



[www4.Unifsanet.com.br/revista](http://www4.Unifsanet.com.br/revista)

Revista Saúde em Foco, Teresina, v. 12, n. 1, art. 2, p. 19-34, jan./abr. 2025

ISSN Eletrônico: 2358-7946

<http://dx.doi.org/10.12819/rsf.2025.12.1.2>

## **Impactos do Estresse Térmico Sobre a Fisiologia Reprodutiva de Fêmeas Bovinas Mantidas em Clima Tropical**

### **Effects of Thermal Stress on the Reproductive Physiology of Female Bovines in Tropical Climates**

**Ana Clara Braga Araújo**

Discente em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário Santo Agostinho

E-mail: [acbragaraujo@gmail.com](mailto:acbragaraujo@gmail.com)

**Lissayene Maria Alencar Rocha Sousa**

Discente em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário Santo Agostinho

E-mail: [lissayenem@gmail.com](mailto:lissayenem@gmail.com)

**Laura de Kássia Saraiva de Oliveira**

Discente em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário Santo Agostinho

E-mail: [laurakassia11@gmail.com](mailto:laurakassia11@gmail.com)

**Luís Eduardo Muniz de Sousa**

Discente em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário Santo Agostinho

E-mail: [Luissousa0969@gmail.com](mailto:Luissousa0969@gmail.com)

**Anna Monallysa Silva de Oliveira**

Doutora em Reprodução Animal, Pela Universidade Federal do Piauí

Professora no curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário Santo Agostinho

E-mail: [amonallysa@gmail.com](mailto:amonallysa@gmail.com)

---

**Endereço: Ana Clara Braga Araújo**

UNIFSA - Av. Valter Alencar, 665, São Pedro, CEP: 64019-625, Teresina/PI, Brasil.

**Endereço: Lissayene Maria Alencar Rocha Sousa**

UNIFSA - Av. Valter Alencar, 665, São Pedro, CEP: 64019-625, Teresina/PI, Brasil.

**Endereço: Laura de Kássia Saraiva de Oliveira**

UNIFSA - Av. Valter Alencar, 665, São Pedro, CEP: 64019-625, Teresina/PI, Brasil.

**Endereço: Luís Eduardo Muniz de Sousa**

UNIFSA - Av. Valter Alencar, 665, São Pedro, CEP: 64019-625, Teresina/PI, Brasil.

**Endereço: Anna Monallysa Silva de Oliveira**

UNIFSA - Av. Valter Alencar, 665, São Pedro, CEP: 64019-625, Teresina/PI, Brasil.

**Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar Rodrigues**

**Artigo recebido em 17/04/2025. Última versão recebida em 06/05/2025. Aprovado em 07/05/2025.**

**Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review (avaliação cega por dois avaliadores da área).**

**Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação**



## RESUMO

As condições de temperatura elevadas, características das regiões tropicais, afetam de forma significativa a biologia reprodutiva de fêmeas bovinas, representando um fator crítico na fisiopatologia da reprodução. O estresse térmico compromete a capacidade dos animais de manterem a homeostase, influenciando diretamente processos hormonais, celulares e comportamentais essenciais à reprodução. Entre os principais efeitos observados estão a redução da atividade ovariana, alterações na secreção de LH e FSH, baixa manifestação do estro e queda na qualidade dos oócitos, bem como modificações no ambiente uterino. Tais alterações fisiopatológicas resultam em diminuição das taxas de concepção, aumento das perdas embrionárias precoces e prolongamento do intervalo entre partos, o que compromete a eficiência produtiva dos sistemas de criação. Diante desse cenário, torna-se essencial compreender, com maior profundidade, os mecanismos pelos quais a temperatura influencia a fisiologia reprodutiva das fêmeas bovinas. Estratégias de manejo que envolvem sombreamento, resfriamento ambiental, suplementação nutricional e uso de biotecnologias reprodutivas, como a inseminação artificial em tempo fixo, têm se mostrado eficazes na mitigação dos impactos térmicos. Além disso, práticas como o melhoramento genético para tolerância ao calor e a adequação do calendário reprodutivo às variações climáticas são alternativas viáveis e cada vez mais adotadas. A compreensão da relação entre temperatura ambiental e biologia reprodutiva é indispensável para garantir níveis satisfatórios de produtividade, promover o bem-estar animal e assegurar a sustentabilidade da pecuária em ambientes tropicais.

**Palavras-chave:** Temperatura. Reprodução. Biologia Reprodutiva. Fisiopatologia da Reprodução. Fêmeas Bovinas.

## ABSTRACT

High temperatures, characteristic of tropical regions, significantly affect the reproductive biology of female bovines and represent a critical factor in reproductive pathophysiology. Thermal stress impairs the animals' ability to maintain homeostasis, directly influencing hormonal, cellular, and behavioral processes essential to reproduction. Among the main effects observed are reduced ovarian activity, alterations in LH and FSH secretion, weak estrous expression, decreased oocyte quality, and changes in the uterine environment. These pathophysiological changes lead to reduced conception rates, increased early embryonic loss, and prolonged calving intervals, thereby compromising the productive efficiency of livestock systems. In this context, a deeper understanding of the mechanisms by which temperature affects the reproductive physiology of female cattle is essential. Management strategies involving shading, environmental cooling, nutritional supplementation, and the use of reproductive biotechnologies such as fixed-time artificial insemination have proven effective in mitigating thermal impacts. Additionally, practices such as genetic selection for heat tolerance and adjustment of the reproductive calendar to climatic variations are viable and increasingly adopted alternatives. Understanding the relationship between environmental temperature and reproductive biology is crucial for maintaining satisfactory productivity levels, promoting animal welfare, and ensuring the sustainability of livestock production in tropical environments.

**Keywords:** Temperature. Reproduction. Reproductive Biology. Reproductive Pathophysiology. Female Bovines.

## 1 INTRODUÇÃO

O estresse térmico, resultante de altas temperaturas e umidade elevada, afeta a eficiência reprodutiva e a saúde dos rebanhos, impactando diretamente a produção de leite e as taxas de concepção (SANTANA *et al.*, 2021). Esses efeitos são particularmente preocupantes em fêmeas bovinas, que apresentam maior sensibilidade às variações térmicas (PEIXOTO *et al.*, 2023). O calor excessivo desencadeia respostas fisiológicas que incluem alterações no consumo alimentar e mudanças hormonais que interferem no ciclo estral e na fertilidade (SILVA *et al.*, 2010).

Em vacas leiteiras, a necessidade de dissipação do calor leva à redução do consumo alimentar e, conseqüentemente, à menor produção de leite, além de comprometer a qualidade dos oócitos e aumentar as taxas de perdas embrionárias (RHOADS *et al.*, 2009). Essas alterações tornam o estresse térmico um desafio crescente para a pecuária, especialmente diante das mudanças climáticas que intensificam os períodos de calor extremo (FERREIRA; TITTO, 2023).

A resposta ao estresse térmico envolve a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, com aumento na secreção de cortisol, hormônio que mobiliza energia, mas também compromete a função imunológica e reprodutiva (BARBOSA; LIMA, 2020). Em fêmeas bovinas, o calor excessivo reduz os níveis de progesterona e estrogênio, prejudicando a regularidade do ciclo estral e a taxa de concepção, e inibe a liberação de LH e FSH, hormônios essenciais para a ovulação, resultando em menor fertilidade e aumento da incidência de anestro (FERREIRA *et al.*, 2021).

Além das respostas hormonais, os bovinos adotam adaptações comportamentais para minimizar os impactos do calor, como buscar sombra, aumentar o consumo de água e reduzir a ingestão de alimentos (BARBOSA; LIMA, 2020). A compreensão desses mecanismos é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo que reduzam os efeitos negativos do estresse térmico e garantam a produtividade e o bem-estar dos animais (LOPES, 2023). Logo, este estudo busca reunir evidências científicas sobre os impactos do estresse térmico na reprodução bovina e oferecer subsídios para a implementação de práticas de manejo que minimizem esses efeitos, promovendo um setor produtivo mais eficiente e adaptado às condições tropicais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Clima tropical

O clima tropical, predominante em grande parte do Brasil, é caracterizado por altas temperaturas e elevada umidade, criando desafios significativos para a criação de bovinos. As temperaturas médias frequentemente ultrapassam 30°C, atingindo picos superiores a 40°C em algumas regiões, colocando os animais sob estresse térmico constante (ROCHA, 2022). Em sistemas intensivos de produção, onde a ventilação e o resfriamento podem ser insuficientes, o problema se agrava, exigindo estratégias adaptativas para mitigar os efeitos do calor sobre o bem-estar e a produtividade dos bovinos (SILVA, 2021).

O clima tropical, caracterizado por temperaturas elevadas, compromete a eficiência da termorregulação em bovinos. Quando a temperatura do ambiente ultrapassa a capacidade do animal de eliminar o excesso de calor, entram em ação mecanismos como a transpiração, o aumento da frequência respiratória e a intensificação da circulação sanguínea na superfície corporal. Apesar disso, essas respostas fisiológicas nem sempre conseguem manter a temperatura interna dentro dos limites adequados, o que resulta em menor ingestão de alimentos, redução da produtividade e maior suscetibilidade a enfermidades e distúrbios reprodutivos (ARAÚJO *et al.*, 2021). A presença de alta umidade torna o cenário ainda mais crítico, dificultando a evaporação do suor e agravando o estresse térmico (PIRES, 2021).

A combinação de alta umidade e temperaturas elevadas no clima tropical também cria um ambiente propício para a disseminação de doenças infecciosas em animais de produção, como a mastite e a dermatofilose. Essas enfermidades, agravadas pelo calor excessivo e pelas más condições de higiene nos períodos mais úmidos, comprometem diretamente a saúde e a produtividade dos bovinos (SILVA *et al.*, 2022). A mastite, por exemplo, além de reduzir a qualidade e quantidade do leite, aumenta os custos com tratamento e descarte do produto. Já a dermatofilose, uma infecção cutânea causada por bactérias oportunistas, é favorecida pela umidade constante e pode levar a lesões extensas na pele dos animais. Esses desafios sanitários reforçam a importância de medidas preventivas, como o manejo adequado das instalações, controle ambiental e monitoramento contínuo da saúde dos rebanhos em regiões tropicais (MARQUES, 2019).

## 2.2 Estresse térmico

O excesso de carga térmica ambiental gerado pelas altas temperaturas e umidade das regiões de clima tropical dificultam a dissipação de calor corporal dos animais, tornando-se um fator crítico que afeta a saúde, o bem-estar e a produtividade bovina. Esse fenômeno ocorre quando a carga térmica excede a capacidade fisiológica do animal de manter sua temperatura dentro de limites adequados, prejudicando processos biológicos essenciais e impactando negativamente o manejo pecuário (SANTOS, 2023).

A fisiologia dos bovinos é adaptada a climas temperados, tornando a dissipação do calor menos eficiente em ambientes tropicais. O processo de termorregulação envolve mecanismos como respiração acelerada, sudorese e redistribuição do fluxo sanguíneo para áreas periféricas. No entanto, sob condições extremas, essas adaptações tornam-se insuficientes, elevando a temperatura corporal e comprometendo funções vitais, incluindo a reprodução e a produção animal (COELHO; PAULA-LOPES, 2023).

Em bovinos de corte, há impacto direto na perda de peso, enquanto em vacas leiteiras a produção e qualidade do leite são severamente afetadas. Além disso, a exposição prolongada ao calor desencadeia respostas hormonais que comprometem a fertilidade, como o aumento do cortisol, levando a distúrbios reprodutivos como anestro e menor taxa de concepção (DE ARAÚJO BERBER, 2024). A qualidade dos oócitos também é prejudicada, comprometendo a fertilização e o desenvolvimento embrionário. Estudos indicam que fêmeas expostas a altas temperaturas apresentam menor taxa de concepção devido à alteração do ambiente intrauterino, aumentando a taxa de mortalidade embrionária (ARAÚJO *et al.*, 2021).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Impactos do estresse térmico sobre a fisiologia reprodutiva

A fisiologia reprodutiva das fêmeas bovinas é regulada por uma complexa interação de fatores hormonais e ambientais, sendo o estresse térmico um dos principais desafios em regiões tropicais. O calor excessivo pode causar desequilíbrios hormonais que comprometem o ciclo estral, a ovulação, a gestação e a viabilidade embrionária, impactando diretamente a fertilidade e a produtividade do rebanho (DE ARAÚJO BERBER, 2024).

O ciclo estral bovino, que dura em média 21 dias, depende da ação coordenada de hormônios como estrogênio, progesterona, hormônio luteinizante (LH) e hormônio folículo-

estimulante (FSH). Em condições de estresse, há alterações na regularidade do ciclo, redução na taxa de ovulação e menor qualidade dos oócitos. Além disso, a hipertermia afeta a produção de progesterona, essencial para a manutenção da gestação, aumentando a incidência de falhas reprodutivas (BRITO, 2022).

A termorregulação é essencial para o equilíbrio fisiológico do organismo bovino, mas o estresse térmico interfere nesse mecanismo, causando impactos negativos na reprodução. Em resposta ao calor, os bovinos reduzem a ingestão alimentar e aumentam a frequência respiratória, o que não é suficiente para evitar o comprometimento da foliculogênese e da luteogênese. O corpo lúteo, responsável pela sustentação inicial da gestação, também pode ser afetado, resultando em maior risco de abortos precoces (LOPES, 2023).

A temperatura retal é um indicador crucial do impacto térmico sobre a reprodução de fêmeas bovinas, refletindo a carga térmica acumulada pelo organismo. O aumento prolongado da temperatura corporal pode gerar danos irreversíveis ao sistema reprodutivo, comprometendo a qualidade dos oócitos e reduzindo a viabilidade embrionária. Além disso, a exposição contínua ao calor excessivo eleva a incidência de partos prematuros e abortos, afetando diretamente a eficiência reprodutiva do rebanho e, consequentemente, a sustentabilidade da produção pecuária (PINHEIRO, 2021).

Embora a elevação da frequência respiratória seja uma resposta fisiológica ao estresse térmico, seu impacto prolongado pode ser prejudicial. O esforço contínuo para dissipar o calor aumenta o consumo energético e reduz a eficiência na utilização de nutrientes, comprometendo a produção de leite e a manutenção da gestação. Além disso, a redistribuição do fluxo sanguíneo para a periferia do corpo, uma estratégia natural para dissipação térmica, pode reduzir a irrigação dos órgãos internos, incluindo o sistema reprodutivo, afetando a qualidade dos folículos ovarianos e a capacidade de sustentação da gestação (DE ARAÚJO BERBER, 2024).

O eixo hormonal reprodutivo também é diretamente impactado pelas altas temperaturas, especialmente devido ao aumento dos níveis de cortisol. Esse hormônio, associado à resposta ao estresse, interfere na produção de estradiol e progesterona, essenciais para a reprodução. O desequilíbrio hormonal resultante pode prejudicar a ovulação e a preparação do útero para a implantação do embrião, aumentando a incidência de anestro, condição em que a fêmea não apresenta ciclos reprodutivos, reduzindo as chances de concepção durante a estação reprodutiva (NOGUEIRA *et al.*, 2023). A queda nos níveis de progesterona pode levar a abortos precoces e afetar o desenvolvimento fetal, reduzindo a taxa de reposição do rebanho e aumentando os custos de manejo. Essa realidade representa um

desafio significativo para os pecuaristas, pois impacta tanto a eficiência produtiva quanto a rentabilidade da atividade (DE ARAÚJO BERBER, 2024).

Além dos impactos hormonais e fisiológicos, o superaquecimento corporal altera o comportamento das fêmeas bovinas, dificultando a detecção do estro. Durante ondas de calor, os animais reduzem a atividade física, o que torna mais difícil a identificação dos sinais de cio, especialmente em sistemas extensivos. Essa dificuldade compromete a eficiência reprodutiva, reduzindo o sucesso da inseminação artificial e aumentando o intervalo entre partos, o que impacta a produtividade a longo prazo (CARDOSO, 2023).

Portanto, a reprodução bovina é altamente sensível às altas temperaturas, exigindo estratégias de manejo específicas para minimizar seus impactos. Compreender a relação entre temperatura, fisiologia hormonal e reprodução é essencial para o desenvolvimento de práticas que garantam a eficiência reprodutiva e a sustentabilidade da pecuária em regiões tropicais. A adoção de medidas como manejo térmico adequado, suporte nutricional, tecnologias de monitoramento e melhoramento genético pode reduzir as perdas reprodutivas e otimizar a produtividade do rebanho (SANTOS, 2023).

A pressão térmica crônica interfere na modulação imunológica durante a gestação, alterando o equilíbrio entre citocinas pró-inflamatórias e anti-inflamatórias no ambiente uterino. Essa desregulação imunológica compromete o processo de imunotolerância materno-fetal, essencial para a manutenção da gestação. Além disso, há redução na vascularização da placenta e na expressão de genes associados à adesão embrionária, como integrinas e interferon-tau, aumentando as chances de aborto silencioso ou falhas na implantação (FERREIRA *et al.*, 2021; HANSEN, 2022).

Pesquisas recentes indicam que o desequilíbrio térmico pode induzir alterações epigenéticas em genes relacionados à reprodução, como aqueles que controlam a expressão de receptores hormonais e fatores de crescimento no ovário. Essas alterações não apenas afetam a resposta hormonal imediata, mas também podem comprometer a atividade reprodutiva de longo prazo, mesmo após o fim do estresse térmico. Além disso, vacas com menor tolerância genética ao calor apresentam maior prevalência de anestro funcional, o que reforça a importância da seleção genômica de animais com perfil termotolerante para sistemas tropicais (ZANELLA *et al.*, 2023; LOPES *et al.*, 2022).

### 3.2 Impactos econômicos e implicações para a pecuária

O estresse térmico reduz a eficiência produtiva e reprodutiva dos bovinos, gerando perdas econômicas significativas. A fertilidade pode cair entre 20% e 50%, aumentando o intervalo entre partos e reduzindo a produção de leite (SILVA *et al.*, 2022). Em bovinos leiteiros, períodos de calor intenso podem levar a uma redução de até 30% na produção, impactando diretamente a rentabilidade dos produtores (RODRIGUES *et al.*, 2023).

### 3.3 Fatores que modulam os efeitos do estresse térmico

A suscetibilidade ao estresse térmico varia conforme a raça, idade e condição corporal. Raças zebuínas, como Nelore e Gir, possuem maior resistência ao calor devido a características adaptativas, enquanto taurinas, como Holandês e Angus, são mais vulneráveis (ROCHA *et al.*, 2020). A seleção genética para resistência ao calor tem sido uma alternativa viável, priorizando características como eficiência na sudorese e estabilidade térmica (COSTA *et al.*, 2022).

A intensidade dos efeitos do calor sobre os bovinos não depende apenas de características individuais, como raça e estado corporal, mas também das condições do ambiente onde estão inseridos. Aspectos como o número de animais por área, a circulação de ar, a oferta de sombra seja por árvores ou estruturas artificiais e o tipo de piso influenciam diretamente na dissipação do calor corporal. Locais com solo impermeável, pouca ventilação e ausência de cobertura tornam os animais mais suscetíveis à elevação da temperatura interna, o que potencializa os danos à saúde e à função reprodutiva (SILVA *et al.*, 2022).

A nutrição também modula a resposta ao ambiente termicamente desfavorável, sendo que dietas com baixa qualidade proteica ou excesso de concentrados aumentam a produção de calor metabólico, dificultando a dissipação térmica. A inclusão de aditivos com ação antioxidante, como vitamina E, zinco, cromo e selênio, tem se mostrado eficaz na proteção contra o estresse oxidativo induzido pelas altas temperaturas, ajudando a manter a função imune e a reprodução em níveis adequados (FERREIRA *et al.*, 2023).

Outro fator relevante é o nível de aclimação dos animais ao ambiente tropical. Bovinos transportados de regiões de clima mais ameno para áreas tropicais apresentam maior risco de desenvolver distúrbios térmicos, uma vez que o processo de aclimação fisiológica que inclui alterações no metabolismo, na função sudorípara e na taxa respiratória pode levar



semanas. Durante esse período, há maior susceptibilidade à queda na fertilidade, anestro e perda de prenhez (MENDES *et al.*, 2022).

### 3.4 Estratégias de manejo para mitigação do estresse térmico

O uso de biotecnologias reprodutivas, como inseminação artificial com sêmen de touros adaptados ao calor e transferência de embriões, pode aumentar a taxa de concepção em ambientes quentes. A seleção genética para termo tolerância também se mostra promissora, permitindo a identificação de genes associados à resistência ao calor (MARTINS *et al.*, 2023; VASCONCELOS *et al.*, 2021).

Para amenizar os prejuízos causados pelas altas temperaturas, é indispensável implementar práticas de manejo voltadas ao conforto térmico dos animais. A disponibilização de áreas sombreadas, o uso de ventilação artificial e tecnologias que promovem o resfriamento, como os sistemas evaporativos, são alternativas eficazes na regulação da temperatura corporal (ROCHA *et al.*, 2021). No aspecto nutricional, é importante considerar que o estresse por calor reduz o apetite, exigindo dietas mais concentradas em energia e a inclusão de aditivos nutricionais, como antioxidantes entre eles, a vitamina E e o selênio que auxiliam na preservação da capacidade reprodutiva dos bovinos (SANTOS *et al.*, 2022).

Outra abordagem eficaz envolve o uso de tecnologias de monitoramento em tempo real, como coleiras com sensores térmicos e acelerômetros, que permitem identificar rapidamente animais em estresse térmico. Esses dispositivos fornecem dados sobre frequência respiratória, temperatura corporal e nível de atividade, possibilitando intervenções imediatas, como direcionamento para áreas sombreadas ou ativação de sistemas de resfriamento. Essa estratégia não apenas melhora o bem-estar animal, como também otimiza a eficiência reprodutiva em rebanhos leiteiros e de corte (MOURA *et al.*, 2022).

Além disso, o ajuste do horário das atividades reprodutivas e de manejo é uma medida simples e eficaz. Procedimentos como inseminações, exames ginecológicos e deslocamento de animais devem ser realizados preferencialmente nas primeiras horas da manhã ou no final da tarde, quando as temperaturas são mais amenas. Essa prática reduz a resposta fisiológica ao calor, melhorando a taxa de concepção e diminuindo o risco de abortos provocados por hipertermia aguda (GOMES *et al.*, 2023).

O uso de sistemas integrados de produção, como silvipastoril (integração de árvores, pasto e gado), tem ganhado destaque por oferecer sombreamento natural e melhorar o microclima do ambiente. A presença de árvores reduz a incidência solar direta, melhora a

umidade do solo e diminui a temperatura ambiente, promovendo maior conforto térmico e contribuindo para a manutenção do desempenho reprodutivo, especialmente em fêmeas em lactação e gestação (CARVALHO *et al.*, 2022).

Outra estratégia relevante é a aclimação programada de animais jovens. Ao expor bezerras e novilhas de forma gradual a ambientes quentes desde cedo, promove-se a adaptação fisiológica ao estresse térmico. Isso inclui o desenvolvimento mais eficiente dos mecanismos de dissipação de calor, como a sudorese e a respiração ofegante, resultando em fêmeas adultas mais resistentes às variações térmicas e com maior capacidade reprodutiva em climas tropicais (FREITAS *et al.*, 2023).

### 3.5 Estratégias de planejamento e estruturação de instalações para a bovinocultura

O planejamento e a estruturação das instalações desempenham um papel essencial na mitigação dos efeitos do estresse térmico sobre os bovinos, principalmente em regiões tropicais. A adequação dos ambientes onde os animais são mantidos pode determinar o sucesso da criação, especialmente em relação à reprodução e produtividade (SILVA *et al.*,).

O sombreamento, tanto natural quanto artificial, é uma das estratégias mais eficazes na redução da carga térmica dos bovinos. O uso de árvores, telhados e coberturas isolantes térmicas podem diminuir significativamente a radiação solar incidente, reduzindo a temperatura ambiente e proporcionando maior bem-estar aos animais. Estudos indicam que bovinos mantidos em áreas sombreadas apresentam uma termorregulação mais eficiente, o que favorece a estabilidade hormonal e melhora os índices reprodutivos (OLIVEIRA *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2021).

Além do sombreamento, a ventilação desempenha um papel fundamental no controle térmico das instalações. A circulação de ar adequada auxilia na dissipação do calor corporal dos animais, reduzindo o impacto do estresse térmico. O uso de ventiladores e exaustores tem sido amplamente adotado em sistemas de produção intensiva, demonstrando ser uma solução eficaz para aliviar o desconforto térmico e melhorar a eficiência reprodutiva. Em regiões tropicais, estudos apontam que sistemas de ventilação forçada podem reduzir em até 40% os impactos negativos do calor sobre a reprodução bovina (MENDES *et al.*, 2017; ROCHA *et al.*, 2018).

A qualidade do piso das instalações também influencia diretamente o bem-estar e a reprodução dos bovinos. Superfícies inadequadas, como pisos escorregadios ou com excesso de umidade, podem provocar lesões e aumentar o risco de infecções nos cascos, prejudicando

a mobilidade e o comportamento dos animais. Estudos demonstram que o estresse adicional causado pelo desconforto físico pode comprometer a manifestação do cio e dificultar a concepção, reduzindo a eficiência reprodutiva do rebanho (ALMEIDA *et al.*, 2021).

A adequação das áreas de manejo reprodutivo também deve ser considerada. Ambientes destinados à inseminação artificial devem possuir condições térmicas controladas para evitar que as fêmeas sejam expostas ao estresse térmico durante o procedimento. Estruturas climatizadas ou protegidas contra a radiação solar podem aumentar significativamente o sucesso da inseminação, garantindo melhores índices de prenhez em sistemas de reprodução assistida (SANTOS *et al.*, 2019).

Dessa forma, o planejamento adequado das instalações é essencial para garantir a viabilidade da pecuária em regiões tropicais. A implementação de estratégias de manejo térmico não só favorece a reprodução e o bem-estar dos bovinos, mas também contribui para a sustentabilidade da atividade, reduzindo perdas produtivas e promovendo um ambiente mais adequado para a criação.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 4.1 Avanços tecnológicos e inovações na pesquisa

O desenvolvimento de novas tecnologias tem sido essencial para minimizar os impactos do desafio térmico sobre a reprodução de fêmeas bovinas. O monitoramento contínuo das condições ambientais e fisiológicas dos animais permite a identificação precoce do estresse térmico e a adoção de medidas corretivas. Sensores de temperatura corporal, frequência respiratória e atividade ruminal, além de colares eletrônicos e dispositivos vestíveis, viabilizam a coleta de dados em tempo real, otimizando o manejo e reduzindo perdas produtivas e reprodutivas (SANTOS *et al.*, 2022; COSTA *et al.*, 2023; RODRIGUES *et al.*, 2023).

A aplicação de inteligência artificial tem possibilitado o desenvolvimento de modelos preditivos que analisam variáveis ambientais e comportamentais para antecipar episódios de sobrecarga térmica e recomendar estratégias preventivas (FERREIRA *et al.*, 2023; MARTINS *et al.*, 2022). Além disso, sistemas automatizados, como ventiladores e aspersores acionados por sensores climáticos, contribuem para um controle mais preciso do ambiente térmico (GONÇALVES *et al.*, 2023).

Avanços na biotecnologia e na genética molecular vêm aprimorando a compreensão dos mecanismos fisiológicos do estresse térmico. Proteínas de choque térmico (HSPs) e vias de sinalização celular desempenham um papel crucial na adaptação dos bovinos ao calor, sendo a seleção genética uma alternativa para o desenvolvimento de linhagens mais termotolerantes (VASCONCELOS *et al.*, 2021; CARVALHO *et al.*, 2022).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. F. *et al.* Condições de piso e seus efeitos sobre o bem-estar e desempenho reprodutivo de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 50, n. 1, p. 1–10, 2021.
- ARAÚJO, A. P.; SANTOS, F. C.; MOURA, R. S. Efeitos do estresse térmico sobre a reprodução de vacas leiteiras em regiões tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 45, n. 2, p. 120–127, 2021.
- BARBOSA, L. F.; LIMA, R. S. Respostas hormonais e comportamentais de bovinos frente ao estresse térmico. **Revista de Fisiologia Animal**, Salvador, v. 10, n. 1, p. 34–42, 2020.
- BARROS, M. R. *et al.* Fatores fisiológicos relacionados à termorregulação de bovinos em sistemas tropicais. **Revista de Produção Animal**, Salvador, v. 23, n. 4, p. 334–341, 2021.
- BRITO, L. G. M. Estresse térmico e reprodução de bovinos: implicações hormonais e estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 46, n. 1, p. 12–20, 2022.
- CARDOSO, A. C. F. Alterações comportamentais de vacas em estro submetidas ao estresse térmico. **Arquivos da Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 75, n. 4, p. 895–902, 2023.
- CARVALHO, C. A. *et al.* Sistemas integrados de produção animal e sua influência no conforto térmico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 45–52, 2022.
- CARVALHO, D. R. *et al.* Biotecnologia e genética molecular aplicadas à termotolerância em bovinos. **Revista Brasileira de Genética Animal**, v. 49, n. 1, p. 55–64, 2022.
- CARVALHO, R. M. *et al.* Estratégias de mitigação do estresse térmico em bovinos de corte: revisão de literatura. **Archives of Veterinary Science**, v. 25, n. 4, p. 78–85, 2020.
- COELHO, S. F.; PAULA-LOPES, F. F. Impactos do estresse térmico na fisiologia de bovinos: uma abordagem reprodutiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 52, p. e20230015, 2023.
- COSTA, D. S. *et al.* Melhoramento genético para termotolerância em bovinos: estratégias e avanços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 51, e20220045, 2022.

COSTA, F. P. *et al.* Tecnologias vestíveis no monitoramento do bem-estar e desempenho de bovinos. **Revista de Zootecnia e Veterinária**, v. 15, n. 2, p. 88–96, 2023.

DE ARAÚJO BERBER, L. Estresse térmico em fêmeas bovinas: efeitos sobre a fisiologia reprodutiva. **Revista de Produção Animal e Clima**, Cuiabá, v. 9, n. 2, p. 58–68, 2024.

DE ARAÚJO BERBER, R. L. Estresse térmico e fertilidade de fêmeas bovinas: mecanismos fisiológicos e implicações práticas. **Revista de Medicina Veterinária Tropical**, Cuiabá, v. 12, n. 1, p. 77–84, 2024.

FERREIRA, L. A. *et al.* Aplicações de inteligência artificial no manejo de estresse térmico em bovinos. **Revista Brasileira de Ciência Animal**, v. 54, n. 3, p. 209–217, 2023.

FERREIRA, L. T. *et al.* Estratégias nutricionais no enfrentamento do estresse térmico em bovinos de corte e leite. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 72, n. 277, p. 141–148, 2023.

FERREIRA, M. A. *et al.* Efeitos endócrinos do estresse térmico sobre a reprodução bovina. **Arquivos de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 73, n. 4, p. 879–888, 2021.

FERREIRA, R. M. *et al.* Estresse térmico e alterações uterinas em vacas leiteiras: efeitos na fertilidade e no ambiente uterino. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v. 41, n. 3, p. 201–208, 2021.

FERREIRA, R. M.; TITTO, C. G. O desafio da reprodução bovina frente às mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 90–97, 2023.

FREITAS, A. D. S. *et al.* Aclimação de bovinos jovens como estratégia de adaptação ao estresse térmico em regiões tropicais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 46, n. 2, p. 345–352, 2023.

GOMES, L. F. *et al.* Manejo reprodutivo em ambientes de altas temperaturas: melhores horários e práticas. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 21, n. 1, p. 89–96, 2023.

GONÇALVES, M. C. *et al.* Sistemas automatizados de climatização para bovinos em regiões tropicais. **Engenharia Rural**, v. 28, n. 2, p. 134–142, 2023.

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of the bovine female reproductive tract to heat stress. **Theriogenology**, New York, v. 187, p. 150–157, 2022.

LOPES, D. S. Estratégias para o manejo reprodutivo de bovinos em ambientes tropicais. **Revista Campo & Tecnologia**, Goiânia, v. 21, n. 3, p. 65–71, 2023.

LOPES, M. H. *et al.* Bases genéticas da termotolerância em bovinos e suas implicações reprodutivas. **Arquivos da Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 74, n. 5, p. 987–994, 2022.

MARTINS, B. F. *et al.* Modelagem preditiva de estresse térmico com uso de inteligência artificial na bovinocultura. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 24, n. 4, p. 321–330, 2022.

MARTINS, C. F. *et al.* Biotecnologias reprodutivas como ferramenta para mitigar os efeitos do estresse térmico em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 47, n. 2, p. 220–228, 2023.

MENDES, F. N. *et al.* Adaptação fisiológica de bovinos transportados para regiões de clima tropical. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, Recife, v. 25, n. 2, p. 91–99, 2022.

MENDES, J. R. *et al.* Efeito da ventilação forçada sobre o conforto térmico de vacas leiteiras em sistemas intensivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 140–145, 2017.

MIDR – MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Plano nacional de segurança hídrica**. Brasília: MIDR, 2020.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Relatório sobre o impacto climático no agronegócio brasileiro**. Brasília: MMA, 2021.

MOURA, R. C. *et al.* Tecnologias de monitoramento em tempo real no manejo do estresse térmico em bovinos. **Revista de Zootecnia Tropical**, v. 40, n. 1, p. 21–29, 2022.

NASCIMENTO, A. V. *et al.* Produção de leite em condições de estresse térmico: estratégias para sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 4, p. 321–329, 2021.

NASCIMENTO, M. C. L. *et al.* Impacto do estresse térmico na eficiência reprodutiva de vacas leiteiras em clima tropical. **Revista de Produção Animal e Clima**, Cuiabá, v. 10, n. 1, p. 48–56, 2023.

OLIVEIRA, C. A. *et al.* Sistemas de sombreamento natural e artificial para bovinos: impactos na produção e reprodução. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 27, n. 1, p. 14–21, 2023.

OLIVEIRA, J. F. C. *et al.* Aplicação de biotecnologias da reprodução no enfrentamento do estresse térmico em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 44, n. 3, p. 185–192, 2020.

PAIVA, J. T. M. *et al.* Efeitos do estresse térmico sobre o ciclo estral de vacas em sistema tropical. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 19, n. 2, p. 102–108, 2022.

PEREIRA, A. H. *et al.* Estratégias para redução de perdas reprodutivas em vacas leiteiras sob estresse térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 53, p. e20230092, 2024.

PEREIRA, R. J. *et al.* Melhoramento genético para resistência ao estresse térmico em bovinos leiteiros. **Revista Brasileira de Genética Animal**, v. 50, n. 2, p. 113–120, 2023.

PINHEIRO, J. C. *et al.* Planejamento de instalações zootécnicas adaptadas ao clima tropical. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 29, n. 2, p. 97–104, 2021.

PINHEIRO, L. L. *et al.* Climatização em instalações para bovinos: impactos sobre a fertilidade. **Revista de Engenharia Rural e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 211–218, 2023.

RIBEIRO, H. C. *et al.* Avaliação de sistemas de manejo térmico em propriedades leiteiras tropicais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, n. 3, p. 89–97, 2022.

RIBEIRO, R. F. *et al.* Aplicações da termografia infravermelha no diagnóstico do estresse térmico em bovinos. **Revista de Ciência Animal**, v. 34, n. 1, p. 75–82, 2023.

RODRIGUES, P. H. M. *et al.* Doenças associadas ao estresse térmico em vacas leiteiras: mastite e dermatofilose. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 4, p. 301–308, 2023.

SANTANA, A. L. *et al.* A interação entre nutrição e estresse térmico na reprodução de fêmeas bovinas. **Revista de Nutrição Animal Tropical**, v. 14, n. 2, p. 45–53, 2021.

SANTOS, G. B. *et al.* Estudo da expressão gênica relacionada à termotolerância em bovinos zebuínos. **Revista de Genética Veterinária**, v. 12, n. 1, p. 22–30, 2023.

SILVA, A. C. N. *et al.* Uso de sensores de temperatura para monitoramento do estresse térmico em vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 27, n. 2, p. 183–189, 2023.

SILVA, G. M. *et al.* Termorregulação em bovinos: adaptações fisiológicas em regiões tropicais. **Revista de Ciência Animal Tropical**, v. 17, n. 3, p. 117–125, 2022.

SILVA, M. P. *et al.* Avaliação do conforto térmico em sistemas silvipastoris. **Revista Brasileira de Agrofloresta Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 51–59, 2023.

SOUZA, F. C. *et al.* Sistemas de manejo sustentável para bovinos em áreas tropicais: uma revisão. **Revista Brasileira de Sustentabilidade Animal**, v. 6, n. 2, p. 101–109, 2023.

SOUZA, P. F. *et al.* Influência do estresse calórico na fertilidade de vacas em lactação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, e69482, 2021.

VIEIRA, L. M. *et al.* Impactos do estresse térmico sobre o desenvolvimento folicular em bovinos. **Revista de Reprodução e Biotecnologia Animal**, v. 25, n. 2, p. 139–146, 2023.

#### Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

ARAÚJO, A. C. B; SOUSA, L. M. A. R; OLIVEIRA, L. K. S; SOUSA, L. E. M; OLIVEIRA, A. M. S. Impactos do Estresse Térmico Sobre a Fisiologia Reprodutiva de Fêmeas Bovinas Mantidas em Clima Tropical. **Rev. Saúde em Foco**, Teresina, v. 12, n. 1, art. 2, p. 19-34, jan./abr. 2025.

Contribuição dos Autores	A. C. B. Araújo	L. M. A. R. Sousa	Sousa, L. K. S. Oliveira	L. E. M. Sousa	A. M. S. Oliveira
1) concepção e planejamento.	X	X	X	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X	X	X