elevação dos custos com insumos reprodutivos, medicamentos, mão de obra especializada e menor produtividade ao longo do tempo (Sammad *et al.*, 2020b).

O estresse térmico também aumenta a suscetibilidade dos animais a doenças infecciosas e metabólicas, como mastite, cetose, acidose ruminal e deslocamento de abomaso, especialmente em vacas de alta produção (Gupta *et al.*, 2022). Essas enfermidades elevam os custos com tratamentos veterinários, reduzem o tempo produtivo das vacas e aumentam os índices de descarte involuntário (Hoffmann *et al.*, 2020).

Além disso, produtores precisam investir em estruturas e equipamentos para mitigar os efeitos do calor, como galpões climatizados, ventiladores, aspersores, nebulizadores, sombreamento artificial e sistemas de resfriamento por evaporação (Polsky; Von Keyserlingk, 2017). Esses investimentos representam um custo inicial alto, além de despesas operacionais constantes com energia, água e manutenção (Becker; Collier; Stone, 2020).

A longo prazo, a exposição contínua ao estresse térmico reduz a longevidade produtiva dos animais, resultando em maior rotatividade no rebanho, maiores custos com reposição e menores taxas de retorno por vaca (Gantner *et al.*, 2017). Assim, o estresse térmico se configura como um fator que compromete a sustentabilidade econômica da produção leiteira, exigindo medidas preventivas e corretivas eficazes (Ghosh *et al.*, 2017).

2.2.6 Medidas de mitigação do estresse térmico

A mitigação do estresse térmico em vacas leiteiras exige um conjunto de estratégias integradas, que envolvem intervenções no ambiente, na nutrição, no manejo e na genética (Hut *et al.*, 2022). O objetivo é manter a temperatura corporal dos animais dentro da faixa de conforto térmico, promovendo seu bem-estar, saúde e desempenho produtivo (Ramón-Moragues *et al.*, 2021).

Do ponto de vista ambiental, uma das principais medidas é o fornecimento de sombra natural (árvores) ou artificial (coberturas, sombrites, abrigos) nas áreas de pastagem (Costa *et al.*, 2023). Em sistemas confinados ou semi-confinados, a climatização das instalações é essencial (Ouellet; Laporta; Dahl, 2020). A utilização de ventiladores, sistemas de aspersão e nebulização (resfriamento evaporativo) ajuda a dissipar o calor do ambiente e do corpo dos animais, principalmente nas salas de espera da ordenha, onde o acúmulo de calor é maior (Neto *et al.*, 2019).

O fornecimento de água em abundância e de boa qualidade é indispensável, já que a ingestão hídrica aumenta significativamente durante o calor (Hooper *et al.*, 2018). A água auxilia na regulação da temperatura corporal e na manutenção da produção de leite (Santos *et al.*, 2020). Bebedouros devem ser estrategicamente posicionados e dimensionados para evitar disputas e garantir acesso a todos os animais (Ferreira; Titto, 2023).

O manejo nutricional também deve ser adaptado (Garner *et al.*, 2017). Dietas com maior densidade energética, balanceadas quanto a proteína degradável e não degradável no rúmen, e enriquecidas com antioxidantes (como vitamina E, selênio e betacaroteno) são indicadas (Becker *et al.*, 2021). Além disso, pode-se reduzir a fibra de baixa digestibilidade e suplementar

com alimentos de alta palatabilidade para estimular o consumo (Daltro *et al.*, 2020). O fornecimento dos alimentos em horários mais frescos do dia (manhã e fim de tarde) também favorece a ingestão (Tao *et al.*, 2020).

No aspecto genético, a seleção de animais mais adaptados ao calor pode ser uma estratégia a longo prazo (Gantner *et al.*, 2017). O cruzamento entre raças taurinas de alta produção e raças zebuínas, como a Girolando, tem sido utilizado com sucesso no Brasil, pois esses animais apresentam maior tolerância térmica sem comprometer tanto a produtividade (Ghosh *et al.*, 2017).

O uso de índices como o ITU (Índice de Temperatura e Umidade) permite o monitoramento contínuo das condições ambientais, possibilitando a adoção de medidas preventivas antes que os efeitos do estresse térmico se instalem (Hoffmann *et al.*, 2020). Além disso, o treinamento da equipe para reconhecer sinais clínicos de estresse térmico e adotar ações imediatas é crucial para evitar perdas (Polsky; Von Keyserlingk, 2017).

Portanto, a adoção de medidas de mitigação deve ser planejada conforme o sistema de produção, clima da região e categoria dos animais (Da Silva; Vidal, 2021). A integração entre ambiência, nutrição, genética e manejo é essencial para garantir a sustentabilidade da atividade leiteira frente aos desafios do aquecimento global e da intensificação produtiva (Becker; Collier; Stone, 2020).

3 CONCLUSÃO

O estresse térmico é um fator limitante significativo para a produção leiteira em climas quentes, impactando diretamente o desempenho fisiológico, produtivo e reprodutivo das vacas. A resposta do organismo ao calor excessivo desencadeia alterações que comprometem a homeostase, reduzindo o consumo alimentar, a eficiência ruminal, a qualidade do leite e os índices reprodutivos. Além disso, os efeitos negativos se estendem à esfera econômica, aumentando os custos com manejo e infraestrutura e diminuindo a rentabilidade da atividade. A adoção de estratégias integradas de mitigação (envolvendo ambiência, nutrição, genética e manejo) é fundamental para reduzir os impactos do estresse térmico. Tais medidas devem ser adaptadas às condições específicas de cada propriedade, visando não apenas a melhoria do desempenho produtivo, mas também o bem-estar dos animais e a sustentabilidade da bovinocultura leiteira frente às mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- BECKER, C. A. *et al.* Predicting dairy cattle heat stress using machine learning techniques. **Journal of dairy science**, v. 104, n. 1, p. 501-524, 2021.
- BECKER, C. A.; COLLIER, R. J.; STONE, A. E. Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 103, n. 8, p. 6751-6770, 2020.
- COSTA, Dayana Alves *et al.* Efeito da sazonalidade sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas leiteiras mestiças ao clima amazônico equatorial. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, p. e-73559E, 2023.
- DA SILVA, Caroline Matos; VIDAL, Ana Maria Centola. A influência do conforto térmico de vacas leiteiras sobre a composição do leite. **Coletânea Bem-Estar Animal, Inovação e Tecnologia: Atualidades**, v. 13635, p. 51, 2021.
- DALTRO, A. M. *et al.* Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, v. 26, n. 1, 2020. Disponível em: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/666>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- DALTRO, Andressa Machado *et al.* Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 288-311, 2020.
- FABRIS, Thiago F. *et al.* Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 6, p. 5647-5656, 2019.
- FERREIRA, Manoel Carlos Souza; TITTO, Cristiane Gonçalves. Consequências do estresse térmico em vacas leiteiras lactantes. **Zootecnia Sustentável: Desde os Primórdios Até os Dias Atuais**, v. 13635, p. 227, 2023.
- GANTNER, Vesna *et al.* Differences in response to heat stress due to production level and breed of dairy cows. **International journal of biometeorology**, v. 61, p. 1675-1685, 2017.
- GARNER, J. B. *et al.* Responses of dairy cows to short-term heat stress in controlled-climate chambers. **Animal Production Science**, v. 57, n. 7, p. 1233-1241, 2017.
- GHOSH, C. P.; KESH, S. S.; TUDU, N. K.; DATTA, S. Heat Stress in Dairy Animals - Its Impact and Remedies: A Review. **Int. J. Pure App. Biosci.**, v. 5, n. 1, p. 953-965, 2017.
- GUPTA, Shruti *et al.* The impact of heat stress on immune status of dairy cattle and strategies to ameliorate the negative effects. **Animals**, v. 13, n. 1, p. 107, 2022.
- HOFFMANN, Gundula *et al.* Animal-related, non-invasive indicators for determining heat stress in dairy cows. **Biosystems Engineering**, v. 199, p. 83-96, 2020.
- HOOPER, Henrique Barbosa *et al.* Conforto térmico de vacas leiteiras mestiças durante a inseminação e a relação com a taxa de concepção. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 16, p. 1-10, 2018.

HUT, P. R. *et al.* Heat stress in a temperate climate leads to adapted sensor-based behavioral patterns of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 8, p. 6909-6922, 2022.

LIU, Z. *et al.* Heat stress in dairy cattle alters lipid composition of milk. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 961, 2017.

NETO, Carlos Cezar Borba *et al.* Produção leiteira de vacas em manejo semi-extensivo e sua relação com o estresse térmico. **Anais da Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)** - e-ISSN 2316-7165, v. 1, n. 12, 2019.

OUELLET, V.; LAPORTA, J.; DAHL, G. E. Late gestation heat stress in dairy cows: effects on dam and daughter. **Theriogenology**, v. 150, p. 471-479, 2020.

POLSKY, Liam; VON KEYSERLINGK, Marina AG. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of dairy science**, v. 100, n. 11, p. 8645-8657, 2017.

RAMÓN-MORAGUES, Adrián *et al.* Dairy cows activity under heat stress: A case study in Spain. **Animals**, v. 11, n. 8, p. 2305, 2021.

ROTH, Zvi. Effect of heat stress on reproduction in dairy cows: insights into the cellular and molecular responses of the oocyte. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 5, n. 1, p. 151-170, 2017.

ROTH, Zvi. Influence of heat stress on reproduction in dairy cows—Physiological and practical aspects. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. Supplement_1, p. S80-S87, 2020.

SAMMAD, Abdul *et al.* Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 104, n. 4, p. 978-986, 2020.

SAMMAD, Abdul *et al.* Nutritional physiology and biochemistry of dairy cattle under the influence of heat stress: Consequences and opportunities. **Animals**, v. 10, n. 5, p. 793, 2020.

SANTOS, Dayane Aparecida *et al.* Perfil da propriedade rural em diferentes bacias leiteiras e sua influência no desempenho zootécnico da atividade. **Pubvet**, v. 15, p. 143, 2020.

TAO, Sha *et al.* Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. **Theriogenology**, v. 150, p. 437-444, 2020.