



## Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras

Andressa Machado Daltró<sup>1</sup>, Arthur Fernandes Bettencourt<sup>2\*</sup>, Cindy Anne Klausberger Ximenes<sup>2</sup>, Darlene dos Santos Daltró<sup>2</sup>, Angélica Pereira dos Santos Pinho<sup>1</sup>

**Resumo** - Cerca de dois terços do território nacional está situado na faixa tropical do planeta, onde predomina elevada temperatura e radiação solar, podendo ultrapassar a zona de conforto dos animais. Estas temperaturas elevadas tendem a aumentar o estresse térmico, e consequentemente afetar a produção e a qualidade do leite, principalmente em vacas de alta produção, devido a serem mais sensíveis ao calor e terem maior dificuldade em dissipá-lo. Assim, o objetivo dessa revisão foi abordar os principais impactos relacionados ao estresse térmico na produção de leite e alguns fatores que podem ser utilizados para minimizar essas condições. Para controlar os efeitos do estresse térmico, o produtor pode fazer uso de algumas estratégias de manejo ambiental, nutricional e sistema de resfriamento. O uso de alguns métodos como o sombreamento natural e artificial, dieta com menor incremento calórico, e uso de sistemas como ventilador, aspersor e painel evaporativo podem se mostrar eficientes para animais que estão submetidos ao calor. Desde modo, conclui-se que o estresse térmico causa vários problemas aos rebanhos leiteiros e quando identificado, pode-se controlar seus efeitos e minimizar as perdas econômicas. Vários métodos para controlar o efeito do estresse térmico se mostraram eficientes, porém a melhor escolha depende do seu custo-benefício e das características específicas de cada propriedade.

**Palavras-Chave:** Bem-Estar. Conforto Térmico. Gado de Leite.

## Effect of heat stress on the production of dairy cows

**Abstract** - Approximately two thirds of the national territory are located in the tropical zone of the planet, where high temperature and solar radiation predominate, which may exceed the animals' comfort zone. These high temperatures tend to increase thermal stress, and consequently affect milk production and quality, especially in high-yielding cows, due to being more sensitive to heat and having more difficulty in dissipating it. Thus, the objective of this review was to address the main impacts related to thermal stress on milk production and some factors that can be used to minimize these conditions. In order to control the effects of thermal stress, the producer can make use of some environmental, nutritional management and cooling system strategies. The use of some methods such as natural and artificial shading, a diet with lower caloric increase, and the use of systems such as a fan, sprinkler and evaporative panel can be effective for animals that are subjected to heat. In this way, it is concluded that thermal stress causes several problems to dairy herds and when identified, its effects can be controlled and economic losses can be minimized. Several methods to control the effect of thermal stress have proved to be efficient, but the best choice depends on their cost-benefit and the specific characteristics of each property.

**Keywords:** Welfare. Thermal Comfort. Dairy Cattle.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa (Unipampa). \*Autor de correspondência: e-mail: arthurfbettencourt@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)



## Introdução

A produção de leite no Brasil aumentou substancialmente nas últimas décadas, passando de 11,1 milhões de litros em 1980 para 33,84 bilhões de litros em 2018 (EMBRAPA, 2019). Sabe-se que cerca de dois terços do território nacional está situado na faixa tropical do planeta, onde predominam altas temperaturas do ar, em virtude da elevada radiação solar incidente (PINHEIRO, 2012). A susceptibilidade dos bovinos ao estresse térmico aumenta à proporção que o binômio umidade relativa e temperatura ambiente ultrapassa a zona de conforto térmico, desencadeando reações inespecíficas (SILVA et al., 2012).

Em países tropicais e subtropicais, o principal fator a ser considerado para garantir conforto aos animais é a diminuição dos efeitos ocasionados pelo estresse térmico, já que as condições climáticas nessas regiões são desafiadoras para os produtores, por alterarem os três processos vitais dos animais: a manutenção, a reprodução e a produção de leite (HEAD, 1995; PERISSINOTTO et al., 2006).

De acordo com Roth (2017), quando um animal se encontra em estresse, são necessários ajustes extremos em sua fisiologia e comportamento para adaptação às adversidades ambientais e de manejo. A adaptação envolve uma série de respostas neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais para a garantia do equilíbrio de suas funções e interação desses três sistemas.

O estresse ocasionado por elevadas temperaturas influencia diretamente a produção de leite, sendo um dos problemas mais graves nos rebanhos leiteiros nas regiões tropicais (JIMENEZ FILHO, 2013). Nessas regiões, observa-se um problema de adaptação das raças de clima temperado, que são mais susceptíveis a problemas fisiológicos e comportamentais causados pelo estresse térmico, já as raças zebuínas são mais adaptadas às regiões tropicais e, portanto, mais rústicas e resistentes em relação às raças europeias.

Animais *Bos taurus indicus* são mais tolerantes do que animais *Bos taurus taurus*, em virtude da maior capacidade de transpiração e menor taxa metabólica (MELO et al., 2016). O estresse térmico afeta negativamente vários aspectos da produção leiteira, causando um impacto significativo no potencial econômico das propriedades produtoras de leite (BILBY et al., 2009), podendo resultar em um decréscimo de 17% na produção de leite de vacas de 15 kg de leite/dia e até 22% em vacas de 40 kg de leite/dia (PINARELLI, 2003). Além de respostas fisiológicas como o aumento da frequência respiratória, redução na ingestão de alimentos e aumento da ingestão de água (ROTH, 2017).

As respostas das vacas em lactação ao estresse térmico incluem a redução na produção e porcentagem de gordura no leite, redução de forragem como porcentagem do total de alimento, aumento das necessidades de manutenção, diminuição da atividade, especialmente durante o dia, e aumento da frequência respiratória e hipertermia (BACCARI JÚNIOR, 2001).



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

Vários métodos têm sido empregados para amenizar o estresse térmico, como sombreamento natural ou artificial, ventilação, resfriamento do ar, pulverização de água sobre os animais acompanhada de ventilação e condicionamento do ar (FRAZZI; CALAMARI; CALEGARI, 1996). Porém, independentemente do tipo de sistema a ser adotado (a pasto ou em confinamento), antes de escolher a melhor opção para diminuir o estresse térmico, deve-se observar a relação custo benefício e a seleção de animais adequados para cada região (SILVA et al., 2012).

Portanto, objetivou-se com essa revisão de literatura abordar os principais impactos relacionados ao estresse térmico na produção de leite e alguns fatores que podem ser utilizados para minimizar seus efeitos em bovinos leiteiros.

## **A importância do clima na produção animal**

A pecuária é uma atividade altamente dependente dos fatores climáticos, cujas alterações afetam a produtividade dos animais. O Brasil é considerado um país de clima tropical, com médias altas de temperaturas durante o ano, o que predispõe ao estresse térmico em animais de produção, principalmente nos que estão expostos diretamente à radiação solar. O ambiente no qual o animal vive é de extrema importância para melhorar os resultados produtivos, pois abrange elementos meteorológicos que afetam o mecanismo de transferência de calor do animal (PERISSINOTTO et al., 2006).

A temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a radiação solar direta ou indireta e o vento são estressores climáticos. O grau de estresse causado pelos fatores climáticos vai depender da duração da exposição dos animais aos agentes estressores e da sua eficiência em equilibrar a produção e a perda de calor corporal dependente da genética e do estado fisiológico, traduzida pela temperatura corporal (SILVA et al., 2012). O estresse provoca uma série de desequilíbrios fisiológicos que, por sua vez, causam um aumento nas exigências nutricionais de energia líquida para manutenção, reduzindo a energia disponível para os processos produtivos (DASH et al., 2016).

Vacas de alta produção de leite são mais sensíveis aos agentes estressores relacionados ao calor do que vacas com menor produção de leite, devido ao maior incremento calórico, por outro lado, ao diminuírem a ingestão de alimentos, na tentativa de diminuir a produção entérica de calor esses animais passam a não ter suas necessidades nutricionais atendidas, implicando na queda de sua produção (SILVA; SOUZA JÚNIOR, 2013). No mesmo sentido, West, Mullinix e Bernard (2003), relataram que vacas com alta produção submetidas à ambientes quentes apresentam maior dificuldade de dissipar calor produzido pelo próprio metabolismo, pois sua produção de calor metabólico aumenta à medida que aumenta sua produção leiteira. Portanto, para que os animais não sofram com os fatores ambientais, os mesmos devem ser criados em



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

condições meteorológicas adequadas, alimentação equilibrada, instalações e manejo planejados (PIRES; CAMPOS, 2008). Nesse sentido, a utilização de cruzamentos entre raças europeias e zebuínas também consistem em alternativas viáveis, pois melhoram a adaptabilidade de seus descendentes ao calor, em razão dos zebuínos serem fisiologicamente mais adaptados às condições de clima tropical e subtropical (AZEVEDO et al., 2005).

## **Homeotermia e zona termoneutra**

A homeotermia é a manutenção, aproximadamente constante, da temperatura interna do corpo, embora a temperatura ambiental varie dentro de limites apreciáveis (SILVA et al., 2012). Contudo, para que isso ocorra há necessidade que haja um equilíbrio entre a termogênese e a termólise, feito através das alterações fisiológicas, metabólicas e comportamentais, de modo a manter a homeostase orgânica e reduzir as consequências adversas da hipo ou hipertermia, dependendo das circunstâncias. Durante esse processo de ajuste, o animal estabelece prioridades, de modo que funções menos vitais, como produção e reprodução são atingidas quando a intensidade e a duração dos estressores ambientais supera sua capacidade compensatória (BERTIPAGLIA et al., 2007).

O controle da temperatura dos animais homeotérmicos é de responsabilidade do centro termorregulador, sendo ele quem vai detectar as variações do ambiente térmico como temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e intensidade da radiação solar (CRUZ et al., 2011; SILVA et al., 2012). Sabe-se que existe uma determinada faixa de temperatura ambiente, chamada de zona de termoneutralidade, onde os animais apresentam mínima mobilização dos mecanismos termorreguladores (ANDERSON et al., 2013). Com isso, o animal não sofre estresse por calor ou frio, ocorrendo o mínimo desgaste possível.

Segundo Silva et al. (2012), a zona de conforto térmico ou de termoneutralidade corresponde aos limites de temperatura em que o animal não apresenta necessidade de mobilizar os recursos termorreguladores para se ajustar às condições ambientais. De acordo com os mesmos autores é uma zona térmica que permite ao animal expressar sua capacidade produtiva, sem requerer qualquer resposta fisiológica. Assim, quando certos limites são ultrapassados, funções comportamentais, fisiológicas e imunológicas são prejudicadas, comprometendo o desempenho e a saúde dos animais (ANDERSON et al., 2013).

A zona de conforto térmico ou termoneutralidade depende de diversos fatores como a idade do animal, espécie, raça, consumo alimentar, nível de produção, tipo do sistema de produção, isolamento externo do animal (pelame), entre outros (AZEVEDO et al., 2005). A temperatura ideal para a produção varia de acordo com a raça e seu grau de tolerância ao calor e ao frio (PIRES; CAMPOS, 2008).



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

A zona termoneutra para bovinos leiteiros está situada dentro da faixa de 5 à 25°C (ANDERSON et al., 2013). Entretanto, existem diferenças adaptativas entre animais de origem europeia (*Bos taurus taurus*) e indiana (*Bos taurus indicus*), de modo que as raças europeias foram selecionadas ao longo de centenas de anos, para produzirem e reproduzirem em condições de clima temperado e, em razão disto, estão adaptadas fisiológica e geneticamente àquele ambiente climático. Por isso, temperaturas inferiores a 20°C e umidade relativa do ar entre 50% e 80% são mais adequadas para estas raças. Todavia, existem diferenças entre raças taurinas adaptadas às condições tropicais, como é o caso de diversas raças naturalizadas brasileiras, introduzidas no país por colonizadores ibéricos, e que se adaptaram ao ambiente por meio de seleção natural (McMANUS et al., 2009). Para a raça Holandesa, o consumo de alimento e a produção de leite são afetados quando a temperatura ambiente é de 24°C a 26°C, de 27°C a 29°C para a raça Jersey e 29,5°C para a Pardo-Suíça (PEREIRA, 2005).

Por outro lado, as raças indianas ou zebuínas, são mais tolerantes ao calor por serem originárias de zonas tropicais. Nesse caso, a zona de conforto térmico destes animais é de 10°C a 27°C, com temperatura crítica máxima de 35°C e mínima de 0°C (PEREIRA, 2005; HANSEN, 2004). A adaptabilidade dos animais de origem zebuína ao clima tropical está relacionada à menor produção de calor metabólico, associada a melhor capacidade de termólise uma vez que, as raças zebuínas apresentam um grande número de glândulas sudoríparas, o que aumenta a facilidade de perder calor e por isso, são mais tolerantes a elevadas temperaturas do que as raças taurinas (BATISTA et al., 2015).

Para manter a zona de termoneutralidade, os animais buscam constantemente adaptar-se às condições ambientais e essa capacidade de adaptação vai depender de um conjunto de ajustes fisiológicos (SILVA et al., 2002). Porém, cada animal possui uma gama de comportamentos que serão utilizados como ferramentas de adaptação ao meio ambiente (PIRES; CAMPOS, 2008).

### **Mecanismos de dissipação de calor**

Em regiões de clima tropical e subtropical, o principal fator a ser considerado para garantir o conforto animal é a redução dos efeitos do estresse térmico (PERISSINOTTO et al., 2006), em razão da dificuldade de estes eliminarem o calor corporal para o ambiente. Sabe-se que o calor se transfere do corpo até o meio através dos seguintes processos físicos: condução, radiação e convecção, que são as perdas sensíveis de calor, enquanto a evaporação é um processo latente de dissipação de calor (SILVA et al., 2012).

A perda de calor por condução ocorre pelo contato entre a superfície do animal com outras (lagoas, pisos cimentados, locais com barro), permitindo à transferência de calor do animal para a superfície (ANDERSON et al., 2013). No entanto, para que haja transferência de calor, deve haver uma diferença de



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

temperatura entre o meio e o animal. Quando em estresse térmico por calor, o animal maximiza o contato com algo que tenha temperatura inferior à sua extremidade da pele, transferindo calor para o meio e diminuindo sua temperatura corporal (SILVA et al., 2012).

A perda de calor por convecção ocorre pela circulação de moléculas, com a reposição da camada mais quente do ar por uma mais fria, sendo essa perda facilitada pelo uso de ventiladores (ANDERSON et al., 2013). Essa é a forma mais sensível de transferência de calor do animal para o ambiente, na qual o ar em contato com a superfície aquecida externa do animal remove seu calor pelo transporte de moléculas, consistindo na substituição das moléculas quentes por outras (SILVA et al., 2012).

A perda de calor por radiação ocorre quando o animal emite radiação para o meio ambiente, sendo esta via mais importante para a aquisição de calor que propriamente a perda (ANDERSON et al., 2013). Assim, a radiação é outra forma sensível de troca de calor por meio de ondas eletromagnéticas entre dois pontos ou mais que se encontram em diferentes temperaturas (SILVA et al., 2012).

Quando o animal está em um ambiente com temperaturas amenas, a principal via de dissipação de calor é na forma sensível (condução e convecção). Em estresse por calor a perda de calor latente por evaporação é mais eficiente. Isso porque, em caso de temperaturas elevadas, os animais utilizam os mecanismos evaporativos (respiração e sudorese) para manter o balanço térmico, tornando-se a principal via de dissipação de calor (PERISSINOTTO et al., 2006).

O aumento da frequência respiratória também é uma forma de dissipar calor, onde o animal utiliza o ofego, permitindo a dissipação de até 25% de calor. Contudo, com um tempo prolongado de estresse, há perda excessiva de CO<sub>2</sub>, podendo o animal entrar em alcalose respiratória (TAKAHASHI; BILLER; TAKAHASHI, 2009). Assim, para que esses mecanismos atuem de maneira eficiente, é necessário que ocorra um gradiente térmico entre o corpo do animal e o ambiente a sua volta (PIRES; CAMPOS, 2008).

Diversos índices foram propostos com base na medição de fatores meteorológicos, como o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (THOM, 1959), Índice de Umidade do Globo Negro (BUFFINGTON; COLLIER; CANTON, 1983), Índice de Temperatura Equivalente (BAËTA et al., 1997), Índice de Temperatura Ajustada (MADER; DAVIS; BROWN-BRANDL, 2006), Índice de Carga de Valor (GAUGHAN et al., 2008), Índice Climático Abrangente (MADER et al., 2010) e Índice de Estresse Térmico para Vacas (SILVA; MAIA; COSTA, 2015).

O mais comumente utilizado, tanto para vacas confinadas quanto a pasto, é o ITU. De acordo com Du Preez et al. (1990), a produtividade do leite não é afetada quando o ITU permanece na faixa de 35 a 72 unidades. Hahn (1993) classificou os níveis de estresse por calor nos seguintes intervalos de ITU: <74 - normal, 75 a 78 - alerta, 79 a 83 - perigo e > 84 - emergência.



### Efeitos do estresse térmico em bovinos leiteiros

Define-se estresse como a soma dos mecanismos de defesa do organismo em resposta a um estímulo provocado por um agente estressor, externo ou interno, no sentido de manter a homeostase (SILVA et al., 2012). A homeostase envolve a ativação coordenada da regulação comportamental, fisiológica e neuroendócrina do animal (MURÁNI et al., 2010). A regulação neuroendócrina é uma das principais respostas adaptativas mostradas pelo animal em condições de estresse extremo (MAHESH et al., 2013). O eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA) desempenha um papel significativo na liberação de neurotransmissores e hormônios como o hormônio liberador de corticotrofina (CRH), hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) e os glicocorticoides que regulam a resposta ao estresse, acionando mecanismos termorreguladores (SEJIAN; MAURYA; NAQVI, 2010).

O estresse térmico pode ser entendido como a combinação de condições ambientais que fazem com que a temperatura efetiva do ambiente seja maior que a zona termoneutra dos animais (PIRES; CAMPOS, 2008). Os principais fatores ambientais que, quando combinados, causam estresse térmico nos animais são a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e a radiação solar (WEST; MULLINIX; BERNARD, 2003). Rodrigues, Souza e Pereira Filho (2010) estudando a influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras afirmam que em condições ambientais de elevado desconforto térmico principalmente pelo calor, as vacas têm seu consumo de alimento e produção leiteira reduzidos, além de outras inúmeras alterações fisiológicas, como medidas da função termorregulatória. No estresse por calor, os mecanismos comportamentais e fisiológicos apresentados pelos animais são: prostração, busca incessante por sombra, redução da ingestão de alimentos, aumento da ingestão de água, aumento da frequência cardíaca e respiratória, sudorese, vasodilatação periférica e aumento da produção de saliva (SILVA et al., 2012; COLLIER et al., 2019).

Souza et al. (2010) estudando o processo termorregulatório em novilhas leiteiras observaram que a frequência respiratória elevada para dissipar o calor pode interferir na ingestão alimentar e no ato de ruminar, acumular calor endógeno e repelir energia que deveria ser usada para outros processos metabólicos e produtivos. Por fim, Rodrigues, Souza e Pereira Filho (2010) e Souza et al. (2010) concluíram que um ambiente sombreado apresenta uma redução de 50% da carga térmica radiante, auxiliando os animais manterem a homotermia e com isso, evitando o estresse térmico, promovendo o bem estar e aumentando a produtividade.

Com aumento da temperatura ambiental, ocorre diminuição na produção de calor via metabolismo basal, e isso se dá mediante a redução do consumo de alimentos e, por consequência, das atividades fisiológicas, como a produção de leite (SILVA et al., 2012). West, Mullinix e Bernard (2003) relataram que o efeito conjunto das altas temperaturas, umidade relativa do ar e radiação solar prolongada sobre vacas em



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

lactação, dificulta a dissipação de calor, resultando em queda na produção de leite. A sensibilidade da vaca aos efeitos do estresse térmico aumenta proporcionalmente a sua produção leiteira, já que animais especializados possuem alta eficiência na utilização de alimentos, gerando mais calor metabólico (CRUZ et al., 2011), o que aumenta o desafio para dissipar o calor gerado (WEST; MULLINIX; BERNARD, 2003).

O sinal aparente de uma vaca estressada pelo calor é o aumento da temperatura corporal. O ponto de ajuste da temperatura corporal de bovinos leiteiros é 38,5°C (COLLIER et al., 2019). Sob condições térmicas neutras, vacas leiteiras que produzem 30 kg/d ou mais mantendo a temperatura retal em torno de 38,5°C (RHOADS et al., 2009; WHEELLOCK et al., 2010), sugerindo que vacas leiteiras de alta produção são capazes de manter o equilíbrio entre ganho e perda de calor em condições não estressantes. Ao usar a temperatura corporal como a tensão medida para determinar o limiar do estresse térmico, Berman et al. (1985) sugeriram que a temperatura crítica superior de vacas em lactação à sombra, com ou sem ventilação forçada, era de 25 a 26°C acima da qual a temperatura retal aumenta. Dikmen e Hansen (2009) relataram que a temperatura retal de vacas leiteiras alojadas em estábulos livres chegou a 38,5°C quando a temperatura do bulbo seco é de 28,4°C ou ITU de 78,2.

### **Efeitos do estresse térmico na reprodução de bovinos leiteiros**

O estresse térmico pode alterar a duração do estro (GANGWAR; BRANTON; EVANS, 1965), função uterina, estado endócrino (COLLIER et al., 1982; WISE et al., 1988; WOLFENSON; FLAMENBAUM; BERMAN, 1988; HOWELL et al., 1994), crescimento e desenvolvimento folicular e mecanismos luteolíticos (WILSON et al., 1998). Períodos prolongados de estresse por calor também podem afetar o desenvolvimento embrionário inicial e a persistência fetal (BIGGERS et al., 1987; WOLFENSON; ROTH; MEIDAN, 2000; DE RENSIS; SCARAMUZZI, 2003), o crescimento fetal (WOLFENSON; FLAMENBAUM; BERMAN, 1988) e a qualidade do colostro (NARDONE et al., 1997).

A taxa de concepção é definida como o número de vacas prenhes dividido pelo número total de serviços, multiplicado por 100 (SCHÜLLER; BURFEIND; HEUWIESER, 2014). Durante os períodos de estresse por calor, a taxa de concepção dos rebanhos é, de, em média, 35%, em comparação com períodos sem estresse por calor (DE RENSIS et al., 2002; DE RENSIS; SCARAMUZZI, 2003; SCHÜLLER; BURFEIND; HEUWIESER, 2014).

A capacidade de uma vaca de exibir comportamento natural de acasalamento é afetada negativamente pelo aumento da temperatura ambiente que pode causar letargia física e reduzir a duração e a intensidade da expressão do estro (ORIHUELA, 2000). Dransfield et al. (1998) relataram que o número de montas nos meses quentes foi quase 50% menor em comparação com os meses frios. A redução da expressão do estro pode ser



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

um mecanismo de enfrentamento do estresse térmico para prevenir maior aumento da produção interna de calor do que aquele já causado por outras atividades relacionadas ao estro (HANSEN; AREÉCHIGA, 1999).

As inadequações reprodutivas, como a diminuição da taxa de concepção nos meses de verão, contribuíram para que os produtores alterassem as práticas de manejo. Protocolos de IA fixados são usados para reduzir a necessidade de detecção visual do estro e para aumentar as taxas de prenhez (COLLIER; DAHL; VanBAALE, 2006). Taxas de concepção aumentadas foram observadas com IA programadas, mas ainda não são tão altas nos meses de verão em comparação com os meses de inverno (EDWARDS; HANSEN, 1997).

Em um estudo australiano, vacas que experimentaram estresse por calor 3 a 5 semanas antes e 1 semana após o dia de serviço tiveram taxas de concepção diminuídas (MORTON et al., 2007). Em outro estudo, os pesquisadores estabeleceram um limite de ITU de 73, no qual a taxa de concepção é afetada negativamente. No dia da inseminação, vacas que foram expostas a  $\geq 9$  h de um ITU de 73 tiveram uma diminuição de 26% na taxa de concepção em comparação com vacas expostas a um ITU de 73 por  $<9$  h. Os pesquisadores concluíram que a exposição ao estresse por calor 3 semanas antes do dia do serviço pode afetar negativamente as taxas de concepção (SCHÜLLER; BURFEIND; HEUWIESER, 2014).

### **Efeito do estresse térmico no consumo alimentar de bovinos leiteiros**

Como modificações comportamentais para a termorregulação, o animal em altas temperaturas diminui o tempo gasto com o pastejo e aumenta o tempo em ócio. Além de modificar os horários de pastejo, alimentando-se mais na parte da manhã e da noite (BATISTA et al., 2015). Animais submetidos às condições de estresse térmico reduzem o Consumo de Matéria Seca (CMS) e a eficiência de utilização dos nutrientes (PIMENTEL et al., 2007). Isso porque o estresse por calor atua no hipotálamo estimulando a saciedade e inibindo a fome, reduzindo o consumo de alimento (WEST; MULLINIX; BERNARD, 2003).

Segundo Silva et al. (2012), geralmente as vacas voluntariamente limitam o consumo de forragem durante o período quente, alterando a relação entre acetato (proveniente da digestão da forragem) e propionato (proveniente da digestão do concentrado) no rúmen. Vacas submetidas ao estresse térmico podem apresentar uma queda de até 55% no consumo de matéria seca (CMS) e aumento de 7 a 25% nas exigências energéticas de manutenção (NRC, 2001). A redução do CMS e o aumento da utilização dos nutrientes desses animais submetidos ao estresse térmico fazem com que seja necessário o fornecimento de dieta com maior densidade de nutrientes de forma que a produção de leite não decline bruscamente quando comparada à condição de termoneutralidade (PIMENTEL et al., 2007).

Dietas com baixo teor de fibra resultam em menor incremento calórico quando comparado a dietas fibrosas como fenos de gramíneas. A alta concentração de grãos e menor teor de fibra promovem diminuição



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

do estresse calórico para vacas em lactação em razão do menor calor gerado para sua digestão. Todavia, o correto balanço destas rações não é uma tarefa fácil, podendo haver queda na produção de gordura do leite e maior incidência de problemas digestivos (PENNINGTON; VAN DEVENDER, 2005).

A diminuição do CMS é um esforço para minimizar a produção de calor metabólico, mas contribui significativamente para a queda na produção de leite. Em vacas em lactação, o CMS reduzido é responsável por metade da perda de produção de leite causada pelo estresse térmico (RHOADAS et al., 2009; WHEELLOCK et al., 2010). Lamp et al. (2015) relataram que as vacas com lactação precoce e com resistência ao calor tiveram redução semelhante na produção de leite em comparação com àquelas sob neutralidade térmica, mas com CMS semelhante, sugerindo que o consumo diminuído explica inteiramente a perda de produção de leite por estresse térmico no início da lactação. Tao et al. (2018) também relataram que vacas em lactação precoce, com ou sem resfriamento evaporativo, tiveram eficiência alimentar semelhante (leite com gordura corrigida/CMS), corroborando, indiretamente, que o CMS é o principal mecanismo que regula a resposta da produção de leite ao estresse térmico no início da lactação.

As funções digestivas do animal também são alteradas pelo ambiente térmico. Embora nem sempre seja consistente (NRC, 1981), o estresse térmico é responsável pelo aumento da digestibilidade dos nutrientes em novilhas em crescimento e vacas leiteiras em lactação (McDOWELL et al., 1969; TAJIMA et al., 2007). O CMS reduzido pode explicar apenas parcialmente o aumento da digestão (NRC, 1981). Comparado com vacas em lactação expostas à condição térmica neutra com CMS semelhante, a digestibilidade dos nutrientes da vaca estressada pelo calor permanece mais alta (GAO et al., 2017). Os ambientes térmicos circundantes influenciam a digestibilidade dos nutrientes, alterando a motilidade intestinal e a taxa de passagem (NRC, 1981; BERNABUCCI et al., 2014). Em vacas em lactação e novilhas em crescimento, o estresse térmico reduz as contrações do rúmen, diminui a taxa de passagem e aumenta o tempo de retenção da digesta no trato digestivo, o que melhora a digestibilidade dos nutrientes (McDOWELL et al., 1969; NONAKA et al., 2008).

## **Efeitos do estresse térmico na produção, composição e qualidade do leite**

De acordo com Pinarelli (2003), o estresse térmico pode gerar um decréscimo de 17% na produção de leite de vacas com média de produção de 15 kg de leite/dia e de 22% para animais com média de 40 kg/dia. Campos et al. (2008) observaram diminuição da produção de leite quando os animais foram submetidos à temperatura de 32°C. Já West, Mullinix e Bernard (2003) relataram que quando a temperatura exterior é de 35°C ou mais, pode ocorrer uma redução na produção de leite de até 33%.

Nascimento et al. (2017) observaram correlação negativa entre a temperatura do ar e a produção de leite ( $r = -0,63$ ,  $P < 0,0001$ ), isto é, o aumento da temperatura do ar diminui a produção de leite. Davison et al.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

(2016) avaliaram a produção e a composição do leite de vacas holandesas alimentadas em pastagens em regiões subtropicais, durante o verão, sob diferentes tratamentos de exposição térmica. A produção diária de leite e o rendimento dos componentes gordura, proteína e lactose foi maior ( $P < 0,05$ ) para o tratamento com cortina de ferro (100% de área sombreada) + aspersor em comparação com o tratamento cuja oferta de sombra era de 65% + aspersores.

O estresse térmico provoca alterações (reduções) na síntese, absorção e mobilização dos metabólitos (glicose, ácidos graxos voláteis, lipídios, aminoácidos e etc.). A redução, assim como o redirecionamento do fluxo sanguíneo dos órgãos internos com a presença desses nutrientes, ocasiona alterações na composição do leite (SILVA et al., 2012) podendo, inclusive, afetar sua estabilidade. A redução da estabilidade do leite, conhecida como Leite Instável Não Ácido (LINA), pode ocorrer pela acidose metabólica, em resposta compensatória a alcalose respiratória desencadeada pelo aumento da taxa respiratória na tentativa de o animal dissipar o calor para minimizar este desbalanço fisiológico (MARQUES et al., 2011). Abreu et al. (2011) submeteram vacas da raça Holandesa à elevadas temperaturas e sem acesso à sombra por um período de cinco dias e perceberam redução significativa na estabilidade do leite ao teste do álcool, a qual atingiu valores de 70,83°GL. O teste do álcool é utilizado para medir a estabilidade do leite, segundo Instrução Normativa nº 76 – IN76 (BRASIL, 2018) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Considera-se estável o leite que não apresenta precipitação a 72°GL. Caso ocorra precipitação do leite em gradações menores, classifica-se este como instável (ZANELA; RIBEIRO, 2018).

### **Alternativas para amenizar o estresse térmico**

Os efeitos do estresse térmico são muito prejudiciais para os bovinos leiteiros e para amenizá-los, o ambiente, em que os animais estão alojados, precisa ser refrigerado (PIRES; CAMPOS, 2008). Sabe-se que várias medidas podem ser adotadas, de acordo com Silva et al. (2012), um dos métodos mais eficientes para controlar e/ou combater tais efeitos é estabelecendo algumas modificações no ambiente em que a vaca é submetida. Sendo que essas modificações se baseiam em dois princípios: alteração do ambiente e manejo nutricional.

Construções zootécnicas com equipamentos de refrigeração e ventilação com objetivo de reduzir a temperatura ambiente em abrigos para os animais se mostram eficientes e o resfriamento evaporativo das instalações para o confinamento de bovinos leiteiros tem se expandido em regiões de clima quente, devido à simplicidade, praticidade e relação custo/benefício favorável (SILVA et al., 2002). Porém, independentemente do tipo de sistema a ser adotado (a pasto ou confinamento), antes de escolher a melhor opção para diminuir o



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

estresse térmico, deve-se observar a relação custo-benefício e a seleção de animais adequados para cada região (SILVA et al., 2012).

No manejo do ambiente, as modificações podem favorecer ou prejudicar o desempenho dos animais, facilitando ou inibindo os processos produtivos e reprodutivos. Existem diversas alternativas de modificações ambientais destinadas a reduzir o impacto térmico sobre os animais, podendo ser classificadas em primárias e secundárias. As primárias são constituídas por modificações de simples execução com objetivo de proteger os animais durante períodos de altas temperaturas, como o sombreamento. Já as modificações secundárias, correspondem ao manejo do microambiente em instalações utilizadas para confinamento dos animais, como por exemplo, o *free stall* (SILVA et al., 2012).

O sombreamento é de extrema importância, isso porque quanto maior o conforto dos animais maior será a produção de leite (PIRES; CAMPOS, 2008). O objetivo principal do sombreamento é proteger o animal contra os efeitos da radiação solar direta, reduzindo a carga térmica radiante (ANDERSON et al., 2013).

O efeito benéfico da disponibilidade de sombra para animais de produção se baseia na melhoria de suas condições fisiológicas (frequência respiratória, temperatura retal e batimentos cardíacos), no comportamento do animal (consumo, ócio e ruminação) e no desempenho produtivo (carne, leite, etc.), percebendo-se diferenças mais acentuadas nessas variáveis, quanto menor for a tolerância dos animais às elevadas temperaturas (TITTO, 1998).

O sombreamento pode reduzir cerca de 30% ou mais da carga térmica da radiação solar, quando comparada à carga recebida pelo animal ao ar livre (BAÊTA, 1997). Já o acesso à sombra pode representar um aumento de 10% na produção de leite de vacas em comparação àquelas sem acesso à sombra (COLLIER; DAHL; VanBAALE, 2006). Assim, o fornecimento de sombra é a estratégia mais eficiente para minimizar o estresse térmico, protegendo as vacas contra os efeitos dos raios solares e permitindo um ambiente mais confortável. Naturalmente, os benefícios obtidos irão depender do tipo de sombra utilizado, da raça dos animais, da alimentação disponível, e do estágio de lactação (SILVA et al., 2012).

O sombreamento natural para criações em pastagem é a forma mais simples e economicamente viável de fornecer conforto térmico para os bovinos. Em condições de livre escolha, as vacas geralmente procuram a sombra das árvores em lugar de estruturas artificiais. O sombreamento natural representa um modo eficiente de proteger as vacas da radiação solar, as árvores reduzem a temperatura do ar pela evapotranspiração foliar e permitem uma movimentação adequada do ar sob sua copa (SILVA et al., 2012).

As árvores mais indicadas apresentam copas altas e amplas, elevadas e com formato de cone invertido. Em contrapartida, árvores de folhas largas, copas muito densas e baixas, não são indicadas para o



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

sombreamento natural por dificultarem a ventilação em função da ascensão do ar quente, havendo dificuldade para dissipar o calor (ARAÚJO, 2007; SILVA et al., 2012).

Na ausência de árvores, o sombreamento artificial é uma alternativa viável. Existem diferentes materiais que podem ser utilizados no sombreamento, inclusive alternativas de baixo custo como a construção de abrigos para vacas de leite apenas com pilares de toras de eucalipto ou bambu, e cobertura de polipropileno, que garantem aproximadamente 80% de proteção contra a radiação solar, promovendo um conforto térmico considerável (SILVA et al., 2012).

Souza et al. (2010), avaliaram novilhas oriundas do cruzamento entre as raças Holandesa e Jersey, submetidas em ambientes diferentes com sombreamento e sem sombreamento, e verificaram que o ambiente físico com sombreamento reduziu em mais de 50% a carga térmica radiante, sendo, portanto, indispensável para as novilhas manterem a homeostase. E nas pastagens sem sombra, os animais apresentaram sintomas do estresse térmico como movimentação excessiva, agrupamento nos extremos do piquete, ingestão frequente de água e descanso na posição deitada.

## Sistemas de resfriamento

Mesmo que a utilização da sombra possa reduzir o calor pela radiação solar, ela não apresenta efeito na temperatura do ar ou na umidade relativa, com isso o uso de resfriamento adicional é requerido para vacas em lactação submetidas a ambientes de climas quentes e úmidos (COLLIER et al., 2012). Existe uma gama de sistemas de resfriamento ambiental disponível para bovinos leiteiros. Dentre elas, a ventilação (natural ou forçada) dentro de um abrigo é importante em temperaturas elevadas e alta umidade, pois promove a remoção da umidade, dispersão dos gases e dispersão do excesso de calor (PINHEIRO, 2012).

A movimentação do ar em torno dos animais é capaz de provocar redução na sensação térmica pelo aumento na dissipação do calor por convecção e por evaporação. Porém, o uso de ventiladores só será eficiente se a temperatura do ar for menor que a temperatura superficial do animal, caso contrário não fornecerá alívio adequado para o estresse térmico, como em caso de ventos quentes, com temperatura superior àquela verificada na superfície da pele dos animais, a não ser quando combinado com outros métodos de resfriamento (SILVA et al., 2012).

Nesse sentido, a água se apresenta como um excelente agente resfriador por apresentar uma elevada capacidade calorífica e alto calor latente de vaporização. Por isso, durante as épocas mais quentes do ano, vacas holandesas podem procurar água para se refrescarem (BACCARI JÚNIOR, 2001). Cruz et al. (2011) relatam que, em ambientes onde a umidade relativa do ar é de, até 70%, a melhor maneira de realizar o resfriamento é pela utilização de água.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

Um dos sistemas mais utilizados mundialmente é a combinação de ventiladores e aspersores, onde se borriфа água nos animais e posteriormente se joga vento, proporcionando resfriamento evaporativo e queda na temperatura corporal. O objetivo deste processo é resfriar os animais e aumentar a umidade do ambiente, sendo mais efetivo em climas áridos, apesar de também reduzir a temperatura em locais úmidos (SHEARER; BRAY; BUCKLIN, 1991).

Outro método bastante utilizado, que tem por objetivo reduzir a temperatura do ar, mas aumenta a umidade relativa, por isso é mais efetivo em climas secos é o resfriamento evaporativo (SILVA et al., 2012). De acordo com Carvalho et al. (2009), regiões com altos valores de temperatura do ar associado a alta umidade relativa, são limitantes ao uso de sistemas de resfriamento evaporativo, porém durante os meses mais quentes e menos úmidos, estes sistemas apresentam melhor desempenho.

Existe ainda uma série de práticas adicionais, tais como; pintar de branco a superfície superior da cobertura, aspergir água na cobertura, utilizar isolamento térmico, dentre outras que podem apresentar resultados variados e contraditórios quando utilizados isoladamente, mas se utilizados associados a outras medidas podem beneficiar no combate ao estresse térmico (SILVA et al., 2012).

## **Manejo nutricional**

O aumento na temperatura ambiente com conseqüente aumento na temperatura retal resultará em modificações dos requisitos de manutenção e de produção, principalmente no que se refere à distribuição de energia (NRC, 2001). O primeiro sinal de estresse térmico é a queda na alimentação, assim, práticas nutricionais podem ser eficientes para controlar seus efeitos (PIRES; CAMPOS, 2008). Segundo Cruz et al. (2011), ao atingir a temperatura de 25,5°C, uma vaca passa a ter dificuldades para eliminar o excesso de calor e o consumo de ração começa a diminuir. Assim, ao reduzir o consumo de alimento, os animais apresentam menor fluxo sanguíneo no sistema porta, resultando em menor quantidade de nutrientes disponíveis para as funções de produção (SILVA et al., 2012).

À medida que a temperatura aumenta a quantidade de energia consumida para manutenção da homeotermia também se eleva, para isso, a ingestão de matéria seca precisa aumentar, porém, quando o estresse térmico é intenso o inverso acontece, os níveis de energia da vaca são duplamente afetados: maior necessidade de energia para manter a homeotermia e menor consumo de energia (CRUZ et al., 2011). Quando a temperatura ambiental é de até 35°C, um aumento no consumo de água é esperado, porém temperaturas superiores deprimem o consumo de água e reduzem o consumo de alimento (SILVA et al., 2012).

Em razão da redução do consumo de alimento se faz necessário oferecer aos animais uma dieta com maior densidade de nutrientes para evitar a queda na produção de leite (CRUZ et al., 2011). Uma das



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

alternativas para reduzir o calor gerado no trato digestivo é a formulação de dietas frias com baixo incremento calórico (BERNABUCCI et al., 2014).

A dieta que produz menor incremento calórico é aquela que gera alta proporção de nutrientes para a síntese e diminui o incremento calórico oriundo de fermentações e metabolismo dos alimentos (PIRES; CAMPOS, 2008). Uma das maneiras de formular a dieta fria é a utilização de menor quantidade de forragem ou com a utilização de gordura, que não deve ultrapassar 7% da matéria seca (BERNABUCCI et al., 2014).

De acordo com Pires e Campos (2008), na categoria da dieta fria podem estar incluídas pastagens tenras, silagens de grãos e concentrados ricos em gordura. A formulação de dietas com baixo incremento calórico para animais termicamente estressados viabiliza a redução de calor gerado pela fermentação do alimento e metabolismo dos tecidos diminuindo o calor corporal (PIMENTEL et al., 2007).

Alternativas relacionadas ao manejo alimentar, que podem ser empregadas, é o aumento da frequência de tratos ao longo do dia, reduzindo a quantidade de alimento por refeição e estimulando o consumo em dias mais quentes (PIRES; CAMPOS, 2008).

## Considerações Finais

O estresse térmico ocasiona diversos problemas em rebanhos leiteiros, desde alterações comportamentais, fisiológicas, queda da produção e qualidade do leite, gerando perdas econômicas para os produtores de leite. Quando se consegue identificar os efeitos que o estresse térmico ocasiona sobre os animais, os mesmos podem ser amenizados com maior rapidez, minimizando as perdas econômicas dos produtores.

Portanto, controlar os efeitos que o estresse térmico exerce sobre os animais, torna-se essencial para a manutenção da produtividade dos mesmos. Vários métodos para controlar os efeitos do estresse térmico mostram-se eficientes, desde o uso de sombreamento, ventiladores, aspersores à formulação de dietas específicas e manejo. Porém, toda alteração de manejo, instalação e alimentação, independente do sistema (a pasto ou confinamento), deve ser adequada com a realidade da propriedade, levando em consideração a relação custo/benefício dentro do sistema.

## Referências

ABREU, A. S. et al. Estresse calórico induzido por privação de acesso à sombra em vacas holandesas reduz a produção leiteira e a estabilidade térmica do leite. In: Conferencia Internacional de Leche Inestable, 2., 2011, Colonia del Sacramento. **Anais...** Colonia del Sacramento, 2011.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

ANDERSON, S. D. et al. Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 7, p. 4738-4750, 2013. DOI: 10.3168/jds.2012-6401.

ARAÚJO, R. T. Conforto animal: árvores de sombra em pastagens. In: PRODUÇÃO DE RUMINANTES EM PASTAGENS 24º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2007, Piracicaba, SP. **Anais...** 2007, p. 219-226.

AZEVEDO, M. et al. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005. DOI: 10.1590/S1516-35982005000600025

BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais – Conforto Animal**. Viçosa, Ed. UFV, 1997. 246p.

BATISTA J. N. et al. Termorregulação em ruminantes. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido (ACSA)**, v. 11, n. 2, p. 39-46, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v11i2.674>

BERMAN, A. et al. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 6, p. 1488-1495, 1985. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80987-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80987-5)

BERNABUCCI, U. et al. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 471-486, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>

BERTIPAGLIA, E. C. A. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características do pelame e de desempenho reprodutivo de vacas holandesas em clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 350 – 359, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000200011>



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

BIGGERS, B. G. et al. Effect of Heat Stress on Early Embryonic Development in the Beef Cow. **Journal of Animal Science**, v. 64, n. 5, p. 1512-1518, 1987. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1987.6451512x>

BILBY, T. R. et al. Estratégias farmacológicas, nutricionais e de manejo para aumentar a fertilidade de vacas leiteiras sob estresse térmico. **In: XIII Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos**. Uberlândia, MG, p. 59-71, 2009.

BRASIL. Instrução Normativa nº76, de 26 de novembro de 2018. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1983. DOI: [10.13031/2013.33845](https://doi.org/10.13031/2013.33845)

CAMPOS, R. et al. Parâmetros hematológicos e níveis de cortisol plasmático em vacas leiteiras de alta produção no Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 45, p. 354-361, 2008.

CARVALHO, V. F. et al. Zoneamento do potencial de uso de sistemas de resfriamento evaporativo no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 358- 366, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000300020>

COLLIER, R. J. et al. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. **Animal Frontiers**, v. 9, n. 1, p. 12-19, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>

COLLIER, R. J. et al. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. **Anais... 23rd Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium**, Gainesville, University of Florida, Gainesville, p. 74-84, 2012.

COLLIER, R. J. et al. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 11, p. 2213-2227, 1982. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82484-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82484-3)



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VanBAALE. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1244-1253, 2006. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72193-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2)

CRUZ, L. V. et al. Efeitos do estresse térmico na produção leiteira: revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 9, n. 16, 2011.

DASH, S. A. et al. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. **Veterinary World**, v. 9, n. 3, p. 235, 2016. DOI: 10.14202/vetworld.2016.235-244

DAVISON, T. M. et al. Comparison of the impact of six heat-load management strategies on thermal responses and milk production of feed-pad and pasture fed dairy cows in a subtropical environment. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, p. 1961-1968, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1183-2>

DE RENSIS, F. et al. Fertility in postpartum dairy cows in winter or summer following estrus synchronization and fixed time AI after the induction of an LH surge with GnRH or hCG. **Theriogenology**, v. 58, n. 9, p. 1675-1687, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01075-0](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01075-0)

DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-a review. **Theriogenology**, v. 60, n. 6, p. 1139-1151, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00126-2)

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 109-116, 2009.

DRANSFIELD, M. B. G. et al. Timing of insemination of dairy cows identified in estrus by a radiotelemetric estrus detection system. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 1874-1882, 1998. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75758-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75758-3)

DU PREEZ, J. H. et al. Heat stress in dairy cattle under southern African conditions. II. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. **Onderstepoort Journal of Veterinary Research**, v. 57, p. 183-187, 1990.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

EDWARDS, J. L.; HANSEN, P. J. Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. **Molecular Reproduction and Development**, v. 46, p. 138-145, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2795\(199702\)46:2<138::AID-MRD4>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2795(199702)46:2<138::AID-MRD4>3.0.CO;2-R)

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Anuário do leite**. 2019. Embrapa gado de leite. p.104, 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198698/1/Anuario-LEITE-2019.pdf>> Acesso em: 28 de maio de 2020.

FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F. **Dairy cows heat stress index including air speed parameter**. AgEng'96, Conference on Agricultural Engineering, Madrid, 23-26, September, 1996.

GANGWAR, P. C.; BRANTON, C.; EVANS, D. L. Reproductive and physiological responses of holstein heifers to controlled and natural climatic conditions. **Journal of Dairy Science**, v. 48, n. 2, p. 222-227, 1965. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(65\)88200-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(65)88200-5)

GAO, S. T. et al. The effects of heat stress on protein metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 5040-5049, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11913>

GAUGHAN, J. B. et al. A new heat load index for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 1, p. 226-234, 2008. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0305>

HAHN, G. L. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28p.

HANSEN, P. J.; AREÉCHIGA, C. F. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 36-50, 1999. DOI: [https://doi.org/10.2527/1997.77suppl\\_236x](https://doi.org/10.2527/1997.77suppl_236x)

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**. v. 82-83, p. 349-360, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

HEAD, H. H. Management of dairy cattle in tropical and subtropical environments. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 2., 1995, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBBiomet, 1995. p. 26-68.

JIMENEZ FILHO, D. L. Estresse calórico em vacas leiteiras: implicações e manejo nutricional. **Pubvet**, v. 7, n. 25, ed. 248, Art..1640, Suplemento 1, 2013.

LAMP, O. et al. Metabolic heat stress adaption in transition cows: Differences in macronutrient oxidation between late-gestating and earlylactating German Holstein dairy cows. **Plos One**, v. 10, n. 5, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125264>

MADER, T. L. et al. Tympanic temperature in confined beef cattle exposed to excessive heat load. **International journal of biometeorology**, v. 54, n. 6, p. 629-635, 2010. DOI: 10.1007/s00484-009-0229-0

MADER, T. L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 3, p. 712-719, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>

MAHESH, G. et al. Physiological, biochemical and molecular responses to thermal stress in goats. **International Journal of Livestock Research**, v. 3, n. 2, p. 27-38, 2013. DOI: 10.5455/ijlr.20130502081121

MARQUES, L. T. et al. Produção leiteira, composição do leite e perfil bioquímico sanguíneo de vacas lactantes sob suplementação com sal aniônico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1088-1094, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000500021>

McDOWELL, R. E. et al. Effect of heat stress on energy and water utilization of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 52, n. 2, p. 188-194, 1969. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(69\)86528-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(69)86528-8)

McMANUS, C. et al. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Livestock Science**, v. 120, n. 3, p. 256-264, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.014>

MELO, A. F. et al. Efeitos do estresse térmico na produção de vacas leiteiras: Revisão. **Pubvet**, v. 10, n. 10, p. 721-730, 2016. DOI: 10.22256/pubvet.v10n10.721-730



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

MORTON, J. M. et al. Effects of environmental heat on conception rates in lactating dairy cows: critical periods of exposure. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 5, p. 2271-2278, 2007. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2006-574>

MURÁNI, E. et al. Association of HPA axis-related genetic variation with stress reactivity and aggressive behaviour in pigs. **BMC Genetics**, v. 11, n. 1, 2010. DOI: 10.1186 / 1471-2156-11-74

NARDONE, A. et al. Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 5, p. 838-844, 1997. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76005-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76005-3)

NASCIMENTO, S. T. et al. Influência da temperatura ambiente no verão na produção de leite de vacas holandesas. **Pubvet**, v. 11, n. 3, p. 217-223, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals**. National Academies Press, 1981, 168p. DOI: <https://doi.org/10.17226/4963>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7<sup>a</sup> ed. Washington: National Academy Press, 2001, 381p.

NONAKA, I. et al. Effects of high environmental temperatures on physiological and nutritional status of prepubertal Holstein heifers. **Livestock Science**, v. 113, n. 1, p. 14-23, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.02.010>

ORIHUELA, A. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 70, n. 1, p. 1-16, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00139-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00139-8)

PENNINGTON, J. A.; VAN DEVENDER, K. **Heat Stress in Dairy Cattle**. Agriculture and Natural Resources. University of Arkansas, United States Department of Agriculture, and County Governments Cooperating. Disponível em: <http://www.uaex.edu>. Acesso em: 18 de 11 de 2005.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.

PERISSINOTTO, M. et al. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro, **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 663-671, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000300002>

PIMENTEL, P. G. et al. Consumo, produção de leite e estresse térmico em vacas da raça Pardo-Suiça alimentadas com castanha de caju. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 6, p. 1523-1530, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000600027>

PINARELLI, C. **The effect of heat stress on milk yield**. Latte, Milan, v. 28, n. 12, p. 36-38, 2003.

PINHEIRO, M. G. Produção de leite em ambiente tropical. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, 2012.

PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. **Conforto Animal para maior produção de leite**. Viçosa: CPT – Centro de Produções Técnicas, 2008, p. 252.

RHOADS, M. L. et al. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 5, 2009. DOI: [10.3168/jds.2008-1641](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641)

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 2, p. 14-22, 2010.

ROTH, Z. Effect of heat stress on reproduction in dairy cows: insights into the cellular and molecular responses of the oocyte. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 5, p. 151-170, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022516-022849>

SCHÜLLER, L. K.; BURFEIND, O.; HEUWIESER, W. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

breeding, and heat load indices. **Theriogenology**, v. 81, n. 8, p. 1050-1057, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.029>

SEJIAN, V.; MAURYA, V. P.; NAQVI, S. M. Adaptability and growth of Malpura ewes subjected to thermal and nutritional stress. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, n. 8, p. 1763-1770, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9633-z>

SHEARER, J. K.; BRAY, D. R.; BUCKLIN, R. A. The management of heat stress in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 3, n. 35, p. 330-345, 1991.

SILVA, I. J. O. et al. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 2036-2042, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000800019>

SILVA, J. C. P. M. et al. **Bem-estar do Gado Leiteiro**. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2012.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; COSTA, L. L. M. Index of thermal stress for cows (ITSC) under high solar radiation in tropical environments. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 5, p. 551-559, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-014-0868-7>

SILVA, T. P. D.; SOUZA JÚNIOR, S. C. Produção de leite de vacas submetidas a diferentes períodos de exposição à radiação solar no Sul do Piauí. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 320-325, 2013.

SOUZA, B. B. et al. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 2, p. 59-65, 2010.

TAJIMA, K. et al. Influence of high temperature and humidity on rumen bacterial diversity in Holstein heifers. **Anaerobe**, v. 13, n. 2, p. 57-64, 2007. DOI: [10.1016/j.anaerobe.2006.12.001](https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2006.12.001)

TAKAHASHI, L. S.; BILLER, J. D.; TAKAHASHI, K. M. **Bioclimatologia zootécnica**, - Jaboticabal. 1ª ed., 2009. 91p.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>

TAO, S. et al. Symposium review: The influences of heat stress on bovine mammary gland function. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5642-5654, 2018. DOI: 10.3168/jds.2017-13727

THOM, E. C. The discomfort index. **Journal Weatherwise**, v. 12, n. 2, 1959. DOI: 10.1080/00431672.1959.9926960

TITTO, E. A. L. Clima: Influência na Produção de Leite. Piracicaba, SP, 1998. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1, 1998, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.10-23, 1998.

WEST, J. W.; MULLINIX, B. G.; BERNARD, J. K. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 1, p. 232-242, 2003. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73602-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73602-9)

WHEELOCK, J. B. et al. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p. 644-655, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2295>

WISE, M. E. et al. Hormonal Alterations in the Lactating Dairy Cow in Response to Thermal Stress. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 9, p. 2480-2485, 1988. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79834-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79834-3)

WOLFENSON, D.; FLAMENBAUM, I.; BERMAN, A. Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 3, p. 809-818, 1988. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79621-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79621-6)

WOLFENSON, D.; ROTH, Z.; MEIDAN, R. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. **Animal Reproduction Science**, v. 60, p. 535-547, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00102-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00102-0)

ZANELA, M. B.; RIBEIRO, M. E. R. - Leite Instável Não Ácido (LINA). **Embrapa Clima Temperado- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2018.