



BIOCLIMATOLOGIA E BEM-ESTAR
ANIMAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO
Coletânea Científica – Artigos Completos –
Volume 3 – 2026

Editora Científica Semiárido Acadêmico (ECSA)

ISBN 978-65-01-80872-7 | Acesso Aberto

CAPÍTULO V

Estresse térmico na produção bovina: análise integrada de indicadores fisiológicos e ambientais

Thermal stress in bovine production: an integrated analysis of physiological and environmental indicators

Rebeca Castelo Branco Brasileiro¹; Francinaldo Nunes Pessoa Filho¹; Vinicius Pessoa Batista dos Santos¹; Luiz Henrique de Souza Rodrigues¹; Claudiney Felipe Almeida Inô²; Bernadin Fonrose³; Maria Araceli Silva de Araújo¹; Bonifácio Benicio de Souza⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB, Brasil.

² Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB, Brasil.

³ Campus Henry Christophe de L'Université d'État d'Haïti à Limonade (CHC-UEHL), Haiti.

⁴ Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Bolsista de Produtividade do CNPq.

Autor correspondente: bonifacio.ufcg@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65338/ecsa.v3.2026.c05>

RESUMO

A interferência climática exerce papel determinante sobre a produção bovina, configurando-se como um dos principais pilares que sustentam a produtividade e a eficiência dos sistemas pecuários. Diante das recentes e progressivas mudanças climáticas globais, torna-se cada vez mais urgente a realização de estudos aprofundados que avaliem os impactos do estresse térmico sobre o desempenho produtivo, fisiológico e reprodutivo dos bovinos, uma vez que essa atividade representa parcela significativa do Produto Interno

Bruto de diversos países. O estresse térmico compromete a homeostase animal e desencadeia uma série de respostas adaptativas, que incluem alterações comportamentais, fisiológicas e neuroendócrinas, com reflexos diretos na ingestão de alimentos e água, no metabolismo energético, na produção de leite e carne e no bem-estar animal. Nesse contexto, este artigo, desenvolvido na forma de revisão bibliográfica, aborda de maneira integrada as principais respostas dos bovinos às condições climáticas adversas, com ênfase nas respostas comportamentais, fisiológicas e neuroendócrinas, destacando a influência do estresse térmico sobre a produção de cortisol e dos hormônios da tireoide. A compreensão desses mecanismos é fundamental para subsidiar estratégias de manejo, ambiência e mitigação dos efeitos do calor, contribuindo para a sustentabilidade e a manutenção da produtividade da bovinocultura frente aos cenários climáticos atuais e futuros.

Palavras-chave: estresse térmico; bovinocultura; bioclimatologia animal; respostas fisiológicas; mudanças climáticas.

ABSTRACT

Climatic interference plays a determining role in cattle production, constituting one of the main pillars that sustain productivity and efficiency in livestock systems. In view of recent and progressive global climate changes, there is an increasing need for in-depth studies evaluating the impacts of thermal stress on the productive, physiological, and reproductive performance of cattle, since this activity represents a significant share of the Gross Domestic Product of several countries. Thermal stress compromises animal homeostasis and triggers a series of adaptive responses, including behavioral, physiological, and neuroendocrine changes, with direct effects on feed and water intake, energy metabolism, milk and meat production, and animal welfare. In this context, this article, developed as a literature review, addresses in an integrated manner the main responses of cattle to adverse climatic conditions, with emphasis on behavioral, physiological, and neuroendocrine responses, highlighting the influence of thermal stress on cortisol production and thyroid hormones. Understanding these mechanisms is essential to support management, housing, and mitigation strategies aimed at reducing heat stress effects, contributing to the sustainability and maintenance of cattle productivity under current and future climate scenarios.

Keywords: thermal stress; cattle production; animal bioclimatology; physiological responses; climate change.

INTRODUÇÃO

O IPCC concluiu uma previsão de aumento da temperatura global de 1,4 para 4,8 °C até o final deste século. Estas mudanças climáticas são capazes de causar desconforto térmico severo na produção de bovinos a nível global, destacando-se os países tropicais e subtropicais com as maiores porcentagens do gado afetado por estresse, diminuindo a sua produtividade.

A nível de classificação do conforto térmico, a zona termoneutra (ZTN) é considerada a zona térmica de maior conforto para todos os animais, onde eles usam energia mínima para manter suas temperaturas corporais centrais. Por outro lado, a temperatura crítica superior (TCS) é a temperatura na qual o gado deve usar energia para dissipar o calor corporal com o objetivo de manter sua temperatura corporal central (MISHRA 2021). O gado experimenta estresse térmico quando a temperatura ambiente anula ZTN e TCS (MISHRA e PALAI 2014; COLLIER et al., 2019).

A severidade do estresse térmico na espécie bovina é comumente estimada pelo índice de temperatura e umidade (ITU) (YADAV et al. 2021). O ITU menor que 72, entre 73–77, entre 78 e 89 e mais de 90 é considerado sem estresse térmico, estresse térmico leve, estresse térmico moderado e estresse térmico severo, respectivamente (KOHLI et al., 2014).

O gado se adapta ao calor exibindo diferentes respostas termorregulatórias, como respostas comportamentais, fisiológicas (as quais serão abordadas neste artigo), neuroendócrinas (onde serão abordadas a influência na produção de cortisol e dos hormônios da tireoide) e moleculares (COLLIER e GEBREMEDHIN 2015; MISHRA 2020).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O artigo foi desenvolvido em forma de revisão de literatura, tomando como base livros, artigos e trabalhos acadêmicos anexados em plataformas digitais em sua maioria providas da plataforma Capes. Também foram utilizados artigos anexados na plataforma Scielo.

3 RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS

3.1 Consumo de matéria seca

Geralmente, o estresse térmico reduz o consumo de matéria seca (CMS), afetando negativamente a saúde e a produção do gado (RHOADS, 2013). Beede e Collier (1986) demonstraram que um aumento da

temperatura ambiente de 25 para 27 °C já é suficiente para provocar redução no CMS de bovinos leiteiros. Em condições mais severas, estudos indicam diminuição de até 40% no consumo de matéria seca em bovinos expostos a temperaturas de 40 °C (NRC, 2007).

Estudos realizados nos EUA mostraram que a exposição de vacas a condições de estresse térmico reduziu a eficiência alimentar (conversão de alimento em leite) em 15%, reduzindo os lucros na produção (FLAMENBAU, 2021).

A redução do CMS atribuída à inibição dos núcleos arqueados (INA), núcleos paraventriculares (NPV) e área hipotalâmica lateral (AHL) em bovinos estressados pelo calor. A redução do CMS pode reduzir o metabolismo corporal, resultando em menor produção de calor em bovinos em estresse térmico devido a altas temperaturas.

Os teores de gordura do leite diminuem quando as vacas são expostas a estresse calórico classificado como “severo”. Os ácidos graxos de cadeia longa aumentam e os de cadeia curta diminuem (BERNABUCCI; CALAMARI, 1998). Uma possível explicação para os menores teores de gordura observados no leite de vacas em situações de estresse calórico seria a variação no consumo de forrageiras pelos animais. O menor consumo de volumosos provoca uma alteração na relação acetato/propionato, alterando assim a composição do leite (COOLIER, 1985). Na maioria dos casos, a proteína do leite é negativamente afetada pelo estresse calórico, com decréscimo nos teores de caseína. Os íons cálcio, fósforo e magnésio geralmente diminuem, enquanto os níveis de cloro aumentam (BERNABUCCI; CALAMARI, 1998).

3.2 Ingestão de água

A ingestão de água (IA) pode ser influenciada pela temperatura ambiente, tipos de ração, raças (genótipo), peso corporal e parâmetros fisiológicos (ARIAS e MADER, 2011). Geralmente, os bovinos tendem a beber mais água quando expostos a temperaturas ambientais mais elevadas para lidar com a condição adversa do estresse térmico (BERNABUCCI et al. 2010). A IA aumentou 75% em bovinos durante os meses de verão do que no inverno (MULLICK, 1964).

O consumo médio de água em vacas é de 24,8; 27,4; 29,2 e 31 litros para 10, 16, 22 e 28°C, respectivamente (MEDEIROS; VIEIRA, 2019).

A maior IA durante o estresse térmico pode ser devido à hiperosmolaridade plasmática resultante da perda de calor evaporativo via sudorese (177%) (MCDOWELL e WELDY 1967). Então, a hiperosmolaridade plasmática pode ser detectada pelos osmorreceptores centrais, seguida pela ativação do centro da sede hipotalâmica para tornar a IC mais alta em bovinos estressados pelo calor. O maior WI

durante o estresse térmico do verão também pode ser atribuído ao maior débito urinário (25%) e evaporação via trato respiratório (54%) (MCDOWELL e WELDY 1967).

3.3 Comportamento de deitar e de estação

O ato de deitar é considerado um comportamento ideal para averiguar a saúde, o bem-estar, a reprodução e o desempenho produtivo dos bovinos leiteiros (SOLANO et al., 2016; TULLO et al. 2019).

O maior tempo de postura deitada sugere que os bovinos são saudáveis e produtivos (FREGONESI e LEAVER 2001). A duração normal do comportamento em estação em bovinos é em torno de 9 a 14 h/dia (TULLO et al. 2019). No entanto, variáveis ambientais como temperatura ambiente, umidade relativa, radiação solar, velocidade do vento e precipitação pluviométrica afetam o comportamento de postura dos bovinos, diminuindo sua saúde e produção (TULLO et al. 2019). A postura deitada foi maior durante o início da manhã e no final da noite, enquanto a menor durante o final da tarde e à noite (OVERTON et al. 2002). Isso pode ser devido à menor intensidade do estresse térmico no início da manhã e no final da noite em comparação com o final da tarde e da noite, quando o estresse térmico intenso é maior. Animais em estresse térmico devido a altas temperaturas, passam mais tempo em estação, mesmo cansados, pois aumentam a perda de calor por evaporação e convecção.

A cada hora que a vaca está deitada, ela é capaz de produzir 1,6 quilo de leite, isso porque o fluxo de sangue que chega ao úbere da vaca deitada é maior do que na vaca em estação, propiciando maior produção de leite (EDUCA POINT, 2019).

3.4 Comportamento de busca de sombra

Geralmente, as sombras foram usadas como a principal estratégia de mitigação para diminuir os efeitos negativos do estresse térmico em bovinos durante o estresse por calor e umidade elevados (MULLER et al., 1994). Os bovinos permanecem basicamente sob sombra durante o dia e preferem pastar durante a noite para evitar os efeitos prejudiciais do estresse térmico (SHEARER et al. 1991). Normalmente, os bovinos permanecem sob a sombra em vez de deitados para evitar qualquer tipo de ganho de calor do solo quente via condução ou radiação (SCHUTZ et al. 2008). A cor da pele do gado leiteiro também influencia o comportamento de busca de sombra, já que os bovinos de cor escura preferem mais sombra do que os bovinos de cor clara (TUCKER et al. 2008).

3.5. Comportamento do cio

O stress térmico altera significativamente o comportamento do cio em todos os animais de exploração, incluindo os bovinos. A duração do estro foi de 11 h. em novilhas HF expostas a estresse térmico

por calor dentro da câmara climática, 14 h durante o estresse térmico no verão e 20 h dentro de alojamento frio (GANGAWAR et al. 1965).

4 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS

4.1 Temperatura retal

O TR tem sido aceito como o indicador mais confiável dentre todas as respostas fisiológicas apresentadas pelos bovinos contra o estresse térmico (TAYLOR et al., 2014; BHARATI et al., 2017). Geralmente, ZTN para bovinos varia entre 38 e 38,5°C e TR além de 42°C é considerado fatal (FINDLAY 1958). O gado leiteiro pode eliminar o calor corporal através da perda de calor evaporativo em temperatura ambiental elevada, mas nem sempre é possível manter a ZTN devido as altas ou baixas temperaturas extremas. Quando a temperatura retal e a frequência respiratória ultrapassam 39,5 °C, há um estresse calórico severo (BARBOSA et al., 2021).

Um estudo feito por Ferreira et. al, (2006) realocou bovinos, em número de cinco, submetidos ao conforto térmico (22°C a 70% de umidade relativa) por 12 horas e ao estresse calórico (42°C e 60% de umidade relativa) durante seis horas, logo após o período de conforto, nas estações de verão e inverno, em câmara bioclimática. Nas duas etapas, foram registradas a temperatura retal (TR), a frequência respiratória (FR) e a temperatura de superfície corporal (TSC) às 6 e 16 horas. Os animais apresentaram aumento da TR, da FR e da TSC no período de estresse calórico ($P<0,05$). O aumento da TR e FR foi mais acentuado no verão ($P<0,05$). A TSC não apresentou diferença entre as estações ($P<0,05$).

4.2 Frequência respiratória

A frequência respiratória (FR) é considerada o indicador mais sensível dentre todas as respostas fisiológicas apresentadas por bovinos sob estresse térmico (BROWN-BRANDL et al., 2003; DE ANDRADE FERRAZZA et al., 2017). A FR tende a aumentar com o aumento da temperatura ambiente e pode ser influenciada por espécie, raça, idade, sexo, condição corporal, tempo de alimentação, manejo alimentar, plano de nutrição, exposição prévia ao calor, manejo de abrigos e estratégias de resfriamento (GAUGHAN et al. 2000). Quando a frequência respiratória ultrapassam 80 movimentos respiratórios por minuto, há um estresse calórico severo (BARBOSA et al., 2021).

A elevação da FR relatada por diferentes autores pode melhorar a perda de calor por evaporação, causando resfriamento durante o estresse térmico. Em um estudo, Spiers e colaboradores (2004) portou um aumento na FR em vacas HF após exposição ao calor no ITU entre 76,4 e 78 (88,6 ciclos/min) em comparação com ZTN no ITU entre 62,5 e 65 (59,6 ciclos/min).

4.3 Frequência cardíaca

O sistema cardiopulmonar parece ser regulado pela temperatura ambiente, umidade relativa, duração da luz do dia e estações do ano (MARAI et al., 2007). Juntamente com o TR e a FR, a frequência cardíaca (FC) também é considerada um indicador valioso para quantificar a intensidade do estresse térmico em bovinos (DAS et al. 2016). Um aumento significativo na frequência de pulso (RP) de 64 para 81 batimentos/min foi observado em vacas HF expostas ao estresse térmico a 32°C (KOUBKOVA et al. 2002). O aumento da FC durante o estresse térmico poderia ser devido à maior secreção de catecolaminas, que poderiam ativar receptores adrenérgicos nos miócitos cardíacos (JANZEKOVIC et al. 2006).

Um estudo feito por Dalcin (2013), afirmou que a FR foi o melhor indicativo do estresse térmico e seu valor crítico foi de 140mov/min para as vacas Girolando e 168 mov/min para a raça Holandesa. Vacas da raça Holandesa são mais sensíveis ao estresse térmico do que cruzas Holandês-Zebuíno.

4.4 Taxa de sudorese

A sudorese leva à perda de calor evaporativo e é considerada um processo vital em bovinos para neutralizar os efeitos nocivos do estresse térmico (GEBREMEDHIN et al. 2008). Quando a temperatura ambiente anula a temperatura corporal central do animal, o gado prefere eliminar o calor corporal por evaporação, experimentando assim um melhor resfriamento (GEBREMEDHIN e WU, 2001). A perda de calor evaporativo em bovinos torna-se mais proeminente quando o ITU excede 90 (JIAN et al. 2015). A perda de calor evaporativo ocorre através de superfícies cutâneas ou respiratórias. A perda de calor evaporativa que ocorre via superfície cutânea é conhecida como evaporação cutânea ou sudorese, enquanto através da superfície respiratória é conhecida como respiração ofegante (DA SILVA e MAIA, 2011). Além disso, a sudorese contribui com cerca de 65%, enquanto a respiração ofegante contribui com cerca de 35% da perda total de calor evaporativo em bovinos sob estresse térmico extremo (JIAN et al., 2015).

4.5 Temperatura da pele

A troca de ondas térmicas ocorre entre a pele do animal e o ambiente circundante durante o estresse térmico. A temperatura mais alta da pele (TS) durante o estresse térmico tem efeitos prejudiciais, pois impede a dissipação de calor do corpo do animal para o ambiente externo para manter a homeostase. Normalmente, a perda de calor do corpo do animal ocorre através de quatro processos como condução, convecção, radiação e evaporação. Os três primeiros processos são considerados perda de calor sensível, que depende do gradiente de temperatura entre o corpo do animal e o ambiente e ocorre eficientemente

quando a temperatura ambiente está abaixo ou dentro do ZTN, enquanto a perda de calor evaporativo predomina quando a temperatura ambiente compete com ZTN (Maia et al. 2005).

5 RESPOSTAS NEUROENDÓCRINAS

Respostas neuroendócrinas são exibidas seguindo respostas comportamentais e fisiológicas para atenuar os efeitos negativos do estresse térmico. As respostas neuroendócrinas são realizadas pela alternância no padrão de secreção de vários hormônios na circulação sistêmica e executando suas funções específicas nas respectivas células-alvo ou tecidos sob estresse térmico. O estresse térmico evoca o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) e o eixo SAM produzir e liberar vários hormônios na circulação sistêmica para modular diferentes metabolismos corporais, revivendo assim a homeostase energética (SPENCER e DEAK, 2017). A ação sinérgica dos eixos HPA e SAM socorre ainda mais o gado a se adaptar aos rigores do estresse térmico (MISHRA, 2021). Esta seção enfoca as várias respostas neuroendócrinas apresentadas por diferentes raças de bovinos sob estresse térmico. Os principais hormônios neuroendócrinos responsáveis pela adaptação térmica são cortisol, catecolaminas, hormônio tireoidiano, hormônio do crescimento (GH), insulina, prolactina, aldosterona, hormônio antidiurético (ADH), leptina e hormônios reprodutivos (MISHRA, 2021).

5.1 Cortisol

O estresse térmico estimula a PVN hipotalâmica a secretar o hormônio liberador de corticotropina (CRH), que age sobre os corticotróficos da adenohipófise para secretar ACTH, que ativa ainda mais a zona fasciculada do córtex adrenal para secretar cortisol na circulação sistêmica. Inúmeros relatos indicam elevação no nível de cortisol plasmático em bovinos estressados pelo calor. A concentração plasmática de cortisol aumentou significativamente de 2,4 para 3,9 µg/dl após 2 h, atingiu o máximo (5,4 µg/dl) após 4 h, seguido de redução gradual para o nível basal (2,4 µg/dl) após 48 h e permaneceu em platô durante o estresse térmico de longo prazo a 35°C (ALVAREZ e JOHNSON, 1973).

O aumento imediato do cortisol plasmático pode ser devido à ativação do eixo HPA, que pode ter desencadeado a secreção de cascata de hormônios como CRH (PVN hipotalâmico), ACTH (adenohipófise) e cortisol (córtex adrenal). No entanto, a redução gradual e o estágio de platô do nível de cortisol podem ser devidos à adaptação térmica durante o estresse térmico de longo prazo. Em novilhos com IC, o nível de cortisol plasmático foi gradualmente aumentado de 9,7 ng/ml (TNZ) para 11,6, 17,9 e 22,6 ng/ml em 60 min, 80 min e 110 min, respectivamente, reduzido para 16,7 ng/ml em 120 min e depois aumentado para 28,5 ng/ml em 160 min e, finalmente, reduzido para 20,3 ng/ml após 240 min de exposição ao calor a 42°C (ABILAY et al. 1975).

O aumento inicial no nível de cortisol plasmático até 110 min de exposição ao calor pode ser devido à ativação da PVN hipotalâmica, então a redução em 120 min pode ser devido à adaptação inicial ao estresse térmico agudo, então a elevação em 160 min pode ser devido à ativação recorrente de PVN hipotalâmico em resposta à 2ª fase de estresse térmico agudo seguida de queda em 240 min, que pode ser devido à adaptação à 2ª fase do estresse térmico agudo. Da mesma forma, a concentração média de cortisol plasmático foi significativamente maior em vacas leiteiras em lactação sem sombra (13,04 ng/ml) do que sob sombra (8,72 ng/ml) durante os meses de verão (ROMAN-PONCE et al. 1981). Isso pode ser devido ao fato de que vacas sem sombra podem ter experimentado mais estresse térmico, liberando mais cortisol para combater a situação.

5.2 Hormônios tireoidianos e TSH

Os hormônios tireoidianos desempenham um papel profundo na termorregulação e homeostase energética, afetando o desempenho reprodutivo e produtivo dos bovinos (MISHRA, 2021). Múltiplos estímulos ativam o eixo hipotálamo-hipófise tireoidiana (HPT) para produzir hormônio tireoidiano que altera a taxa metabólica basal, regulando a homeostase energética. O PVN hipotalâmico sintetiza o hormônio liberador de tireotrofina (TRH), que ativa as tireotróficas da adenohipófise para produzir hormônio estimulante da tireoide (TSH), que finalmente desencadeia o folículo tireoidiano para produzir T_3 e T_4 (OMIDI et al., 2015).

A glândula tireoide é altamente termossensível e influenciada pelo estresse térmico imposto pela alta temperatura ambiente (RASOOLI et al. 2004). Sabe-se que a alta temperatura aliada à alta umidade relativa do ar durante os meses de verão diminuem a atividade da glândula tireoide em bovinos (UPADHYAY, 2013). Em geral, o plasma T_3 e T_4 os níveis foram reduzidos em até 25% em vacas em lactação expostas ao estresse térmico (MAGDUB et al. 1982).

A albumina transporta os hormônios da tireóide, sendo a proteína mais abundante do plasma, 50% do total das proteínas. É sintetizada no fígado. Na desidratação ocorre aumento do nível de albumina no sangue. Quanto os níveis de albumina e ureia estiverem baixos, provavelmente será deficiência de proteína na dieta, mas se os níveis de albumina estiverem baixos e uréia normal, pode ser relacionado a dano hepático. A creatinina é derivada da creatina presente no músculo. A creatina é um metabólito para armazenar energia no músculo na forma de fosfocreatina e após degrada-se em creatinina. Essa reação não é enzimática (RODRIGUES, 2006).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência climática configura-se como um dos principais fatores determinantes da eficiência produtiva e da sustentabilidade da bovinocultura, especialmente diante do cenário atual de aquecimento global e intensificação dos eventos climáticos extremos. O estresse térmico compromete a homeostase dos bovinos e desencadeia uma sequência complexa e integrada de respostas comportamentais, fisiológicas, neuroendócrinas e, em níveis mais profundos, moleculares, com impactos diretos sobre o consumo alimentar e hídrico, o desempenho produtivo, a reprodução e o bem-estar animal.

A análise da literatura evidencia que essas respostas não ocorrem de forma isolada, mas seguem uma hierarquia adaptativa, na qual alterações comportamentais frequentemente antecedem ou acompanham modificações fisiológicas, seguidas por ajustes neuroendócrinos responsáveis por modular o metabolismo energético e a capacidade de adaptação térmica dos animais. A compreensão dessa dinâmica é essencial para interpretar corretamente os efeitos do estresse térmico sobre a produção de leite e carne, bem como para evitar avaliações simplificadas ou fragmentadas do fenômeno.

Diante disso, torna-se evidente a necessidade de estudos cada vez mais minuciosos e integrados, capazes de avaliar o impacto do clima sobre a produção bovina a partir de múltiplos indicadores, considerando as particularidades fisiológicas da espécie, os diferentes sistemas de produção e as condições ambientais específicas de cada região. Tal abordagem é especialmente relevante em países tropicais e subtropicais, onde a incidência de estresse térmico é mais frequente e severa.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, M. B.; JOHNSON, J. D. Exposição ao calor ambiental sobre catecolaminas e glicocorticoides plasmáticos em bovinos. **Journal of Dairy Science**, v. 56, p. 189–194, 1973.

ARIAS, R. A.; MADER, T. L. Fatores ambientais que afetam a ingestão diária de água em bovinos terminados em confinamentos. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 245–251, 2011.

BARBOSA, A. A. *et al.* **Estresse térmico em vacas leiteiras**. 1. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021. 72 p.

BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J. Estratégias nutricionais potenciais para bovinos manejados intensivamente durante estresse térmico. **Journal of Animal Science**, v. 62, p. 543–554, 1986.

BERNABUCCI, U. *et al.* Aclimação metabólica e hormonal ao estresse térmico em ruminantes domesticados. **Animal**, v. 4, p. 1167–1183, 2010.

BROWN-BRANDL, T. M. *et al.* Respostas termorregulatórias de gado alimentador. **Journal of Thermal Biology**, v. 28, p. 149–157, 2003.

COLLIER, R. J. *et al.* Estresse térmico: fisiologia da aclimação e adaptação. **Animal Frontiers**, v. 9, p. 12–19, 2019.

COLLIER, R. J. *et al.* Influências do ambiente e sua modificação na saúde e produção de animais leiteiros. **Journal of Dairy Science**, v. 65, p. 2213–2227, 1982.

COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K. G. Biologia térmica de animais domésticos. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 3, p. 513–532, 2015.

DA SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. Resfriamento evaporativo e temperatura superficial cutânea de vacas holandesas em condições tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1143–1147, 2011.

DE ANDRADE FERRAZZA, R. *et al.* Respostas termorregulatórias de vacas holandesas expostas à indução experimental de estresse térmico. **Journal of Thermal Biology**, v. 66, p. 68–80, 2017.

FINDLAY, J. D. Reações fisiológicas do gado ao estresse climático. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 17, p. 186–190, 1958.

FREGONESI, J. A.; LEAVER, J. D. Indicadores de comportamento, desempenho e saúde de bem-estar para vacas leiteiras alojadas em sistemas de palha ou cubículos. **Livestock Production Science**, v. 68, p. 205–216, 2001.

GANGAWAR, P. C.; BRANTON, C.; EVANS, D. L. Respostas reprodutivas e fisiológicas de novilhas holandesas ao controle e clima natural. **Journal of Dairy Science**, v. 48, p. 222–227, 1965.

GEBREMEDHIN, K. G. *et al.* Taxas de sudorese de vacas leiteiras e novilhas de corte em condições de calor. **Transactions of the ASABE**, v. 51, p. 2167–2178, 2008.

GEBREMEDHIN, K. G.; WU, B. Um modelo de resfriamento evaporativo da superfície úmida da pele e camada de pêlo. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, p. 537–545, 2001.

JANZEKOVIC, M.; MURSEC, B.; JANZEKOVIC, I. Técnicas de medição da frequência cardíaca em bovinos. **Tehnicki Vjesnik**, v. 13, p. 31–37, 2006.

JIAN, W.; KE, Y.; CHENG, L. Respostas fisiológicas e lactação à perda de calor evaporativo cutâneo em *Bos indicus*, *Bos taurus* e seus mestiços. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 28, p. 1558–1564, 2015.

KOUBKOVA, M. *et al.* Influência da alta temperatura ambiental e do resfriamento evaporativo em alguns parâmetros fisiológicos, hematológicos e bioquímicos em vacas leiteiras de alta produção. **Journal of Animal Science**, v. 47, p. 309–318, 2002.

MAGDUB, A.; JOHNSON, H.; BELYEA, R. Efeito do calor ambiental e da fibra alimentar na fisiologia da tireoide de vacas lactantes. **Journal of Dairy Science**, v. 65, p. 2323–2331, 1982.

MAIA, A. S.; DA SILVA, R. G.; BATTISTON LOUREIRO, C. M. Perda de calor sensível e latente da superfície corporal de vacas holandesas em ambiente tropical. **International Journal of Biometeorology**, v. 50, p. 17–22, 2005.

MARAI, I. F. M. *et al.* Características fisiológicas afetadas pelo estresse térmico em ovelhas: uma revisão. **Small Ruminant Research**, v. 71, p. 1–12, 2007.

MEDEIROS; VIEIRA. Efeito da temperatura na ingestão de alimentos e água. Disponível em: <https://www.educapoint.com.br/v2/blog/pecuaria-leite/efeito-temperatura-ingestao-alimentos-agua/>. Acesso em: 2019.

MISHRA, S. R. Importância de chaperonas moleculares e microRNAs na aquisição de termotolerância em bovinos leiteiros. **Animal Biotechnology**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1830788>.

MISHRA, S. R. Respostas termorregulatórias em búfalos ribeirinhos contra o estresse térmico: uma revisão atualizada. **Journal of Thermal Biology**, v. 102, p. 102844, 2021.

MISHRA, S. R.; PALAI, T. K. Importância do HSP70 na pecuária em nível celular. **Journal of Molecular Pathophysiology**, v. 3, p. 30–32, 2014.

MULLER, C. J. C.; BOTHA, J. A.; SMITH, W. A. Efeito da sombra em vários parâmetros de vacas Frísias em clima mediterrâneo da África do Sul. 1. Ingestão de ração e água, produção e composição do leite. **South African Journal of Animal Science**, v. 24, p. 49–55, 1994.

MULLICK, D. N. Um estudo sobre o metabolismo de nutrientes alimentares em bovinos e búfalos sob estresse climático. **Arid Zone Research**, v. 14, p. 137, 1964.

OMIDI, A.; KHEIRIE, M.; SARIR, H. Impacto da vitamina C nas concentrações do hormônio estimulador da tireoide e hormônios tireoidianos em cordeiros sob estresse térmico agudo de curto prazo. **Veterinary Science Development**, v. 5, p. 103–106, 2015.

PIRES, B. V. *et al.* Expressão diferencial de genes de proteínas de choque térmico associadas ao estresse térmico em bovinos de corte Nelore e Caracu. **Livestock Science**, v. 230, p. 103839, 2019.

RHOADS, M. L. *et al.* Efeitos do estresse térmico e do plano de nutrição em vacas Holandesas em lactação: I. Produção, metabolismo e aspectos da somatotropina circulante. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 1986–1997, 2009.

RIEDEL, W.; LAYKA, H.; NEECK, G. Padrão secretor de GH, TSH, hormônios tireoidianos, ACTH, cortisol, FSH e LH em pacientes com síndrome de fibromialgia após injeção sistêmica de hormônios liberadores hipotalâmicos. **Zeitschrift für Rheumatologie**, v. 57, p. 81–87, 1998.

RODRIGUES, E. Conforto térmico das construções. 3. Fisiologia da homeotermia. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/dau/profs/eduardo/Cap%EDtulo3-Homeotermia.pdf>. Acesso em: ago. 2006.

ROMAN-PONCE, H.; THATCHER, W. W.; WILCOX, C. J. Inter-relações hormonais e respostas fisiológicas de vacas leiteiras em lactação ao sistema de manejo de sombra em ambiente subtropical. **Theriogenology**, v. 16, p. 139–154, 1981.

SABER, A. P. R. *et al.* O efeito da temperatura ambiente na concentração de hormônios tireoidianos e alterações histopatológicas da glândula tireoide em bovinos em Tabriz, Irã. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 4, p. 28–33, 2009.

SAHU, S.; MISHRA, S. R.; KUNDU, A. K. Impacto do estresse térmico na dinâmica de expressão de HSP60 em células de fibroblastos cardíacos de cabra. **Animal Biotechnology**, v. 28, p. 1–7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/10495398.2019.1696353>.

SALLES, A. Y. F. L. *et al.* Hormônios de crescimento e reprodução de ruminantes submetidos ao estresse térmico. **Journal of Animal Behavior and Biometeorology**, v. 5, p. 7–12, 2017.

SCHÜTZ, K. E.; COX, N. R.; MATTHEWS, L. R. Qual a importância da sombra para o gado leiteiro? Escolha entre sombra ou deitar sob diferentes níveis de privação. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 114, p. 307–318, 2008.

SEJRSEN, K. *et al.* Efeito do plano de nutrição na prolactina e insulina sérica em novilhas pré e pós-púberes. **Journal of Dairy Science**, v. 53, p. 326–327, 1980.

SHANDILYA, U. K. *et al.* O estresse térmico modula a resposta diferencial em células fibroblásticas da pele de bovinos nativos (*Bos indicus*) e búfalos ribeirinhos (*Bubalus bubalis*). **Bioscience Reports**, v. 40, p. BSR20191544, 2020.

SHEARER, J. K. *et al.* Modificações ambientais para reduzir o estresse térmico em gado leiteiro. **Agri-Practice**, v. 12, p. 7–18, 1991.

SINGH, S. V. *et al.* Leptina como hormônio homeostático metabólico e energético em animais leiteiros: uma revisão. **Indian Journal of Animal Nutrition**, v. 29, p. 109–116, 2012.

SOLANO, L. *et al.* Associações entre comportamento deitado e claudicação em vacas Holandesas canadenses alojadas em sistemas *freestall*. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 2086–2101, 2016.

SPENCER, R. L.; DEAK, T. Um guia do usuário para pesquisa, fisiologia e comportamento do eixo HPA. **Physiology & Behavior**, v. 178, p. 43–65, 2017.

TAYLOR, N. A.; TIPTON, M. J.; KENNY, G. P. Considerações para a medição das temperaturas central, da pele e corporal média. **Journal of Thermal Biology**, v. 46, p. 72–101, 2014.

TUCKER, C. B.; ROGERS, A. R.; SCHÜTZ, K. E. Efeito da radiação solar no comportamento do gado leiteiro, uso de sombra e temperatura corporal em sistemas baseados em pastagem. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 109, p. 141–154, 2008.

TULLO, E. *et al.* Efeitos das condições climáticas no comportamento deitado de um grupo de vacas leiteiras primíparas. **Animals**, v. 9, p. 869, 2019.