



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CECA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



ANALY DE LIMA SILVA

**EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BEM-ESTAR E PRODUÇÃO DE
BOVINOS DE CORTE: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS**

RIO LARGO – AL
2025

ANALY DE LIMA SILVA

**EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BEM-ESTAR E PRODUÇÃO DE
BOVINOS DE CORTE: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Zootecnia do *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Zootecnia.

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Sandra Roseli Valerio Lana.

RIO LARGO – AL
2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 – 1512

S586e Silva, Analy de Lima.

Efeito das mudanças climáticas no bem-estar e produção de bovinos de corte: tendências e perspectivas. / Analy de Lima Silva. – 2025.

37 f.: il.

Orientador: Sandra Roseli Valério Lana.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Graduação em Zootecnia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Bioclimatologia. 2. Estresse térmico. 3. Fatores climáticos. I. Título.

CDU: 636.5

FOLHA DE APROVAÇÃO


ANALY DE LIMA SILVA

EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BEM-ESTAR E PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS


Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de Zootecnia do *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Zootecnia.

Aprovado em: 19/09/2025


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 SANDRA ROSELI VALERIO LANA
Data: 08/10/2025 10:01:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Sandra Roseli Valerio Lana, CECA/UFAL
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente
 LUIZ ARTHUR DOS ANJOS LIMA
Data: 08/10/2025 11:04:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Luiz Arthur dos Anjos Lima, CCA/UFPB

Documento assinado digitalmente
 GERALDO ROBERTO QUINTAO LANA
Data: 08/10/2025 10:24:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Geraldo Roberto Quintão Lana, CECA/UFAL

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, a luz que me guia. Aos meus pais, Adão e Marli, que sob muito sol, me fizeram chegar até aqui, na sombra. Aos meus irmãos, Ádson e Naely, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me fazer chegar até aqui, sem ele nada disso seria possível.

A minha orientadora Prof.^a Dr.^a Sandra Roseli Valerio Lana, pela disponibilidade em orientar e por suas importantes contribuições durante o desenvolvimento do trabalho, na minha formação profissional e pessoal. Agradeço ainda por sempre ter sido prestativa quando precisei, independentemente de dia ou horário. Meu reconhecimento e admiração como Zootecnista e mulher!

Aos membros da banca, pela disponibilidade em avaliar este trabalho e pelas contribuições enriquecedoras.

A todos os professores do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), pelos ensinamentos e contribuições durante a graduação.

A Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), pela oportunidade de formação profissional.

Aos meus pais e toda a minha família, que sempre acreditaram no meu potencial e fizeram de tudo para que eu estivesse em uma universidade federal. Agradeço por cada sacrifício, por me manterem firme e por serem meu maior alicerce. Esta conquista é nossa!

Aos funcionários do CECA, em especial, Sr. Cícero (Pica-pau) por me ensinar, com sua sabedoria e vivências, lições que a sala de aula não poderia oferecer, e Toinho pela amizade e simpatia construída durante esses anos.

Aos meus amigos, Larissa de Souza e Allan James, pela amizade e por tornarem a graduação uma jornada mais leve. E, em especial, ao meu namorado, Luiz Gustavo, meu companheiro de faculdade e da vida.

Ao meu amigo José Wanderson, pelo apoio e contribuição de sempre.

A Manejo Jr., empresa júnior dos cursos de Agronomia e Zootecnia do CECA ativa até 2023, onde tive a honra de fazer parte e crescer, principalmente, como pessoa.

A todos que, indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho e conclusão do curso. Meu muito obrigada!

“Os que conhecem o teu nome confiam em ti,
pois tu, Senhor, jamais abandonas os que te
buscam.”

(Salmos 9:10)

RESUMO

As mudanças climáticas exercem impactos significativos na bovinocultura de corte, afetando o bem-estar, a saúde e a produtividade. O aumento das temperaturas, a variação pluviométrica e a ocorrência de eventos extremos intensificam o estresse térmico por calor, especialmente em sistemas extensivos, predominantes no Brasil. Esse estresse compromete a termorregulação dos bovinos, reduzindo seu consumo alimentar, afetando a imunidade, a fertilidade e a qualidade da carne, o que acarreta perdas econômicas substanciais. Diante desse cenário, esta revisão de literatura tem como objetivo consolidar o conhecimento existente, explorar tendências emergentes e oferecer perspectivas para o desenvolvimento de soluções práticas e sustentáveis. Entre as soluções, podemos citar a importância da seleção de raças adaptadas, estratégias nutricionais, manejo ambiental e o uso de tecnologias digitais, como a pecuária de precisão e a termografia infravermelha. Além disso, práticas sustentáveis, como a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e o uso de genética adaptada, aumentam a resiliência do setor, e atendem a demanda cada vez mais crescente de consumidores exigentes por alimentos rastreáveis, sustentáveis e associados ao bem-estar animal.

Palavras-chave: bioclimatologia; estresse térmico; fatores climáticos.

ABSTRACT

Climate change has a significant impact on beef cattle farming, affecting animal welfare, health, and productivity. Rising temperatures, altered rainfall patterns, and the occurrence of extreme weather events intensify heat stress, especially in Brazil predominant extensive farming systems. This stress compromises the cattle's ability to regulate their body temperature, which leads to reduced food intake and negatively affects immunity, fertility, and meat quality. Consequently, these factors result in substantial economic losses. In this context, this literature review aims to consolidate existing knowledge, explore emerging trends, and offer perspectives for developing practical and sustainable solutions. These solutions include selecting adapted breeds, implementing nutritional strategies, improving environmental management, and using digital technologies like precision livestock farming and infrared thermography. Moreover, sustainable practices, such as crop-livestock-forestry integration (ILPF) and the use of adapted genetics, increase the sector's resilience and meet the growing demand from consumers for traceable, sustainable, and animal-welfare-friendly food products.

Keywords: bioclimatology; heat stress; climatic factors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Zona de conforto térmico ou termoneutralidade.	18
Figura 2 – Variação da temperatura de globo e média da sombra de espécies arbóreas estudada.	24
Figura 3 – Variação do índice de temperatura e umidade relativa médio de sombras de espécies arbóreas estudadas.	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Agricultura de Baixa Emissão de Carbono
AR6	Sexto Relatório de Avaliação
CH ₄	Gás Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ECC	Escore de Condição Corporal
GEE	Gases do Efeito Estufa
HPA	Hipotálamo Pituitária Adrenal
IA	Inteligência Artificial
ILPF	Integração Lavoura Pecuária Floresta
IoT	Internet das Coisas
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
NO ₂	Óxido Nitroso
PH	Potencial Hidrogeniônico
PMD	Peso Médio Diário
PP	Pecuária de Precisão
SAM	Simpático Adrenal Medular
TA	Temperatura Ambiente
TBU	Temperatura do Bulbo
TCI	Temperatura Crítica Inferior
TCS	Temperatura Crítica Superior
TG	Temperatura de Globo

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. METODOLOGIA.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 Impactos das mudanças climáticas nos bovinos de corte.....	17
3.2 Consequências na produção	19
3.3 Medidas de adaptação e mitigação	22
3.4. Tendências e perspectivas futuras	26
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas possuem efeitos significativos nos sistemas de produção agropecuários, particularmente na bovinocultura de corte. O aumento das temperaturas, as alterações nos padrões pluviométricos e a frequência de eventos climáticos extremos são fatores que impõem desafios crescentes ao bem-estar e à produtividade dos bovinos, especialmente em regiões tropicais e subtropicais.

No Brasil, a pecuária de corte é predominantemente extensiva, com rebanhos criados em pastagens nativas ou cultivadas, devido à oferta de grandes áreas e ao baixo custo de produção, representando em torno de 80% dos sistemas produtivos da carne bovina brasileira (MALAFAIA *et al.*, 2021). No entanto, a dependência de pastagens torna os bovinos mais vulneráveis a sazonalidade climática, que pode resultar em um efeito sanfona, caracterizado por oscilações no desempenho produtivo, especialmente durante períodos de queda na disponibilidade e qualidade de alimentos (OLIVEIRA, 2022).

De acordo com Rocha (2016), o estresse térmico por calor é o principal agravo climático para os animais criados em regiões tropicais, uma vez que gera prejuízos de diferentes formas e intensidades. As variáveis climáticas como temperatura do ar, velocidade do vento, radiação e umidade tem relação direta com o aumento do estresse térmico em bovinos (PEREIRA *et al.*, 2017). Além disso, as particularidades do sistema de produção, bem como o nível tecnológico, influenciam a mitigação dos impactos do estresse térmico sobre o bem-estar, a saúde e o desempenho produtivo dos animais.

A investigação dos principais fatores ambientais que afetam o conforto térmico dos bovinos é fundamental para garantir o bem-estar, a saúde, a eficiência alimentar e a produtividade desses animais. O monitoramento regular das condições ambientais por meio de sensores de temperatura e umidade, além da observação do comportamento do animal, e a adoção de estratégias nutricional e genética, contribuem significativamente para minimizar os impactos adversos e promover sistemas de produção mais sustentáveis (SILVA *et al.*, 2024).

Em âmbito global, a tendência é que haja uma maior preocupação dos consumidores em relação aos métodos de produção dos alimentos. Questões como bem-estar animal e preservação ambiental têm se consolidado como exigências de mercado,

limitando o acesso a consumidores e países que demandam práticas adequadas de criação, transporte e manejo (ROSSO, 2019). A atenção ao bem-estar, portanto, não se limita ao cuidado direto com os animais, mas também contribui para o aumento da produtividade ao proporcionar condições mais confortáveis, além de garantir alimentos de maior qualidade e valor agregado, destinados tanto ao mercado interno quanto ao externo.

Diante disso, compreender como esses fatores impactam os sistemas de produção de bovinos de corte e identificar estratégias de mitigação é essencial para garantir a sustentabilidade e a resiliência do setor. Assim, esta revisão de literatura tem como objetivo consolidar o conhecimento existente, explorar tendências emergentes e oferecer perspectivas que possam subsidiar o desenvolvimento de soluções práticas e sustentáveis para a pecuária frente às mudanças climáticas.

2. METODOLOGIA

Para a realização do presente estudo, foi realizada uma revisão narrativa buscando sintetizar nas principais bases de dados acadêmicos e livros, sobre os temas pertinentes a bioclimatologia animal, os impactos das mudanças climáticas na produção de bovinos de corte e as tendências no setor visando o bem-estar animal.

Nessa busca foram incluídos artigos científicos, revistas, monografias, dissertações e teses, bem como capítulos de livros através do acesso ao portal Período Capes, na base de dados do “Scielo”, “Scopus” e “ScienceDirect”. As pesquisas foram realizadas entre os meses de janeiro a julho de 2025, por meio dos termos em inglês: “bioclimatology”, “climate change”, “beef cattle welfare”, “thermal comfort”, “heat stress”, “mitigating heat stress in beef cattle”. A revisão foi complementada com pesquisas no Google Acadêmico com os termos em português, selecionados independentemente do idioma.

Devido as poucas pesquisas referentes ao tema na bovinocultura de corte, não houve exigências com relação ao seu ano de publicação sendo dada importância apenas aos que foram publicados, considerando as mais relevantes e com maior credibilidade com relação ao tema.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Impactos das mudanças climáticas nos bovinos de corte

O Brasil é um país predominantemente de clima tropical, com altas temperaturas médias durante o ano. Segundo o relatório “Mudanças no Clima no Brasil – síntese atualizada e perspectivas para decisões estratégicas”, as tendências das temperaturas máximas diárias observadas nos últimos 60 anos (1961 a 2020), apontam que já houve aumento de até 3°C em várias regiões, revelando um aquecimento maior que a média global.

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (2022), os impactos diretos já são contabilizados, incluindo longos períodos de seca ou chuvas intensas, além da variação brusca de temperatura que afeta negativamente a agricultura e a pecuária.

Na produção brasileira de bovinos de corte, uma grande parcela do plantel está localizada em regiões tropicais e subtropicais, sendo estas quentes e úmidas durante boa parte do ano, com potencial de influenciar negativamente nos resultados produtivos (BERLITZ, 2019). O estresse ambiental, principalmente causado por elementos climáticos, como temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento, interfere no organismo não apenas alterando os mecanismos de termorregulação, mas também reduzindo as taxas reprodutivas, comprometendo o crescimento e a produção de carne, além de comprometer a resposta imunológica.

Os mamíferos, incluindo os ruminantes, são animais homeotérmicos, isto é, mantêm a sua temperatura corporal pelo balanço entre o calor metabólico produzido e o calor dissipado ao ambiente (HANSEN, 2004). Em casos de estresse térmico por calor, há uma falha nos sistemas de dissipação ou aumento do gradiente de calor corporal, sendo diferentes os níveis de tolerância entre raças e indivíduos (BERLITZ, 2019).

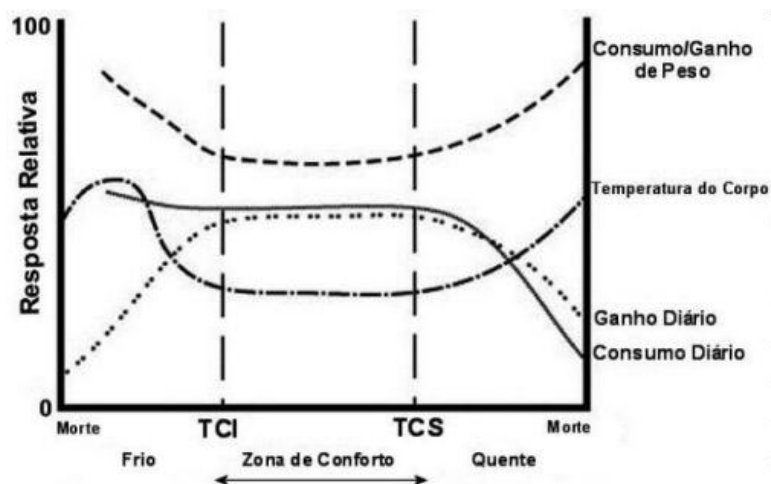
O estresse térmico pode ser definido como uma condição fisiológica quando a temperatura corporal central de uma determinada espécie excede sua faixa especificada para atividade normal, o que resulta de uma carga total de calor (endógeno e exógeno) excedendo a capacidade de dissipação de calor, e isso estimula respostas fisiológicas e comportamentais para reduzir a tensão (BERNABUCCI, 2010).

Sob condições de estresse, os animais ativam mecanismos adaptativos que implicam diretamente em mudanças na taxa metabólica, temperatura corporal, frequência respiratória e cardíaca, além de alterações hormonais e nos metabólitos sanguíneos. Estas mudanças ocorrem para promover a adaptação do organismo ao meio adverso e geralmente implicam em perdas produtivas (ROSA *et al.*, 2013).

Conhecer as raças de corte a serem utilizadas dentro de um sistema de produção é de suma importância, assim como, compreender que cada uma tem facilidade de adaptação em determinada região devidos aos elementos climáticos envolvidos. Os animais zebuínos apresentam uma zona de termoneutralidade, isto é, a amplitude de temperatura ambiente, dentro da qual, consegue manter-se em uma situação térmica interna sem esforço físico e/ou fisiológico, de 10 até 32 °C (BIANCA, 1965), maior que a dos taurinos que apresentam de 4 até 26 °C (HUBER, 1990). Acima ou abaixo das temperaturas críticas, tem-se a condição de estresse por calor ou por frio, respectivamente.

Quando a temperatura ambiente fica abaixo da temperatura crítica inferior (TCI) (Figura 1), o animal ativa os mecanismos de produção de calor, elevando seu metabolismo para manter a homeotermia, além disso, ocorre a termoconservação, caracterizada pela vasoconstrição periférica e piloereção. Entretanto, quando a temperatura ambiente ultrapassa a temperatura crítica superior (TCS), o animal intensifica os processos de dissipação de calor, promovendo a termólise para eliminar o excesso de calor gerado pelo próprio corpo e o recebido do ambiente.

Figura 1 - Zona de conforto térmico ou termoneutralidade.



Fonte: Adaptado de Hogberg et al. (2003) apud Coelho et al. (2013)

Kumar *et al.*, (2019), afirma que a estratégia de termorregulação nos bovinos é manter um fluxo de calor de dentro do organismo para fora, em quatro rotas básicas: condução, convecção, radiação e evaporação.

A perda de calor por condução ocorre quando o calor é transferido da superfície do corpo de um animal, que está em uma temperatura mais elevada, para outro corpo ou superfície mais fria, através do contato direto. Há a perda de calor por convecção, quando o calor endógeno, aquece a água ou o ar que está em volta. A perda por radiação acontece quando o animal emite raios caloríficos de sua superfície corpórea para um objeto mais frio, que esteja próximo. Já no processo evaporativo, o animal perde calor pela evaporação de suor, das secreções das vias respiratórias e da saliva, principalmente (FERREIRA *et al.*, 2017).

À medida que as condições estressantes se prolongam, emerge uma preocupação substancial na produção de bovinos de corte, que pode resultar em diversos impactos negativos na saúde, no desempenho e na produção desses animais. O estresse térmico pode afetar negativamente o consumo de alimentos pelos bovinos. Em condições de calor extremo, os animais podem reduzir sua ingestão de alimentos, o que pode levar a uma diminuição na ingestão de nutrientes essenciais para o crescimento e o desenvolvimento adequados (SILVA *et al.*, 2024). Além disso, animais expostos as altas temperaturas os torna mais suscetíveis a doenças, como infecções respiratórias e distúrbios gastrointestinais, pelo enfraquecimento do sistema imunológico, comprometendo não só o bem-estar animal, mas resulta em perdas econômicas significativas.

3.2 Consequências na produção

Mudanças fisiológicas e metabólicas ocorrem para melhorar a eficiência termorreguladora do organismo, em casos de estresse térmico. Essas mudanças são passíveis de prejuízos na produção, perda de peso e menor escore de condição corporal (ECC) (OLIVEIRA; GONÇALVES, 2021).

Segundo Bagath *et al.*, (2019), o estresse térmico induz a imunossupressão pela ativação dos eixos hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA) e simpático-adrenal-medular (SAM), resultando em uma liberação significativa de glicocorticoides e na supressão de

mediadores inflamatórios, como citocinas e quimiocinas. Assim, o comprometimento da imunidade pode propiciar uma série de doenças a curto, médio e longo prazo.

A maior vulnerabilidade a doenças infecciosas aumenta a predisposição a enfermidades sistêmicas que afetam diversos órgãos e sistemas. Entre elas, se destacam os problemas respiratórios, como pneumonias; distúrbios reprodutivos, incluindo retenção de placenta e metrite; complicações digestivas, como acidose ruminal e infestações por endoparasitas; além de doenças locomotoras, como laminite. Também são comuns afecções tegumentares, como dermatites e papilomatose; distúrbios neurológicos, incluindo raiva e encefalites por herpesvírus; doenças sanguíneas, como babesiose e anaplasiose; e alterações endócrinas, especialmente inflamações na glândula mamária, como a mastite (TAO; DAHL, 2013).

Essas doenças não apenas comprometem o bem-estar dos animais, mas podem resultar em perdas econômicas significativas para os produtores, tendo em vista os custos associados ao tratamento veterinário e à redução da produtividade.

O clima quente retarda a puberdade de touros jovens, podendo levar estes animais a quadros clínicos degenerativos leves ou graves, dependendo das características individuais e adaptativa da raça. Nessas condições, são observadas variações sazonais significativas no perímetro escrotal e na qualidade espermática. A exposição prolongada dos testículos a altas temperaturas interfere em etapas críticas do ciclo espermatogênico e, em casos mais severos, pode causar lesões testiculares irreversíveis (ROSA *et al.*, (2013).

A qualidade seminal é significativamente comprometida pela exposição a altas temperaturas. Aproximadamente duas semanas após a ocorrência de estresse térmico por calor, observa-se uma redução na motilidade espermática e um aumento na proporção de espermatozoides anormais no ejaculado de bovinos. Além disso, a elevação da temperatura ambiente exerce influência negativa direta sobre o volume do sêmen e a viabilidade *in vitro* dos espermatozoides, especialmente em touros de origem europeia. Embora as raças zebuínas apresentem maior resistência térmica, também podem sofrer alterações na qualidade seminal, no pH e na capacidade de congelamento cerca de três semanas após a exposição a temperaturas máximas superiores a 33 °C (ROSA, *et al.*, (2013).

Esses efeitos evidenciam o impacto das condições ambientais sobre a espermatogênese e reforçam a importância do ambiente adequado para manter a eficiência reprodutiva dos reprodutores.

Nas fêmeas, os oócitos podem ser impactados pelo estresse térmico por calor assim que a temperatura corporal da fêmea pós-púbere se eleva. De acordo com Gwazdauskas; Thatcher; Wilcox, (1973), estima-se que o aumento de 0,5 °C acima da temperatura uterina fisiológica é suficiente para iniciar o declínio da fertilidade. Na puberdade, o estresse por calor pode afetar o ciclo estral desde a foliculogênese até o estágio pré-ovulatório. Assim, há o comprometimento das ondas foliculares pela alteração na circulação hormonal, do ambiente uterino para a formação do embrião, conseqüentemente, há um aumento da taxa de absorção embrionária, entre outros problemas.

Vacas em período de transição que passam por estresse térmico por calor também podem comprometer sua imunidade e a do bezerro pela baixa qualidade no colostro, pela menor concentração de imunoglobulinas, e pela ineficiência da transferência da imunidade passiva. Além disso, as mudanças comportamentais, como taquipneia, sudorese, hipertermia, redução do consumo alimentar e maior permanência em pé, indicam o desconforto dos animais e representam as primeiras respostas adaptativas dos bovinos para dissipar o excesso de calor (SHILJA *et al.*, 2016).

Entretanto, a observação dessas alterações, por si só, pode resultar em um diagnóstico tardio, pois, em muitos casos, os impactos metabólicos, celulares e até genéticos já estão em curso. Esse problema é ainda mais evidente em sistemas de criação a pasto e em rebanhos de corte, onde a observação individual e contínua dos animais é limitada ou até mesmo inviável.

De acordo com Oliveira; Gonçalves (2021), em situações em que há excesso de calor corporal, o animal aumenta o metabolismo basal e o requerimento energético por meio dos mecanismos fisiológicos de termorregulação. Assim, à medida que a energia de manutenção aumenta, menos energia é destinada para os processos produtivos e reprodutivos dos animais.

Além do menor aporte nutricional para a produção, a inibição da síntese de proteínas e o catabolismo proteico aumentado reduzem progressivamente o ganho de massa muscular. Especialmente em gado de corte, cuja finalidade é produzir carne, as

perdas produtivas podem ser observadas no ganho de peso médio diário (GMD) indesejável, na maior duração da estação de monta, na taxa de prenhez reduzida, nos menores pesos ao nascimento, na desmama e no abate, na baixa conversão alimentar, no crescimento lento e limitado, entre outros (OLIVEIRA; GONÇALVES, 2021).

Jorqueira-Chavez (2019), em sua revisão sobre as respostas fisiológicas do estresse pré-abate e seu impacto na qualidade bovina, afirma que o estresse térmico pode comprometer a qualidade da carcaça de diversas formas, afetando os músculos mesmo após o abate. Em bovinos em terminação sob calor excessivo, ocorre desidratação e quebra do glicogênio muscular, resultando no aumento da glicogênese e na produção de ácido láctico. Esse processo favorece o acúmulo de gordura visceral em vez de subcutânea, tornando a carcaça menos protegida durante a maturação no frigorífico.

Quando a gordura subcutânea é insuficiente, a carne fica mais exposta ao frio, levando ao encurtamento das fibras musculares (*cold shortening*) e tornando-a mais dura. Além disso, o estresse térmico antes do abate pode reduzir as reservas de glicogênio muscular, diminuindo a produção de ácido láctico e impedindo a queda adequada do pH. Isso resulta no escurecimento e enrijecimento da carne, características indesejáveis para a comercialização.

3.3 Medidas de adaptação e mitigação

Atualmente, o Brasil busca desenvolver e aplicar tecnologias nos sistemas de produção de bovinos com o objetivo de minimizar os impactos causados pelo estresse térmico por calor. No entanto, a mitigação desse tipo de estresse em bovinos de corte requer uma abordagem multifacetada, levando em consideração todos os aspectos da produção, que combina estratégias de manejo ambiental, práticas de manejo nutricional, seleção genética e monitoramento constante dos animais (SILVA, 2024).

A modificação do ambiente tem o objetivo de reduzir a incidência de calor exógeno sobre o animal, por meio do fornecimento de sombra, ventilação e pulverização. Oliveira; Gonçalves (2021), concluíram que a escolha da estrutura e dos materiais utilizados para o sombreamento, assim como o tempo e os recursos empregados na sua construção, depende da disponibilidade de capital, da mão de obra e das necessidades específicas de cada sistema produtivo.

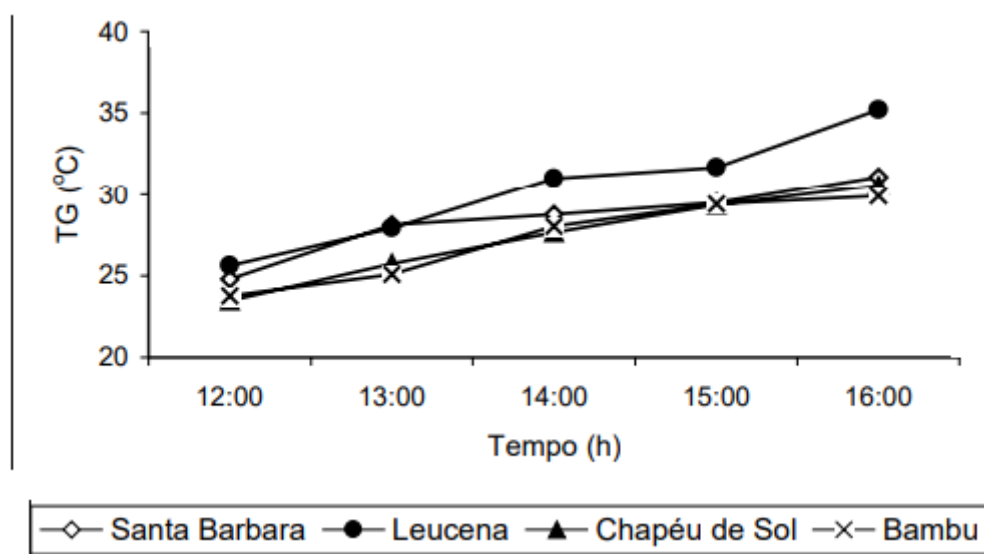
Em regiões tropicais, investir em um sombreamento durável e eficiente, apesar do custo elevado, é uma estratégia inteligente para reduzir o estresse térmico em animais mantidos a pasto. Por outro lado, em áreas subtropicais, onde as ondas de calor podem ocorrer de forma repentina, soluções mais simples e de rápida implementação podem ser decisivas para garantir o bem-estar dos animais e evitar perdas significativas. Estruturas como toldos, árvores e construções com sombrites podem ser utilizadas para fornecer áreas sombreadas onde os animais podem se abrigar durante os períodos mais quentes do dia. A sombra pode reduzir até 30% da carga de calor radiante (ULVSHAMMAR, 2014).

No entanto, além de garantir quantidade adequada de sombra, o produtor deve também atentar-se à qualidade da sombra oferecida, fator igualmente essencial para o bem-estar animal (AGUIAR, 2013). Isso porque diferentes tipos de sombreamento interferem de maneira distinta as variáveis microclimáticas que afetam o conforto térmico dos bovinos, como temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa, temperatura de globo negro e velocidade do vento.

Esses parâmetros ambientais compõem os principais índices de conforto térmico, desenvolvidos com o objetivo de verificar quanto de energia radiante o animal pode absorver, o ITU (Índice de Temperatura e Umidade) calculado a partir da temperatura do ar e da umidade, e o ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade) que considera a temperatura do ar, umidade e o efeito da radiação solar. No entanto, cada índice foi desenvolvido com diferentes raças e metodologias, e, portanto, podem apresentar diferentes resultados dependendo de qual índice é utilizado (STORTI, 2020).

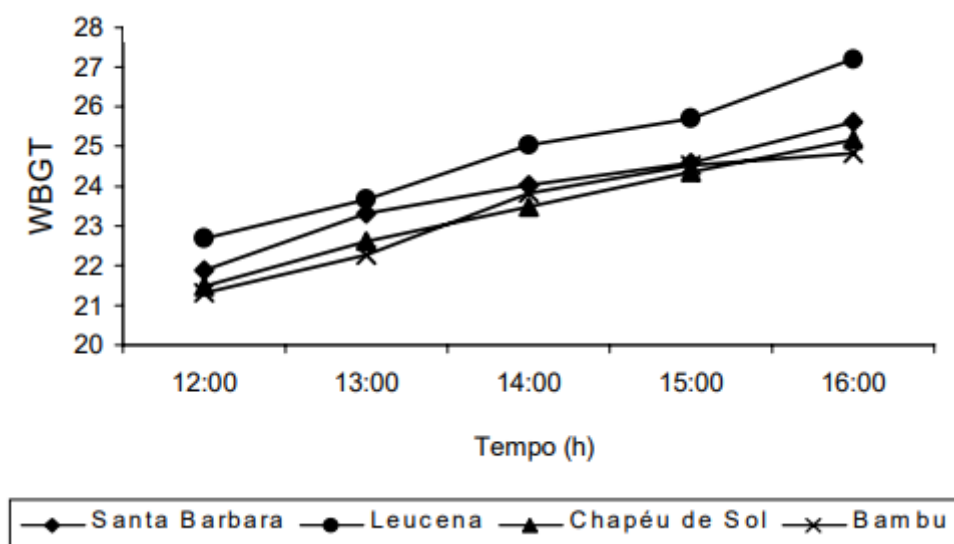
Considerando esses parâmetros, Guiselini; Silva; Piedade, (1999) avaliaram a qualidade da sombra natural proporcionada por diferentes espécies vegetais, como *Melia azedarach* (Santa Bárbara), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Terminalia catappa* (Chapéu de Sol) e *Bambusa vulgaris* (Bambu), por meio do Índice de Termômetro de Globo e Bulbo Úmido (WBGT) dado pela equação: $WBGT = 0,7 TBU + 0,2 TG + 0,1 TA$, onde: TBU é a temperatura do bulbo úmido (°C), TG é a temperatura de globo (°C), e TA é a temperatura ambiente, e puderam concluir que a Leucena apresentou qualidade térmica inferior as demais espécies estudadas, e o Bambu proporcionou uma área sombreada mais extensa e de qualidade térmica superior (**Figura 2 e Figura 3**).

Figura 2 – Variação da temperatura de globo e média da sombra de espécies arbóreas estudada.



Fonte: Guiselini; Silva; Piedade (1999)

Figura 3 – Variação do índice de temperatura e umidade relativa médio de sombras de espécies arbóreas estudadas.



Fonte: Guiselini; Silva; Piedade (1999)

A ventilação adequada também é fundamental para dissipar o calor acumulado e fornecer aos bovinos um ambiente mais fresco e confortável. O vento pode influenciar significativamente a transferência de calor entre o animal e o ambiente, ajudando na

dissipação do calor do corpo. Em condições de alta temperatura, a presença de vento pode ser benéfica, promovendo uma sensação de resfriamento nos animais (SILVA *et al.*, 2024).

No manejo nutricional, a incorporação de ingredientes de alta digestibilidade e baixa fermentação no rúmen, são estratégias que ajudam a minimizar o estresse térmico causado pelos processos metabólicos. Polli *et al.*, (2020), diz que a suplementação de eletrólitos é uma estratégia eficaz para repor as perdas causadas pela sudorese excessiva e pelo aumento da respiração durante situações de estresse térmico por calor. Eletrólitos como sódio, potássio e cloreto são fundamentais para a manutenção do equilíbrio eletrolítico e hidroeletrólítico, auxiliando na reidratação dos bovinos e no funcionamento adequado dos sistemas nervoso e muscular.

Outro método no manejo nutricional inclui o ajuste da densidade energética da dieta para evitar o aumento do excessivo da produção de calor durante a fermentação no rúmen (DIAN *et al.*, 2020). Além disso, o consumo de água é fundamental para garantir a hidratação adequada dos bovinos em períodos de estresse por calor e pode ser garantido com estratégias de fornecimento de água fresca, limpa e em abundância, em locais estratégicos ao longo dos piquetes para incentivar o consumo frequente de pequenas quantidades de água durante o dia.

De acordo com Pereira *et. al* (2017), o conhecimento das raças a serem utilizadas dentro do sistema de produção é muito importante, bem como compreender que cada raça possui níveis de adaptação às condições específicas de cada região, principalmente porque nos sistemas de produção de bovinos de corte, a adaptação dos animais ao clima e às condições regionais não resulta, em sua maioria, de processos seletivos direcionados, mas sim de uma seleção natural ocorrida ao longo do tempo, baseada na sobrevivência dos indivíduos mais adaptados.

Optar por animais originados de cruzamentos ou naturalmente pertencentes a regiões de climas tropicais é uma estratégia vantajosa, uma vez que esses animais possuem características de maior resistência as condições ambientais adversas, em comparação àqueles que não possuem histórico em tais ambientes.

Os animais zebuínos (*Bos Taurus Indicus*), originários do subcontinente indiano, são mais adaptáveis a ambientes de clima quente, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, como o Brasil. Em comparação aos taurinos (*Bos Taurus Taurus*) que possui

origem europeia, e são mais adaptados a climas temperados, típicos de regiões com temperaturas mais amenas, devido aos processos evolutivos da raça nesses continentes (PEREIRA *et al.*, 2017).

Os bovinos de origem europeia apresentam limitações significativas em ambientes tropicais devido à menor eficiência na dissipação de calor. Esses animais possuem pele menos pigmentada e com menor mobilidade, além de uma menor capacidade de sudoração, o que resulta em uma menor adaptação ao calor elevado. Em contrapartida, os zebuínos demonstram uma superioridade adaptativa, com pele mais solta e pigmentada, maior número de glândulas sudoríparas e pelos mais curtos e claros, fatores que facilitam a perda de calor e aumentam a resistência ao estresse térmico (MARQUES; JÚNIOR; TEIXEIRA, 2024)

Em comparação ao gado europeu, os zebuínos apresentam maior eficiência no aproveitamento de forragens de baixa qualidade, típicas de regiões tropicais. O aparelho digestivo é menor, favorecendo uma ingestão mais frequente, porém em menores volumes, o que está associado a uma menor taxa metabólica e, conseqüentemente, à redução da produção de calor interno. Essa adaptação fisiológica contribui diretamente para sua melhor tolerância ao ambiente tropical (ROSA *et al.*, 2013).

Além disso, as raças zebuínas apresentam maior rusticidade e resistência a parasitas, por outro lado, as raças taurinas, são mais sensíveis ao clima tropical, mas se destacam pela superior qualidade de carcaça, marmoreio e precocidade. Diante dessas características complementares, inúmeros cruzamentos foram criados a fim de atribuir aos animais um elevado desempenho produtivo com melhor adaptabilidade ambiental.

O uso da raça mais bem adaptada, sem dúvida, é a alternativa mais simples e a que pode proporcionar o menor custo de produção sendo, portanto, um bom ponto de partida (ROSA *et al.*, 2013).

3.4. Tendências e perspectivas futuras

As mudanças climáticas afetam a produtividade das colheitas e o rendimento da pecuária, e pode excluir parcelas significativas de terras do sistema produtivo, o que impactará na disponibilidade e no fornecimento de alimentos no mundo (TÁVORA;

FRANÇA; LIMA, 2022). Segundo o relatório de síntese do IPCC (Sexto Relatório de Avaliação - AR6) de 2023, entre 2011 e 2020, a temperatura média da superfície terrestre foi 1,09 °C superior à registrada no período pré-industrial (1850–1900), com variação estimada entre 0,95 °C e 1,20 °C. Dados mais recentes, referentes ao intervalo de 2013 a 2022, confirmam a tendência de aquecimento, indicando elevação de 1,13 °C a 1,17 °C acima dos níveis pré-industriais.

O aumento da temperatura média global intensifica a ocorrência de eventos climáticos extremos, tornando-os mais frequentes, severos e com maior abrangência espacial, como ondas de calor, secas prolongadas, precipitações extremas e inundações (COELHO *et al.*, 2024). Tais fenômenos exercem impactos cada vez mais prejudiciais sobre os ecossistemas e as populações humanas.

A atividade agropecuária possui grande contribuição na Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Os GEE são compostos que, em concentração elevada na atmosfera, têm o potencial de provocar efeitos adversos no clima. Os principais GEE são dióxido de carbono (CO₂), gás metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), oriundos da fermentação entérica animal, manejo de dejetos, queima de resíduos agrícolas, solos manejados e cultivo de arroz (FIGUEIREDO *et al.*, 2023). Esses gases apresentam diferentes potenciais de impacto sobre o clima global, uma vez que interagem com a radiação solar e terrestre de forma distinta, absorvendo e emitindo energia em intensidades variadas.

As projeções do IPCC indicaram que a anomalia da temperatura média global poderia exceder 2°C em 2100 o que representa uma ameaça significativa para ecossistemas tropicais, incluindo as pastagens perenes. Considerando que as pastagens constituem o principal alimento para os bovinos, a segurança alimentar futura dependerá de como as espécies forrageiras responderão às variáveis de mudança global (HABERMANN *et al.*, 2019).

De acordo com Habermann *et al.*, (2018), em uma pesquisa sobre os efeitos isolados e combinados do déficit hídrico do solo e do aumento na temperatura do dossel nas trocas gasosas foliares, fluorescência da clorofila, teor de carboidratos, qualidade da forragem e digestibilidade *in vitro* da matéria seca do *Panicum maximum*, concluíram que tanto o aquecimento quanto a escassez hídrica diminuem a qualidade nutricional de gramíneas tropicais C₄, principalmente pelo aumento da lignificação e redução da proteína bruta e da digestibilidade.

Assim, a consequência desses efeitos é o aumento do consumo pelo animal para alcançar o peso de abate, aumento de processos metabólicos e maior produção de metano.

A realidade atual, imposta pela mudança do clima, exige a integração de medidas de adaptação com ações de mitigação das emissões de GEE, de forma a reduzir o risco e proporcionar benefícios mais amplos (COELHO *et al.*, 2024). Os relatórios ressaltam a necessidade de adotar modelos de desenvolvimento mais resilientes, capazes de se adaptar às alterações nos padrões climáticos atualmente observados, integrando inovação tecnológica, manejo sustentável e políticas públicas eficazes.

O Plano ABC (Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação à Mudança do Clima para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura), instituído em 2012 a partir da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Brasil, 2010), tem incentivado a ampla adoção de práticas agrícolas sustentáveis. A proposta baseia-se no entendimento de que o Brasil possui capacidade para expandir sua produção agropecuária em larga escala, garantindo a segurança alimentar global ao mesmo tempo em que reduz as emissões de gases de efeito estufa (SKORUPA; MANZATTO, 2019).

Uma das alternativas é a adoção de sistemas integrados de produção como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que visa a produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (BALBINO; BARCELLOS; STONE, 2010).

A implementação da ILPF, além de proporcionar melhorias ambientais, como maior retenção de água no solo, incremento da matéria orgânica e elevação da qualidade das pastagens quando associada à lavoura e à silvicultura, para os animais, um dos grandes benefícios é a disponibilidade de sombra, que bloqueia a radiação solar direta sobre o rebanho e contribui para a redução da temperatura ambiente, minimizando os efeitos do estresse térmico por calor.

O avanço das biotecnologias aplicadas ao melhoramento de forrageiras, e ao desenvolvimento de raças bovinas adaptadas às condições de calor extremo e restrição hídrica, também se apresenta como uma tendência relevante. A tecnologia CRISPR-Cas9 é uma poderosa ferramenta de edição genética de alta precisão que ganhou atenção significativa e transformou o campo da edição de genoma, derivada do sistema

imunológico adaptativo de bactérias, capaz de reconhecer e clivar sequências específicas de DNA (ANSORI *et al.*, 2023).

Na agricultura, o melhoramento de culturas é um foco importante dessa tecnologia, através da capacidade de editar com precisão genomas de plantas, a CRISPR-Cas9 permite o aprimoramento de características desejáveis, como resistência a doenças, produtividade, conteúdo nutricional e tolerância ao estresse. A criação de bovinos é outra área emergente da tecnologia. Pesquisadores estão explorando o potencial de introduzir modificações genéticas específicas em gado para melhorar características como qualidade da carne, resistência a doenças e bem-estar animal (ANSORI *et al.*, 2023).

Além da biotecnologia, a digitalização do campo tem se consolidado como pilar estratégico para a modernização da produção pecuária, através da inteligência artificial (IA). O uso de ferramentas digitais e de sensores inteligentes já possibilita o monitoramento em tempo real de indicadores produtivos e sanitários, como o peso vivo, a taxa de crescimento e parâmetros relacionados à saúde dos animais, fornecendo informações mais precisas e de fácil integração com os processos de gestão nas propriedades (PATEL; TURNER, 2023).

Nesse cenário, destaca-se a pecuária de precisão (PP), que consiste na aplicação dos princípios da agricultura de precisão ao setor pecuário, utilizando uma ampla gama de sensores, dispositivos e tecnologias digitais para monitorar e gerenciar, de forma mais eficiente, grandes grupos de animais. Essa abordagem possibilita a coleta contínua de dados individuais e coletivos, ampliando a capacidade de tomada de decisão e contribuindo para melhorias no bem-estar animal, na produtividade e na sustentabilidade dos sistemas de produção (VAINTRUB *et al.*, 2020).

A agropecuária digital surge como força motriz dos sistemas produtivos, integrando soluções em agricultura de precisão, nanotecnologia e Internet das Coisas (IoT). Com a crescente especialização do setor, espera-se que essas inovações sejam cada vez mais adaptadas às diferentes modalidades de produção, como confinamento, semiconfinamento, sistemas extensivos e integração lavoura-pecuária.

Dias; Malafaia; Medeiros (2021) afirmam que a automação já é realidade na produção de leite, com sistemas de ordenha e alimentação automáticas, e pesquisas avançam para o uso de robôs no manejo do rebanho e na redução do estresse animal. Tecnologias como a alimentação individualizada e a separação automática de animais,

comuns na pecuária leiteira, podem ser adaptadas à produção de bovinos de corte em confinamento e semiconfinamento, aumentando a eficiência e o bem-estar.

Os métodos não invasivos e não destrutivos também representam alternativas relevantes para a coleta de dados confiáveis em sistemas de produção animal, uma vez que permitem o monitoramento dos organismos sem provocar alterações comportamentais decorrentes de estresse. A termografia infravermelha destaca-se como uma ferramenta promissora, pois possibilita a mensuração da temperatura superficial de diferentes regiões corporais sem contato físico com os animais, não apresentando contraindicações de uso em nenhuma espécie (LEÃO *et al.*, 2015). Segundo os autores, além de permitir a análise do comportamento natural dos animais em distintas condições de manejo, a termografia pode ser empregada no monitoramento do estresse térmico, fator cada vez mais relevante diante das mudanças climáticas. Da mesma forma, seu uso se estende à avaliação das instalações de produção, possibilitando a identificação de pontos críticos de temperatura, ventilação e sombreamento, fornecendo subsídios para adequações que garantam maior conforto aos animais e eficiência produtiva dos sistemas.

Outra importante tendência é a rastreabilidade animal, que se consolida como uma ferramenta estratégica não apenas para aumentar a eficiência produtiva, mas também para atender a um consumidor cada vez mais exigente, que demanda alimentos seguros, sustentáveis e associados ao bem-estar animal (BALENA, 2022). Cada vez mais os consumidores estarão preocupados com aspectos socioambientais, culturais, *fair trade* e hábitos saudáveis, criando condições favoráveis para a transformação digital com foco na origem do produto, e que este seja rastreado e certificado (ABREU *et al.*, 2023).

Neste contexto, a rastreabilidade animal ganha relevância diante da crescente exigência dos consumidores por informações sobre a origem e a qualidade dos alimentos, bem como sobre seus impactos ambientais, especialmente em relação à pegada de carbono e hídrica. Assim, surgem novos mercados de certificação e rastreabilidade voltados a atender às demandas públicas e privadas por produtos agropecuários sustentáveis (ABREU *et al.*, 2023).

Nesse cenário, a adoção de uma visão sistêmica da cadeia produtiva tem impulsionado a incorporação de tecnologias que conectam produção, gestão e mercado. Ao integrar inovação tecnológica, práticas de manejo corretas e infraestrutura adequada, o setor pecuário brasileiro tem a oportunidade de alinhar competitividade internacional

com responsabilidade socioambiental, configurando um caminho sólido para as tendências e perspectivas futuras da produção de carne bovina.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios para a pecuária de corte, especialmente em países tropicais como o Brasil. Projeções do IPCC indicam que a temperatura média global pode ultrapassar 2 °C até 2100, agravando os impactos do estresse térmico por calor sobre os animais e comprometendo a eficiência produtiva do setor.

Para mitigar tais efeitos, é necessária uma abordagem integrada que envolva nutrição, manejo, melhoramento genético e incorporação de tecnologias emergentes, como biotecnologia, pecuária de precisão, inteligência artificial, IoT - Internet das Coisas e ferramentas de monitoramento não invasivo, como a termografia infravermelha, que promovem eficiência, sustentabilidade e bem-estar animal.

Os avanços na pecuária propiciam o desenvolvimento de informações importantes que favorecem a compreensão das interações entre o ambiente e os animais, refletidas no seu comportamento e bem-estar. Diante de um consumidor cada vez mais exigente e atento à origem da carne, esses avanços também fortalecem os sistemas de rastreabilidade, assegurando transparência, qualidade e confiança ao longo da cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

ABREU, Urbano Gomes Pinto de. **Rastreabilidade Animal em Sistemas Extensivos de Cria de Bovinos de Corte**. 64.ed. [s.l.] Boletim CiCarne, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1160175/1/Boletim-Cicarne-64-2023.pdf>. Acesso: 16 mai. 2025.

AGUIAR, Rafael Costa Ferreira Naves de. **Estresse calórico em bovinos de corte criados a pasto e seus efeitos na sustentabilidade**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) — Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/66/o/5_2013-1_TCC_-_ESTRESSE_CAL%C3%93RICO_EM_BOVINOS_DE.pdf. Acesso em: 07 mai. 2025.

ANSORI, Arif NM. *et al.* **Aplicação da tecnologia de edição do genoma CRISPR-Cas9 em vários campos: uma revisão**. Narra J, [s.l.], v. 3, n. 2, p. e184, 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10916045/#s5>. Acesso: 18 mar. 2025.

BAGATH, M. *et al.* **O impacto do estresse térmico no sistema imunológico do gado leiteiro: uma revisão**. Pesquisa em ciência veterinária, v. 126, p. 94-102, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034528819302826>. Acesso: 10 jul. 2025.

BALBINO, Luiz Carlos; BARCELLOS, Alexandre de Oliveira; STONE, Luís Fernando. **Marco referencial: integração trabalho-pecuária-floresta**. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/923530/1/balbino01.pdf>. Acesso: 06 mai. 2025.

BALENA, Lucas Zoldan. **Utilização de tecnologias de alta precisão nos manejos, instalações e bem-estar no confinamento de bovinos de corte**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5419/1/RELATORIO%20TCC%20LUCAS%20ZOLDAN.pdf>. Acesso: 03 jul. 2025.

BERLITZ, Carolina Gabriela Becker. **Impacto do estresse ambiental na reprodução de bovinos de corte**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/200110/001102442.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 19 mai. 2025.

BERNABUCCI, Umberto. *et al.* **Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants**. *Animal*, v. 4, n. 7, p. 1167-1183, 2010. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/article/abs/metabolic-and-hormonal-acclimation-to-heat-stress-in-domesticated-ruminants/C19BE92A63F33A0B8CD56ED7501C645E>. Acesso: 19 mai. 2025.

BIANCA, W. **Reviews of the progress of dairy science**. Section A. Physiology. Cattle in a hot environmental. *J. Dairy Res.*, v. 32, p. 291-345, 1965. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/abs/section-a-physiology-cattle-in-a-hot-environment/9D1ABED387D8EA7E801D35E57602C449>. Acesso: 16 abr. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009** – Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, [2009]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm. Acesso: 13 jun. 2025.

COALHO, M.R. *et al.* **Efeito da ambiência na produção de suínos – revisão de literatura**. 2013. 11p. Disponível em: <http://www.cic.fio.edu.br/anaisCIC/anais2013/PDF/MEDICINA%20VETERINARIA/med015.pdf>. Acesso: 20 abr. 2025.

COELHO, Cíntia de Albuquerque Wanderley. *et al.* **Mudança do clima no Brasil: síntese atualizada e perspectivas para decisões estratégicas**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, 2024. 106 p. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/arquivos/Relatorio_Mudanca_Clima_Brasil.pdf. Acesso: 18 jun. 2025.

DIAN, Paulo Henrique Moura. *et al.* **Desempenho zootécnico e financeiro de bovinos confinados com acesso a diferentes áreas de sombreamento e a pleno sol**. *Brazilian*

Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 12, p. 101646-101664, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/22093/17642>.

Acesso: 16 abr. 2025.

DIAS, F. R. T.; MALAFAIA, G.C.; MEDEIROS, S. R. **Maquinário de Alta Tecnologia na Bovinocultura de Corte.** [s.l.] Boletim CiCarne, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355108/0/Boletim+CiCarne+40-2021.pdf/ed662122-5fac-77a2-01ed-58d3f3eda6c7>. Acesso em: 14 mai. 2025.

FERREIRA, Isabel Cristina. *et al.* **Conforto térmico em bovinos leiteiros a pasto.** 1. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2017. Documento 342. 47 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1092310/1/Doc342.pdf>. Acesso: 26 jul. 2025.

FIGUEIREDO, Mércia Regina Pereira de. *et al.* **Levantamento de emissões e mitigação de gases de efeito estufa da pecuária bovina no Espírito Santo.** Incaper em revista, [s.l.], v. 13 e 14, p. 30-42, 2023. Disponível em: <https://revista.incaper.es.gov.br/index.php/ojs/issue/view/9/9>. Acesso: 19 jun. 2025.

GUISELINI, Cristiane; SILVA, Iran José Oliveira da; PIEDADE, Sonia Maria. **Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Capina Grande, v. 3, n. 3, p. 380-384, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/cc7NXkJ9jznZh45MQ6WtR4x/?lang=pt&format=pdf>. Acesso: 10 jul. 2025.

GWAZDAUSKAS, F. C; THATCHER, W. W.; WILCOX, C. J. **Physiological, environmental, and hormonal factors at insemination which may affect conception.** Journal of Dairy Science, v. 56, p. 873-877, 1973. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030273852701>. Acesso: 07 mai. 2025.

HABERMANN, Eduardo. *et al.* **Aquecimento e déficit hídrico impactam a fotossíntese foliar e diminuem a qualidade e a digestibilidade da forragem de uma gramínea tropical C4.** Physiologia Plantarum, [s.l.], v. 165, n. 2, p. 383-402, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppl.12891>. Acesso: 25 abr. 2025.

HANSEN, P. J. **Physiological and cellular adaptations of Zebu cattle to thermal stress.** Anim Reprod Sci, v. 82-83, p. 349-360, 2004.

HUBER, J. T. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico.** In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Bovinocultura leiteira. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.

IPCC: Mudanças Climáticas 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, editado por: Pörtner, H.-O., Roberts, DC, Tignor, M., Poloczanska, ES, Mintenbeck, K., Alegria, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A. e Rama, B., Cambridge University Press.

JORQUERA-CHAVEZ, Maria. *et al.* **Visão computacional e sensoriamento remoto para avaliar respostas fisiológicas de bovinos ao estresse pré-abate e seu impacto na qualidade da carne bovina:** Uma revisão. Meat science, v. 156, p. 11-22, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174019302372>. Acesso: 26 mar. 2025.

KUMAR, B. *et al.* **Evaluation of Environmental Heat Stress on Physical and Hormonal Parameters in Murrah Buffalo.** Journal of Animal Health and Production, v. 71, n. 1, p. 21- 24, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331564005_Evaluation_of_Environmental_Heat_Stress_on_Physical_and_Hormonal_Parameters_in_Murrah_Buffalo. Acesso: 13 abr. 2025.

LEÃO, Juliana Mergh. *et al.* **Uso da termografia infravermelha na pecuária de precisão.** Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, [s.l.], n.79, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1037882/1/Cnpg12015CadTecVetZootUsodatermografia.pdf>. Acesso: 8 abr. 2025.

MALAFAIA, Guilherme Cunha. *et al.* **Cadeia produtiva da carne bovina: contexto e desafios futuros.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, Documento 291, jul. 2021. p. 48. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132914/1/DOC-291-Final-em-Alta.pdf>. Acesso: 16 jun. 2025.

MARQUES, Cristiane Soares Simon; JÚNIOR, José Lourenço; TEIXEIRA, Odilene de Souza. **Diferenças entre bovinos europeus, zebuínos e bubalinos quanto à capacidade de resistir a desafios ambientais**. Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible, Curitiba, v.17, n.58, p. 01-19, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1604/1249>. Acesso: 06 mar. 2025.

OLIVEIRA, Alan Figueiredo de; GONÇALVES, Lúcio Carlos (org.). **Produção de ruminantes em sistemas integrados**. 1. ed. Belo Horizonte: FEPE, 2021. 494 p. (Livro Digital). ISBN 978-65-994630-0-6. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/68192/2/PRODU%C3%87%C3%83O%20DE%20RUMINANTES%20EM%20SISTEMAS%20INTEGRADOS.pdf>. Acesso: 16 jun. 2025.

OLIVEIRA, Evileide Marques de. **Visão multivariada do ambiente climático e desempenho de bovinos nelore confinados no semiárido**. 2022. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2022. Disponível em: https://repositorio.unimontes.br/bitstream/1/974/1/Oliveira%2c%20Evileide%20Marques%20de_Vis%C3%A3o%20multivariada%20do%20ambiente%20clim%C3%A1tico%20e%20desempenho%20de_2022.pdf. Acesso: 10 mai. 2025.

PATEL, Ananya; TURNER, Charlotte. **Monitoramento de Gado Baseado em IoT para Otimização da Saúde e Produtividade**. ResearchGate, [s.l.], 2023.

PEREIRA, Juliana Reolon. *et al.* **Efeitos do clima sobre a adaptação e fisiologia de bovinos de corte Bos taurus x Bos indicus**. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, [s.l.], v. 18, n. 11, p. 1-13, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653574008.pdf>. Acesso: 15 mai. 2025.

POLLI, Volmir Antonio *et al.* **Estresse térmico e o desempenho produtivo de ovinos: uma revisão**. Medicina Veterinária (UFRPE), v. 14, n. 1, p. 38-47, 2020.

ROCHA, Marcela Kuczynski da. **Efeitos do ambiente na reprodução de bovinos de corte**. 2016. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária)

– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148220/001001157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 9 mai. 2025.

ROSA, Antonio do Nascimento. *et al.* **Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa**. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 256 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/980414/1/MelhoramentoGeneticoLivroCompleto.pdf>. Acesso: 19 abr. 2025.

ROSSO, Gisele. **Bem-estar animal impactante na produtividade de carne e leite**. Embrapa Pecuária Sudeste, [s.l.], 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/46763771/bem-estar-animal-impacta-na-produtividade-de-carne-e-leite>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SILVA, Débora Lima e. *et al.* O conforto térmico em confinamento de bovino de corte. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**. [s.l.], v. 9, n. 1, p. 1-15, 2024. Disponível em: <https://remunom.ojsbr.com/multidisciplinar/article/view/2798/3003>. Acesso: 12 mai. 2025.

SKORUPA, Ladislau Araújo; MANZATTO, Celso Vainer. **Avaliação da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Brasil**. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: Estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos. Brasília, DF: Embrapa, p. 340-79, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1118832/avaliacao-da-adocao-de-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf-no-brasil>. Acesso: 09 jun. 2025.

SHILJA, S. *et al.* **Adaptive capability as indicated by behavioural and physiological responses, plasma HSP70 level, and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors**. International Journal of Biometeorology, v. 60, p. 131131323, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26698161/>. Acesso: 19 abr. 2025.

STORTI, Andressa Alves. **Avaliação da adaptação de bovinos da raça nelore ao ambiente tropical**. 2020. 80f. Tese (Doutorado em Ciências veterinárias) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível

em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/29423/1/AvaliacaoAdaptacaoBovinos.pdf>. Acesso: 13 abr. 2025.

TÁVORA, Fernando Lagares; FRANÇA, Fabiano Franco; LIMA, José Roberto Pinho de Andrade. **Impactos das mudanças climáticas na agropecuária brasileira, riscos políticos, econômicos e sociais e desafios para segurança alimentar e humana**. Brasília: Núcleo de estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado. Texto para Discussão, n. 313, 2022. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td313>. Acesso: 17 abr. 2025.

TAO, Shangguan; DAHL, Geoffrey E. **Revisão convidada: Efeitos do estresse térmico durante o final da gestação em vacas secas e seus bezerros**. *Journal of dairy science*, v. 96, n. 7, p. 4079-4093, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213003342>. Acesso: 01 mai. 2025.

ULVSHAMMAR, K. **Effects of shade on milk production in Swedish dairy cows on pasture**. 2014. Tese (Mestrado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Sueca de Ciências Agrárias, Suécia, 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/20032376.pdf>. Acesso: 02 mai. 2025.

VAINTRUB, M. Odintsov *et al.* **Precision livestock farming, automats and new technologies: Possible applications in extensive dairy sheep farming**. *Animal*, v. 15, n. 3, p. 100-143, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731120301452>. Acesso: 2 mar. 2025.