



Efeito do Estresse Térmico na Reprodução de Vacas Leiteiras: Impactos Hormonais e Estratégias de Mitigação

Effect of Heat Stress on the Reproduction of Dairy Cows: Hormonal Impacts and Mitigation Strategies

Beatriz Rossetti Sendin

Paola Almeida de Araujo Goes

Resumo: A bovinocultura leiteira é uma atividade essencial para a economia agropecuária, mas enfrenta desafios decorrentes do estresse térmico, que compromete a eficiência produtiva e reprodutiva das vacas leiteiras. Esse fenômeno resulta em alterações metabólicas e hormonais que afetam a fertilidade dos animais, exigindo estratégias eficazes de mitigação. O objetivo geral desta pesquisa foi identificar métodos para reduzir os impactos do estresse térmico em vacas leiteiras, visando garantir maior eficiência reprodutiva e produtiva. A metodologia utilizada foi a revisão bibliográfica, com base em estudos sobre reprodução bovina, bem-estar animal e manejo térmico. Os resultados destacam que estratégias como sistemas de resfriamento, sombreamento adequado e ajustes nutricionais são fundamentais para minimizar os efeitos do calor. Além disso, biotecnologias reprodutivas, como a inseminação artificial em tempo fixo e a transferência de embriões, mostram-se eficazes para preservar a fertilidade dos rebanhos. O bem-estar animal também desempenha um papel crucial, pois ambientes adequados reduzem distúrbios metabólicos e aumentam a produtividade. Conclui-se que a adoção de práticas integradas de manejo, nutrição e tecnologia é essencial para garantir a sustentabilidade da pecuária leiteira frente aos desafios climáticos, promovendo melhores índices produtivos e econômicos no setor.

Palavras-chave: bem-estar animal; manejo térmico; reprodução bovina; nutrição estratégica; biotecnologias reprodutivas.

Abstract: Dairy farming is an essential activity for the agricultural economy but faces challenges due to heat stress, which compromises the productive and reproductive efficiency of dairy cows. This phenomenon leads to metabolic and hormonal changes that affect animal fertility, requiring effective mitigation strategies. The general objective of this research was to identify methods to reduce the impacts of heat stress on dairy cows, aiming to ensure greater reproductive and productive efficiency. The methodology used was a bibliographic review based on studies on bovine reproduction, animal welfare, and thermal management. The results highlight that strategies such as cooling systems, adequate shading, and nutritional adjustments are fundamental to minimizing the effects of heat. Additionally, reproductive biotechnologies, such as fixed-time artificial insemination and embryo transfer, have proven effective in preserving herd fertility. Animal welfare also plays a crucial role, as adequate environments reduce metabolic disorders and increase productivity. It is concluded that the adoption of integrated management, nutrition, and technology practices is essential to ensure the sustainability of dairy farming in the face of climate challenges, promoting better productive and economic indices in the sector.

Keywords: animal welfare; thermal management; bovine reproduction.

INTRODUÇÃO

A bovinocultura leiteira desempenha um papel fundamental na economia agropecuária, fornecendo produtos essenciais para a alimentação humana. Contudo, a eficácia produtiva e reprodutiva das vacas leiteiras pode ser significativamente impactada por fatores ambientais, como o estresse térmico. Esse fenômeno ocorre quando a temperatura ambiente excede a capacidade fisiológica dos animais de dissipar calor, resultando em alterações metabólicas, comportamentais e hormonais que comprometem sua saúde e desempenho (Dalton, 2014).

Sendo observado também que ele afeta diretamente a reprodução das vacas leiteiras, reduzindo a taxa de concepção, aumentando a perda embrionária e prolongando os intervalos entre partos. Além disso, as alterações hormonais induzidas pelo calor podem prejudicar a qualidade dos oócitos e a eficiência reprodutiva do rebanho. Segundo Borges *et al.* (2015), a relação entre metabolismo e reprodução em bovinos leiteiros é complexa e envolve múltiplos fatores fisiológicos e ambientais, exigindo estratégias de manejo que minimizem os impactos negativos das altas temperaturas.

Outro aspecto crucial é o bem-estar animal, que influencia diretamente a produtividade e a reprodução das vacas leiteiras. Ambientes inadequados, sem medidas de mitigação do estresse térmico, resultam em menor produção de leite e maior incidência de distúrbios reprodutivos. De acordo com Da Costa e Ceballos (2021), a promoção do bem-estar animal não apenas melhora a eficiência produtiva, mas também traz benefícios econômicos e sociais para os produtores, tornando-se uma estratégia essencial na bovinocultura leiteira.

Compreender os mecanismos fisiológicos e hormonais envolvidos no estresse térmico é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação. Conforme apontado por Silva (2022), a fisiologia da reprodução de bovinos leiteiros é altamente sensível às variações ambientais, exigindo uma abordagem integrada que contemple o monitoramento das condições climáticas e a implementação de tecnologias que favoreçam o conforto térmico dos animais.

Tendo isso em vista, essa pesquisa tem como objetivo geral identificar estratégias que podem ser utilizadas para evitar o estresse térmico em vacas leiteiras. Para isso, os objetivos específicos incluem compreender o processo reprodutivo das vacas leiteiras, analisar a ocorrência do estresse térmico nesses animais e avaliar a importância do bem-estar animal para a produtividade leiteira, buscando então contribuir para o aprimoramento das práticas de manejo na bovinocultura leiteira, proporcionando maior eficiência reprodutiva e produtiva em sistemas de criação sujeitos a desafios térmicos.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Processo de Reprodução de Vacas Leiteiras na Indústria

O processo de reprodução de vacas leiteiras na indústria é essencial para a manutenção da produção e eficiência do setor. A reprodução regular garante um fluxo contínuo de lactação, o que impacta diretamente a produtividade e a rentabilidade das propriedades leiteiras (Moraes; De Souza, 2020). Dessa forma, o manejo reprodutivo é planejado para maximizar a taxa de concepção e reduzir os períodos de intervalo entre partos, otimizando o desempenho dos rebanhos.

A inseminação artificial é amplamente utilizada na indústria leiteira por permitir a seleção criteriosa de reprodutores, aumentando a eficiência genética e produtiva dos rebanhos (Borges *et al.*, 2015). Esse método consiste na introdução de sêmen de touros geneticamente superiores no trato reprodutivo das vacas em momento oportuno do ciclo estral. A detecção precisa do estro e o controle hormonal são fundamentais para o sucesso desse procedimento, evitando falhas na concepção e melhorando os índices reprodutivos (Gomes; Neves; Michelini, 2009).

Outro aspecto relevante na reprodução de vacas leiteiras é o impacto do metabolismo na fertilidade. A alta demanda energética para a produção de leite pode comprometer a eficiência reprodutiva, resultando em anestro e baixa taxa de concepção (Borges *et al.*, 2021). O balanço energético negativo pós-parto é um dos principais desafios enfrentados pelos produtores, exigindo estratégias nutricionais adequadas para minimizar seus efeitos adversos. O fornecimento de dietas balanceadas e manejo alimentar adequado são fundamentais para garantir a recuperação da condição corporal e melhorar a taxa de prenhez dos animais (Ferreira, 2022).

Além da nutrição, o período seco também influencia significativamente a reprodução das vacas leiteiras. Esse intervalo entre a última lactação e o próximo parto é essencial para a recuperação fisiológica da glândula mamária e o sucesso da gestação subsequente (Caetano; Júnior; Zmieski, 2014). Estudos demonstram que a duração inadequada desse período pode afetar negativamente a fertilidade e a produção leiteira futura. O manejo correto desse intervalo, aliado a práticas reprodutivas eficientes, contribui para a sustentabilidade da produção e para a longevidade produtiva das vacas no sistema leiteiro.

Outro fator determinante no sucesso reprodutivo é o controle de doenças que afetam o trato reprodutivo e a produção de leite. A mastite subclínica, por exemplo, tem sido associada a uma redução na eficiência reprodutiva, aumentando os intervalos entre partos e diminuindo a taxa de prenhez (Barbosa, 2013). A adoção de medidas preventivas, como o controle higiênico na ordenha e o uso de terapias adequadas, são essenciais para minimizar os impactos dessas enfermidades. A sanidade do rebanho é, portanto, um fator crucial para assegurar bons índices reprodutivos e a manutenção da produtividade leiteira.

Além disso, o controle hormonal também é amplamente utilizado para melhorar a eficiência reprodutiva das vacas leiteiras. Protocolos baseados na administração de hormônios como a progesterona e o estradiol permitem sincronizar o ciclo estral e aumentar a taxa de concepção (Da Silva, 2022). Essas estratégias são especialmente úteis para rebanhos de grande porte, onde a detecção natural do estro pode ser dificultada, sendo que a reprodução programada possibilita um maior planejamento da produção e otimiza a gestão do rebanho, tornando o processo mais eficiente e previsível.

Conforme observado, são diversos os fatores que influenciam no processo reprodutivo, e mediante a isso a adoção de práticas adequadas contribui para a eficiência reprodutiva e, conseqüentemente, para a sustentabilidade da produção leiteira (Moraes; De Souza, 2020), além dos fatores citados acima também é observado o impacto do estresse térmico na reprodução e na saúde das vacas leiteiras.

O Estresse Térmico e o seu Impacto na Reprodução

O estresse térmico é uma condição fisiológica adversa que ocorre quando um organismo é incapaz de dissipar o calor gerado pelo metabolismo ou absorvido do ambiente, comprometendo suas funções biológicas normais. Esse fenômeno é especialmente relevante na pecuária leiteira, pois afeta diretamente a produtividade e o bem-estar dos animais. Quando expostos a temperaturas elevadas, os bovinos ativam mecanismos fisiológicos para dissipar o calor excessivo, como o aumento da taxa respiratória e da sudorese, porém, quando esses mecanismos não são suficientes, ocorre o estresse térmico (Pegorini, 2011). As vacas leiteiras, por apresentarem alta produção metabólica, são particularmente suscetíveis a esse fenômeno, o que pode resultar em perdas significativas para a indústria leiteira.

O estresse térmico pode ser classificado em calórico agudo e crônico, cada um com efeitos distintos sobre a fisiologia animal. O estresse térmico calórico agudo ocorre quando os bovinos são expostos a picos de temperatura elevados em um curto período de tempo, levando a respostas fisiológicas imediatas, como a vasodilatação e o aumento da frequência respiratória (Fialho *et al.*, 2018). Esse tipo de estresse é comum em situações de ondas de calor repentinas, onde os animais não têm tempo suficiente para se adaptar. Já o estresse térmico crônico se estabelece quando a exposição ao calor excessivo ocorre de maneira contínua, provocando alterações metabólicas e hormonais que podem comprometer a eficiência produtiva e reprodutiva dos animais (Pegorini, 2011).

A ocorrência do estresse térmico calórico agudo está diretamente associada a mudanças bruscas nas condições ambientais, especialmente em regiões com clima tropical e subtropical. Durante esses episódios, os bovinos apresentam sinais evidentes de desconforto térmico, como a busca por sombra e o aumento da ingestão de água (Fialho *et al.*, 2018). Além disso, há uma elevação da temperatura corporal, que pode desencadear quadros de hipertermia se não forem adotadas medidas de mitigação. Em situações extremas, esse tipo de estresse pode levar à exaustão térmica e até à morte dos animais, tornando essencial a implementação de estratégias para reduzir seus impactos.

Por outro lado, o estresse térmico crônico se desenvolve gradualmente e tem efeitos cumulativos sobre o metabolismo e a homeostase dos bovinos. Em rebanhos leiteiros de alta produção, esse fenômeno compromete a ingestão de alimentos, reduzindo a disponibilidade de nutrientes essenciais para a lactação e a reprodução (Pegorini, 2011).

Entre os principais efeitos do estresse térmico na reprodução, destaca-se a interferência nos hormônios reprodutivos, como a progesterona e o estradiol, fundamentais para a ovulação e manutenção da gestação (Silva, 2022). Sob condições de calor excessivo, há uma redução na secreção desses hormônios, comprometendo o desenvolvimento folicular e a qualidade dos oócitos. Como consequência, observa-se uma menor taxa de fertilização e um aumento da incidência de falhas reprodutivas, tornando-se um desafio para a manutenção da eficiência produtiva das propriedades leiteiras (Rocha *et al.*, 2012).

O impacto do estresse térmico também se reflete na viabilidade embrionária, uma vez que a exposição prolongada ao calor reduz a capacidade de implantação do embrião e aumenta a taxa de perdas gestacionais (Peiter; Strege; De Souza Rosa, 2024). Estudos indicam que a elevação da temperatura corporal materna prejudica o ambiente uterino, comprometendo o desenvolvimento embrionário nas fases iniciais da gestação. Além disso, a deficiência na vascularização placentária resulta em menor suprimento de nutrientes para o feto, o que pode levar a abortos espontâneos ou ao nascimento de bezerros com baixo peso (Motta Neto, 2017).

Outro fator crítico é a redução na expressão do estro, dificultando a identificação do momento ideal para a inseminação artificial e comprometendo a eficiência dos protocolos reprodutivos (Manenti *et al.*, 2023). Vacas submetidas ao estresse térmico tendem a apresentar ciclos irregulares, anovulação e menor manifestação de sinais de cio, tornando o manejo reprodutivo mais desafiador. Isso leva a um aumento no intervalo entre partos e à necessidade de múltiplas inseminações para obtenção da prenhez, elevando os custos de produção e reduzindo a sustentabilidade do sistema leiteiro (Manske *et al.*, 2016).

A saúde geral das vacas leiteiras também é afetada pelo estresse térmico, com consequências indiretas para a reprodução. Animais em condições de calor extremo apresentam menor consumo de alimentos, o que compromete o balanço energético e resulta em perda de condição corporal (Daltro *et al.*, 2020). Esse déficit nutricional impacta negativamente a função ovariana e a produção hormonal, reduzindo ainda mais a taxa de concepção. Além disso, vacas em estresse térmico apresentam maior suscetibilidade a doenças metabólicas e infecciosas, o que agrava os problemas reprodutivos e compromete a longevidade produtiva do rebanho.

METODOLOGIA E OBJETIVO

A metodologia adotada para a realização da pesquisa baseia-se em uma revisão bibliográfica e na aplicação do método dedutivo. A revisão bibliográfica, conforme descrita por Gil (2020), é uma etapa fundamental no processo de

elaboração de pesquisas científicas, consistindo na busca, seleção, análise e síntese de materiais bibliográficos relevantes sobre o tema de estudo. O objetivo desse meio de pesquisa é conhecer o estado da arte, identificar lacunas no conhecimento existente e embasar teoricamente a pesquisa. A revisão não se limita apenas a compilar informações, mas envolve também uma análise crítica e síntese dos principais pontos abordados pelos autores.

O processo de coleta de dados incluiu a utilização das bases Google Acadêmico, SciELO, Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science, EMBRAPA, PUBMED e CAPES, tendo como recorte temporal o ano de 2009 até 2025, possibilitando abranger as principais referências e então a importância do tema ao decorrer do tempo e na atualidade.

Na escolha dos materiais, foram estabelecidos critérios de inclusão claros. Priorizou-se documentos publicados em língua portuguesa e inglesa, tanto pela acessibilidade quanto pela facilidade de compreensão dos conteúdos. Além disso, os materiais selecionados abordam diretamente o tema central da pesquisa, sendo relevantes para a compreensão das estratégias analisadas.

Na escolha dos materiais, foram estabelecidos critérios de inclusão claros. Priorizou-se documentos publicados em língua portuguesa, tanto pela acessibilidade quanto pela facilidade de compreensão dos conteúdos. Além disso, os materiais selecionados abordam diretamente o tema central da pesquisa, sendo relevantes para a compreensão das estratégias analisadas. A seguir, são apresentados os critérios utilizados no processo de seleção.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O Bem-Estar Animal em Vacas Leiteiras e o Impacto na Produção

O bem-estar animal é um fator determinante para a eficiência produtiva na bovinocultura leiteira, influenciando diretamente a qualidade e a quantidade de leite produzido. Condições inadequadas de manejo podem resultar em estresse, comprometendo o desempenho fisiológico e imunológico das vacas (De Almeida; Junior; Camargo, 2020). O conceito de bem-estar animal envolve aspectos relacionados à saúde, nutrição, comportamento e conforto, garantindo que os bovinos possam expressar seus comportamentos naturais e minimizar situações de sofrimento (Fonseca *et al.*, 2024). Dessa forma, proporcionar condições adequadas é essencial para manter a sustentabilidade da atividade leiteira e promover ganhos econômicos aos produtores.

A relação entre bem-estar animal e produtividade é amplamente estudada e evidencia que vacas submetidas a melhores condições ambientais apresentam maior produção leiteira, sendo que o estresse gerado por instalações inadequadas, manejo incorreto e interações humanas negativas pode comprometer o consumo alimentar e o desempenho metabólico dos animais (Ferreira *et al.*, 2013). Além disso, ambientes desfavoráveis favorecem o desenvolvimento de doenças, como

mastite e claudicação, resultando em maiores custos com tratamento e redução da longevidade produtiva dos bovinos (Santos; Neves; Ribeiro, 2021).

Outro aspecto relevante é o impacto do enriquecimento ambiental na qualidade de vida das vacas leiteiras, estratégias como o fornecimento de espaços amplos, cama confortável e estímulos comportamentais contribuem para a redução de comportamentos estereotipados e agressivos (Souza, 2023). Bovinos que possuem maior liberdade para se movimentar e interagir com o ambiente apresentam menores níveis de cortisol, hormônio associado ao estresse (Ribeiro; Copovilla, 2023). Dessa forma, o enriquecimento ambiental surge como uma alternativa viável para otimizar a produção leiteira sem comprometer o bem-estar animal.

Figura 1 - Vaca utilizando escova automática instalada em seu ambiente, como estímulo sensorial.



Fonte: Acervo Rehagro.

Figura 2 - Animais recebendo aspersão na linha de cocho em sistema de Compost Barn.



Fonte: Acervo Rehagro.

A promoção do bem-estar animal também está diretamente relacionada à segurança alimentar e à qualidade do leite, Segundo Da Costa e Ceballos (2021), vacas expostas a ambientes estressantes apresentam maiores níveis de contaminação microbiana no leite, o que reduz sua qualidade e pode representar riscos à saúde dos consumidores.

A composição do leite é sensível às condições ambientais e ao manejo dos animais. Estudos indicam que o estresse térmico, a superlotação e a falta de conforto afetam negativamente a produção e a qualidade do leite (Fonseca *et al.*, 2024). O leite de vacas submetidas a condições adversas pode apresentar menor teor de proteínas e gorduras, além de um aumento na presença de hormônios do estresse, que influenciam negativamente suas propriedades nutricionais e tecnológicas (Silva *et al.*, 2022). Dessa forma, estratégias que garantam o conforto térmico e o manejo adequado dos animais são essenciais para assegurar a qualidade do leite.

O bem-estar animal também impacta a segurança alimentar, uma vez que condições inadequadas podem favorecer o desenvolvimento de mastite e outras doenças infecciosas, comprometendo a qualidade microbiológica do leite (Oliveira *et al.*, 2023). A mastite, por exemplo, é uma das principais causas do aumento na contagem de células somáticas no leite, o que pode levar à redução de sua qualidade e aceitação no mercado. Além disso, a utilização excessiva de antibióticos para tratar infecções decorrentes de más condições de manejo pode resultar na presença de resíduos no leite, tornando-o inadequado para o consumo humano (Martins *et al.*, 2020).

Além dos aspectos produtivos, a questão do bem-estar animal está cada vez mais inserida nas discussões sobre sustentabilidade e responsabilidade social. O crescente interesse dos consumidores por produtos oriundos de sistemas que respeitem o bem-estar dos animais tem impulsionado mudanças no setor agropecuário (Santos; Neves; Ribeiro, 2021). O aprimoramento das práticas de manejo, aliado ao uso de tecnologias voltadas para o monitoramento do comportamento e saúde dos bovinos, é uma estratégia fundamental para atender às demandas da sociedade e garantir a longevidade da atividade leiteira (De Almeida; Junior; Camargo, 2020). Nesse sentido, a incorporação de boas práticas não apenas favorece a qualidade de vida dos animais, mas também reflete diretamente na percepção de valor dos produtos lácteos no mercado consumidor, agregando competitividade ao setor (Santos; Neves; Ribeiro, 2021).

Figura 3 - Vaca leiteira em estresse térmico pelo calor. Note: boca aberta, língua para fora e aumento de salivação.



Fonte: Acervo Rehagro.

Do ponto de vista econômico, o investimento em bem-estar animal impacta diretamente na rentabilidade dos produtores. Animais mais saudáveis e menos estressados apresentam maior eficiência alimentar e menor necessidade de intervenções veterinárias, reduzindo os custos de produção (Da Costa; Ceballos, 2021). Além disso, o manejo adequado e o uso de tecnologias permitem otimizar o desempenho produtivo dos bovinos, promovendo um melhor aproveitamento dos recursos e aumentando a produtividade por animal (Ferreira *et al.*, 2013). Assim, a pecuária leiteira se beneficia de um ciclo produtivo mais eficiente, com menor desperdício de insumos e maior previsibilidade nos resultados financeiros (Da Costa; Ceballos, 2021).

A sustentabilidade econômica da pecuária leiteira está diretamente relacionada à adoção de práticas que garantam a longevidade dos animais e a eficiência do sistema produtivo. A adoção de boas práticas de manejo minimiza as perdas decorrentes de baixas taxas reprodutivas e descarte precoce de animais, garantindo maior retorno financeiro ao longo do ciclo produtivo (Ferreira *et al.*, 2013). Adicionalmente, a valorização do bem-estar animal contribui para o acesso a mercados que exigem certificações de qualidade e sustentabilidade, abrindo novas oportunidades comerciais e promovendo um modelo de produção mais resiliente às oscilações do mercado (Santos; Neves; Ribeiro, 2021).

No aspecto ambiental, a melhoria no bem-estar animal também desempenha um papel relevante na redução dos impactos da pecuária leiteira. O manejo adequado reduz a emissão de gases de efeito estufa, uma vez que animais mais saudáveis e produtivos tendem a ter um ciclo de vida mais eficiente, reduzindo a pegada de carbono da produção (De Almeida; Junior; Camargo, 2020). Além disso, práticas sustentáveis, como o uso de alimentação balanceada e manejo adequado dos dejetos, contribuem para a mitigação de impactos ambientais e reforçam o compromisso da pecuária leiteira com a preservação dos recursos naturais (Da Costa; Ceballos, 2021).

É importante ressaltar que, um dos fatores que mais afetam o bem-estar das vacas leiteiras é justamente o estresse térmico, sendo que a implementação de medidas para controlar o estresse térmico é essencial para assegurar a saúde dos animais e otimizar a produção leiteira. Assim, práticas de manejo que promovam o bem-estar animal, com ênfase no controle do estresse térmico, são fundamentais para garantir a qualidade do leite e a rentabilidade da produção (Peiter *et al.*, 2024).

Diante disso, é evidente que a promoção do bem-estar animal nas fazendas leiteiras é essencial para otimizar a produtividade, garantir a qualidade do leite e atender às exigências do mercado. O investimento em condições adequadas de alojamento, manejo e interação humano-animal contribui para a redução do estresse e o aumento da eficiência produtiva dos rebanhos (Ribeiro; Copovilla, 2023).

Estratégias para a Reprodução de Vacas Leiteiras e a Mitigação do Estresse Térmico

O estresse térmico em vacas leiteiras é um dos maiores desafios enfrentados pela pecuária, especialmente em regiões de clima quente. Esse estresse não só afeta a saúde dos animais, mas também compromete sua eficiência reprodutiva, prejudicando a produtividade leiteira, sendo que a implementação de estratégias eficazes para mitigar os efeitos do calor excessivo tem se mostrado essencial para melhorar a reprodução dessas vacas e garantir a sustentabilidade da produção. Segundo Ribeiro (2024), o controle do estresse térmico é uma prioridade no manejo de vacas leiteiras, e a utilização de sistemas adequados de conforto térmico, como o *compost barn*, tem se mostrado eficaz nesse contexto.

Uma das estratégias mais promissoras para mitigar o estresse térmico é o uso de sistemas de climatização adequados, como o sombreamento e o resfriamento artificial. Rodrigues *et al.* (2010) destacam que essas tecnologias proporcionam um ambiente mais confortável para os animais, permitindo que eles mantenham uma temperatura corporal estável. O sombreamento, por exemplo, oferece uma proteção contra a radiação solar direta, enquanto os sistemas de resfriamento por ventilação e nebulização ajudam a reduzir a temperatura ambiente. Essas práticas têm um impacto positivo no conforto térmico das vacas e, conseqüentemente, na sua saúde reprodutiva.

Além disso, a nutrição é um dos pilares fundamentais para o bem-estar das vacas leiteiras, especialmente quando se trata de mitigar os efeitos do estresse térmico. O manejo adequado da alimentação não apenas assegura a saúde geral do animal, mas também pode ter um impacto direto na sua eficiência reprodutiva e na produção de leite. Jimenez Filho (2013) enfatiza que a dieta das vacas leiteiras deve ser cuidadosamente ajustada, levando em consideração o estresse térmico, para manter o equilíbrio energético e promover a saúde reprodutiva. Durante períodos de calor intenso, as vacas frequentemente apresentam uma redução na ingestão de alimentos, o que pode levar a uma diminuição nos nutrientes essenciais, afetando a produção e a qualidade do leite.

Em condições de estresse térmico, as vacas leiteiras podem enfrentar uma série de desafios fisiológicos, como a redução no consumo de ração e alterações no metabolismo. Ribeiro (2024) observa que a escolha de rações que atendam às necessidades nutricionais do animal durante o estresse térmico é crucial para minimizar esses efeitos adversos. Rações ricas em fibras e com um balanceamento adequado de carboidratos, proteínas, vitaminas e minerais são fundamentais para garantir que as vacas mantenham sua produtividade, mesmo em condições de calor excessivo. A fibra ajuda na digestão e na manutenção do bom funcionamento ruminal, o que é especialmente importante para vacas em períodos de estresse térmico.

Além disso, Jimenez Filho (2013) sugere que a inclusão de ingredientes com alto teor de energia digestível, como grãos e subprodutos de cereais, pode ajudar a compensar a menor ingestão de ração causada pelo estresse térmico. Esses ingredientes são eficientes na oferta de energia rápida para os animais, crucial para manter sua produção de leite e suportar a função reprodutiva. No entanto, é importante que a dieta também seja balanceada em termos de proteína, pois vacas com deficiência proteica podem sofrer com a redução da produção de leite e com a queda da fertilidade, o que é particularmente prejudicial durante períodos de calor intenso.

A suplementação de minerais e vitaminas também desempenha um papel vital na manutenção da saúde das vacas leiteiras em condições de estresse térmico. De acordo com Castro *et al.* (2008), minerais como o cálcio, o fósforo, o magnésio e o potássio são essenciais para o bom funcionamento do organismo das vacas, especialmente quando elas estão expostas ao calor. Esses minerais auxiliam na regulação da função muscular, na prevenção de problemas metabólicos, como a hipocalcemia, e ajudam na recuperação do animal após períodos de estresse. A deficiência de micronutrientes também pode impactar negativamente a fertilidade, aumentando as taxas de falha reprodutiva.

Simões (2014) sugere que a vitamina E e o selênio são dois nutrientes particularmente importantes para vacas leiteiras em períodos de estresse térmico. Esses nutrientes têm propriedades antioxidantes que ajudam a proteger as células do corpo contra o dano causado pelo estresse oxidativo, que é intensificado em condições de calor extremo. A suplementação com esses nutrientes pode, portanto, ajudar a manter a saúde das vacas, reduzir o impacto do estresse térmico sobre sua produção e melhorar a eficiência reprodutiva. Além disso, a adição de vitaminas do complexo B, como a B12, é essencial para apoiar os processos metabólicos e garantir que as vacas mantenham uma produção de leite estável.

Outro ponto importante mencionado por Daltro (2014) é que a adaptação gradual das vacas a rações específicas para estresse térmico pode otimizar os resultados. Isso significa que os produtores devem fazer ajustes na dieta das vacas antes que as altas temperaturas atinjam seu pico. A mudança gradual na composição da ração permite que os animais se ajustem de maneira mais eficiente, minimizando a interrupção na ingestão de alimentos e permitindo que eles obtenham os nutrientes necessários para sustentar sua produtividade e saúde reprodutiva.

Outra estratégia importante é o monitoramento constante das condições térmicas do ambiente utilizando tecnologias avançadas, como a termografia infravermelha. Daltro (2014) salienta que essa técnica permite avaliar com precisão a tolerância ao calor das vacas, identificando animais que estão mais suscetíveis ao estresse térmico. A partir dessas informações, os produtores podem adotar medidas específicas para proteger esses animais, ajustando o manejo de acordo com suas necessidades individuais. O monitoramento contínuo é uma ferramenta essencial para a gestão eficiente do estresse térmico. Além das estratégias tecnológicas e nutricionais, as biotecnologias de reprodução têm mostrado grande potencial para melhorar a eficiência reprodutiva das vacas leiteiras durante períodos de estresse térmico. Guida (2011) discute como o uso de técnicas como inseminação artificial de alta precisão e transferência de embriões pode minimizar os impactos negativos do calor excessivo sobre a fertilidade. Essas tecnologias permitem que os produtores maximizem a eficiência reprodutiva mesmo quando as vacas estão expostas ao estresse térmico, aumentando as taxas de concepção e melhorando o desempenho do rebanho.

No contexto reprodutivo, é essencial compreender que o estresse térmico afeta não apenas a fertilidade, mas também a saúde geral das vacas leiteiras. Gomes *et al.* (2009) observam que o estresse térmico pode alterar os ciclos hormonais das vacas, resultando em problemas de ovulação e redução na taxa de fertilidade. Por isso, estratégias de manejo reprodutivo, como o ajuste do momento da inseminação artificial, devem ser combinadas com técnicas de controle de temperatura para otimizar as chances de sucesso na reprodução.

Por fim, é importante destacar que o manejo integrado de estratégias de mitigação do estresse térmico e aprimoramento da reprodução é crucial para garantir a sustentabilidade da produção leiteira. Dias *et al.* (2016) enfatizam que a combinação de métodos tradicionais de manejo com inovações tecnológicas oferece uma abordagem mais robusta e eficiente. A adoção de estratégias como conforto térmico, monitoramento tecnológico, ajustes nutricionais e biotecnologia reprodutiva contribui significativamente para melhorar a fertilidade das vacas leiteiras, minimizando os efeitos do estresse térmico e garantindo a continuidade da produção leiteira de alta qualidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado, a exposição prolongada a condições ambientais adversas resulta em alterações metabólicas, comportamentais e hormonais, prejudicando não apenas a taxa de concepção, mas também a eficiência produtiva do rebanho. Portanto, a implantação de medidas de manejo, como sistemas de resfriamento, sombreamento adequado e melhorias nutricionais, são fundamentais para reduzir esses impactos negativos.

Dentre as principais estratégias de mitigação identificadas, destaca-se o uso de sistemas de climatização, como sombreamento natural e artificial,

ventilação forçada e resfriamento evaporativo, que auxiliam na dissipação do calor e proporcionam maior conforto térmico aos animais. Além disso, a adequação das instalações, com galpões bem ventilados e sistemas como o compost barn, melhora significativamente o ambiente de criação e reduz o impacto do estresse térmico sobre a reprodução e a produção de leite.

A nutrição também desempenha um papel essencial na adaptação dos animais ao calor, sendo fundamental o fornecimento de dietas balanceadas, ricas em minerais, vitaminas e aditivos que auxiliam na redução do impacto do estresse oxidativo. Estratégias nutricionais, como o ajuste na oferta de alimentos em horários mais frescos do dia e a inclusão de ingredientes de alta digestibilidade, ajudam a minimizar a queda no consumo alimentar e a manter a eficiência metabólica dos bovinos sob altas temperaturas.

No âmbito reprodutivo, o manejo estratégico da reprodução, com a utilização de biotecnologias como inseminação artificial em tempo fixo (IATF) e transferência de embriões, tem se mostrado eficaz para reduzir os efeitos do estresse térmico sobre a fertilidade das vacas. O monitoramento contínuo das condições ambientais e fisiológicas dos animais, por meio de tecnologias como sensores térmicos e termografia infravermelha, permite um acompanhamento preciso e a adoção de intervenções oportunas para mitigar os impactos negativos do calor sobre a reprodução.

Além das estratégias mencionadas, a promoção do bem-estar animal é um fator determinante para a redução do estresse térmico e a melhoria da produtividade. Ambientes que proporcionam conforto, liberdade de movimento e interações positivas favorecem o equilíbrio fisiológico das vacas, reduzindo a incidência de distúrbios metabólicos e reprodutivos.

Outro ponto relevante é a necessidade de integração entre inovações tecnológicas e estratégias de manejo para mitigar os efeitos do estresse térmico, sendo que o monitoramento ambiental por meio de sensores, a utilização de biotecnologias reprodutivas e a suplementação nutricional adequada são ferramentas essenciais para garantir a resiliência dos sistemas de produção leiteira em regiões de clima quente.

Por meio dessa pesquisa, entende-se a necessidade de abordagens integradas para minimizar os impactos do estresse térmico na bovinocultura leiteira, sendo que a adoção de práticas sustentáveis e inovadoras não apenas melhora a eficiência reprodutiva dos rebanhos, mas também contribui para a viabilidade econômica e ambiental da atividade. Diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, é imprescindível que os produtores invistam em estratégias de adaptação, garantindo a continuidade e competitividade do setor leiteiro no cenário global.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Lucas Furtado dos Santos Pereira. **Impacto da mastite subclínica na reprodução de vacas leiteiras**. 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/7cd8edf3-d360-4c9e-b762-5cc9ed90cb65>.

BORGES, Álan Maia *et al.* **Relação entre metabolismo e reprodução em vacas leiteiras.** A vaca leiteira do século 21: lições de metabolismo e nutrição, p.298. 2021. Disponível em: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2021/10/vaca_leiteira_s.21.pdf#page=298.

BORGES, Álan Maia *et al.* **Reprodução de vacas mestiças: potencialidade e desafios.** Rev. bras. reprod. anim, p. 155-163, 2015. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-12846>

CAETANO, Graciele Araújo; JÚNIOR, Messias Batista Caetano; ZMIESKI, Elizângela. **Efeito da duração do período seco sobre a reprodução de vacas leiteiras durante a lactação subsequente.** Pubvet, v. 8, p. 1822-1939, 2014. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/383d/5345d70a2668846621a00c55606b7a376_bfb.pdf

CASTRO, Pastor Dália; RIBEIRO, Carlos; SIMÕES, João. **Medicina da produção: estratégias alimentares no pós parto das vacas leiteiras.** REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, v. 9, n. 10, p. 1-10, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617098007.pdf>

DA COSTA, Mateus Paranhos; CEBALLOS, Maria Camila. **Benefícios econômicos e sociais relacionados à promoção do bem-estar de bovinos leiteiros e de corte.** “Relaciones humano-animal, p. 19, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net>.

DA SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro. **Fisiologia da Reprodução de Bovinos Leiteiros: Aspectos Básicos e Clínicos.** Emanuel Isaque Cordeiro da Silva, 2022.

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. Disponível em: <https://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/666>

DALTRO, Darlene dos Santos. **Uso da termografia infravermelha para avaliar a tolerância ao calor em bovinos de leite submetidos ao estresse térmico.** 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/95988>

DE ALMEIDA, CAIO HENRIQUE BARBIERO; JUNIOR, PAULO SERGIO DA COSTA; CAMARGO, LENITA. **Bem-Estar Na Bovinocultura: Impacto Na Produtividade Animal.** Anais do Encontro Científico-Acadêmico UNIFEOB 2022, v. 118, n.5, p. 139, 2020. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/232894419.pdf>

DIAS, Marcelo Maronna; MACHADO, Amanda Bilha; DA SILVA, Eduardo Pradebon. **Estratégias para melhorar a eficiência reprodutiva em vacas leiteiras.**5. Félix HD González Raquel Fraga e S. Raimondo Beatriz Riet-Correa Rivero, p. 139. 2016. Disponível em: anais_III_simposio_vaca.pdf

- FERREIRA, Beatriz Menengotti. **Manejo nutricional e a reprodução de vacas leiteiras: revisão bibliográfica**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/c36d5c1f-7c95-48b5-94e9-20f285ad8257>
- FERREIRA, Gracieli Alves *et al.* **Bem-estar de bovinos leiteiros: revisão de literatura**. Revista Veterinária em Foco, v. 10, n. 2, 2013. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/veterinaria/article/view/1139>
- FIALHO, A. L. L. *et al.* **Efeito do estresse térmico calórico agudo e crônico sobre a qualidade oocitária de bovinos de raças adaptadas**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 70, p. 64-72, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/HFMBPhJxVwytn7KczNsXHtx/?format=html&lang=pt>
- FONSECA, Layza Lorena Medeiros *et al.* **Bem-estar na bovinocultura leiteira: revisão de literatura**. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 7, n. 4, p. e74376-e74376, 2024. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/74376>
- GOMES, A. N.; NEVES, Marcos; MICHELINI, C. **Nutrição e reprodução em vacas leiteiras**. Revista Brasileira de Reprodução Animal Suplemento, v. 6, p. 118-124, 2009. Disponível em: <http://cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/p118-124.pdf>
- GOMES, A. N.; NEVES, Marcos; MICHELINI, C. **Nutrição e reprodução em vacas leiteiras**. Revista Brasileira de Reprodução Animal Suplemento, v. 6, p. 118-124, 2009. Disponível em: <http://cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/p118-124.pdf>
- GUIDA, Thiago Guzella. **Técnicas associadas à biotecnologia da reprodução para minimizar os efeitos do estresse térmico e aumentar a fertilidade em vacas leiteiras de alta produção**. 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/7a1e216d-a888-4e6f-aae8-e96d823ecf8e>
- JIMENEZ FILHO, Diego Lobon. **Estresse calórico em vacas leiteiras: implicações e manejo nutricional**. Pubvet, v. 7, p. 2565-2677, 2013. Disponível em: <https://scholar.archive.org/work/lu4k27qupvcyvlz3gkayr5zzmy/access/wayback/> <http://www.pubvet.com.br/uploads/4a041b4ae2fe1011dabf6a92f225a4c4.pdf>
- MANENTI, Nadielle Pereira *et al.* **O impacto do estresse térmico sobre a reprodução dos bovinos: revisão de literatura**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/253587>
- MANSKE, P. H. *et al.* **Perda Embrionária De Vacas Leiteiras Em Estresse Térmico**. 2016. Disponível em: https://eventos-antigo.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/cibea2016/320.pdf
- MORAES, JCF; DE SOUZA, C. J. H. **O controle da reprodução em vacas leiteiras**. 2020. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-infoteca-e-doc-1125155/Description>

MORELLI, Paula. **Estresse término na reprodução de vacas leiteiras**. 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/45f6140b-38b9-4380-bd77-f2b95b490230>

MOTTA NETO, Ercílio Pereira da. **Estresse Calórico E Reprodução De Fêmeas Bovinas: Revisão Ituverava 2017**. 2017. Disponível em: <https://repositorio.feituverava.com.br/bitstream/123456789/2194/1/Ercilio%20Pe%20reira%20da%20Motta%20Neto.pdf>.

PEGORINI, Laura da Nova Cruz. **Efeitos do estresse térmico em rebanhos leiteiros de alta produção**. 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/52517>

PEITER, Bruna Bagiston; STREGE, Leticia Camile; DE SOUZA ROSA, Fernanda. **Estresse Térmico Calórico Uma Ameaça Silenciosa À Fertilidade De Vacas Leiteiras**. Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio, v. 3, 2024. Disponível em: <http://revistas.uceff.edu.br/inovacao/article/view/924>

POLLI, Volmir Antonio *et al.* **Estresse térmico e o desempenho produtivo de ovinos: uma revisão**. Medicina Veterinária, v. 14, n. 1, p. 38-47, 2020. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/3712>

RIBEIRO, Laryssa Freitas; COPOVILLA, Carla Carolina. **Bem-estar animal e sua relação com a qualidade do leite: bem-estar animal e a qualidade do leite**. Revista GeTeC, v. 12, n. 37, 2023. Disponível em: <http://www.revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2882>

RIBEIRO, Letícia Cardoso. **O sistema de produção de vacas leiteiras em compost barn no controle do estresse térmico e bem-estar**. 2024. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/8254>

ROCHA, David Ramos *et al.* **Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina**. Revista brasileira de reprodução animal, v. 36, n. 1, p. 18-24, 2012. Disponível em: https://www.academia.edu/download/43959666/Impacto_do_estresse_trmico_n_a_reproduo_d20160321-11765-1n98kp1.pdf

RODRIGUES, Alberio Lopes; DE SOUZA, Bonifácio Benício; PEREIRA FILHO, José Moraes. **Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras**. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 6, n. 2, p. 14-22, 2010. Disponível em: <https://acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/62>

SANTOS, BEATRIZ; NEVES, ARIADNE ZAMPIERI; RIBEIRO, LARYSSA FREITAS. **Importância do bem-estar animal na bovinocultura de leite**. Revista GeTeC, v. 10, n. 26, 2021. Disponível em: <http://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2376>

SILVA, Rafael Felipe Marques dos Santos. **Efeito do estresse térmico na reprodução de vacas leiteiras**. 2022. Disponível em: <https://dspace.uniceplac.edu.br/handle/123456789/1834>

SIMÕES, Gilberto Henrique. **Avaliação de estresse térmico em vacas de leite em Free Stall sob diferentes condições de climatização.** 2014. Disponível em: <http://www.ppgca.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/09/gilberto-henrique-simoes.pdf>

SOUZA, Yasmin Cruz Da Silva Oliveira. **O bem-estar animal: enriquecimento ambiental e a produção leiteiro.** 2023. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/7384>.