

**Influência do estresse térmico sobre os aspectos produtivos e reprodutivos de bovinos –  
Revisão**

**Influence of thermal stress on the productive and reproductive aspects of cattle – Review**

**Influencia del estrés térmico en los aspectos productivos y reproductivos del ganado –  
Revisión**

Recebido: 21/04/2020 | Revisado: 24/04/2020 | Aceito: 01/05/2020 | Publicado: 10/05/2020

**João Vítor Nogueira Almeida**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1236-9898>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: [jvnogueir1@gmail.com](mailto:jvnogueir1@gmail.com)

**Leticia Ribeiro Marques**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6652-6561>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: [leticiamarqueszootec@yahoo.com](mailto:leticiamarqueszootec@yahoo.com)

**Thaisa Campos Marques**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1112-6699>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: [thaisacm@hotmail.com](mailto:thaisacm@hotmail.com)

**Kátia Cylene Guimarães**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8821-9709>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: [katia.guimaraes@ifgoiano.edu.br](mailto:katia.guimaraes@ifgoiano.edu.br)

**Karen Martins Leão**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5236-7558>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: [karen.leao@ifgoiano.edu.br](mailto:karen.leao@ifgoiano.edu.br)

**Resumo**

Na bovinocultura leiteira existem diferentes sistemas de criação, os quais podem influenciar no conforto térmico dos animais. Os bovinos, por sua vez, têm mecanismos de regulação

térmica para manter a homeostase e uma zona de termoneutralidade. Entretanto, esses animais têm significativa sensibilidade à radiação solar e apresentam zonas termoneutras com temperaturas mais baixas do que a maioria das regiões brasileiras. Tal fato tem provocado grande impacto na economia leiteira devido aos efeitos negativos sobre o bem-estar, produção, reprodução e mudanças comportamentais das vacas leiteiras, além de afetar toda cadeia produtiva, desde a gestação, crescimento de bezerras e reprodução de machos. Desse modo, a presente revisão bibliográfica tem por objetivo analisar os efeitos do estresse térmico nos diversos aspectos da bovinocultura leiteira, mostrando o quão prejudicial essa pode ser.

**Palavras-chave:** Conforto térmico; Termorregulação; Produtividade; Bovinocultura.

### **Abstract**

In dairy cattle farming there are different breeding systems, which can influence the thermal comfort of the animals. The cattle, in turn, have mechanisms of thermal regulation to maintain homeostasis and a zone of thermoneutrality. However, these animals have significant sensitivity to solar radiation and have thermoneutral zones with lower temperatures than most Brazilian regions. This fact has had a great impact on the dairy economy due to the negative effects on the welfare, production, reproduction and behavioral changes of dairy cows, in addition to affecting the entire production chain, from gestation, growth of calves and reproduction of males. Thus, the present bibliographic review aims to analyze the effects of thermal stress on the different aspects of dairy cattle, showing how harmful it can be.

**Keywords:** Thermal comfort; Thermoregulation; Productivity; Cattle farming.

### **Resumen**

En el ganado lechero, existen diferentes sistemas de producción que pueden influir en el confort térmico de los animales. El ganado, a su vez, tiene mecanismos de regulación térmica para mantener la homeostasis y una zona de termoneutralidad. Sin embargo, estos animales tienen una sensibilidad significativa a la radiación solar y tienen zonas termoneutrales con temperaturas más bajas que la mayoría de las regiones brasileñas. Este hecho ha tenido un gran impacto en la economía lechera debido a los efectos negativos sobre el bienestar, la producción, la reproducción y los cambios de comportamiento de las vacas lecheras, además de afectar a toda la cadena de producción, desde la gestación, el crecimiento de los terneros y la reproducción de los machos. Por lo tanto, la presente revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar los efectos del estrés térmico en los diferentes aspectos del ganado lechero, mostrando cuán dañino puede ser.

**Palabras clave:** Comodidad térmica; Termorregulación; Productividade; Ganadería.

## 1. Introdução

O leite fluido e derivados são de suma importância para alimentação humana, tendo aumentado sua produção em mais de 50% nas três últimas décadas. Além disso, envolve aproximadamente 150 milhões de famílias em todo mundo, principalmente em países em desenvolvimento (Júnior & Jung, 2017).

Atualmente, 816 milhões de toneladas de leite são produzidas por ano no mundo e, em média, 116,5 kg de leite são consumidos por habitante, sendo que o consumo per capita de leite tem aumentado a cada ano (Siqueira, 2019).

No entanto, o aquecimento global tem prejudicado as vacas leiteiras, reduzindo a produtividade e a lucratividade do setor. Diante disso, há maior necessidade de conhecimento e investimentos para evitar o estresse térmico (Paula et al., 2012).

No Brasil, por mais que o clima favoreça o desenvolvimento das pastagens ajudando a melhorar o desempenho produtivo das vacas leiteiras, o clima tropical com temperaturas mais elevadas e umidade do ar superior podem reduzir o desempenho desses animais, tanto produtivo como reprodutivo (Façanha, 2013). Devido a isso, a seleção genética para animais que tenham maior adaptabilidade ao estresse térmico tem se destacado, apesar desses animais apresentam íntima ligação com a baixa produtividade (Hammami et al., 2013).

Em países tropicais, o estresse térmico é evidenciado como um grande empecilho nos sistemas de produção animal, afetando a expressão do potencial produtivo e reprodutivo dos animais. Os elementos meteorológicos como elevada temperatura, radiação solar e baixa umidade, exercem efeitos negativos diretos sobre o conforto térmico dos animais, desencadeando modificações fisiológicas e comportamentais, com o objetivo de regulação da temperatura corporal (Souza et al., 2010).

O estado de estresse caracteriza-se quando um organismo deixa de responder adequadamente aos estímulos, comprometendo o sistema imunológico, produtividade e desenvolvimento dos bovinos. Assim, é fundamental a compreensão das interações bioquímicas que constituem a resposta ao estresse (Gouveia et al., 2017).

Dessa forma, o conhecimento da interação entre os animais, ambiente, capacidade de adaptação das espécies e raças exploradas são imprescindíveis para escolher o sistema de criação e quais estratégias de manejo a serem utilizadas na criação de bovinos leiteiros, almejando sempre o melhor desempenho dos animais (Rodrigues et al., 2010).

Assim, objetiva-se revisar estudos referentes ao estresse térmico para identificar o quão prejudicial esta pode ser sobre a produtividade e reprodução de bovinos leiteiros. Além disso, apresentar dados que mostrem que o estresse térmico reduz o desempenho dos animais não somente na vida adulta, mas inclusive na gestação e na fase de crescimento.

## **2. Metodologia**

O estudo trata-se de uma revisão exploratória e descritiva (Pereira et al, 2018), uma vez que utiliza pesquisas a respeito dos níveis de estresse térmico assim como aumento da temperatura e prejuízos na produção e reprodução bovina em todas as etapas produtivas.

Esta revisão de literatura foi realizada durante o período de abril de 2019 a abril de 2020 mediante publicações contidas nos bancos de dados da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), PubMed (US National Library of Medicine National Institutes of Health), Scielo (Scientific Eletronic Library Online) e Google acadêmico, a partir das palavras-chave: estresse térmico, produtividade, reprodução e vacas leiteira.

Por se tratar de um assunto que requer várias bases da fisiologia animal, não se limitou à última década quanto aos artigos pesquisados. No entanto, apresenta dados atuais importantes sobre o assunto. Somente artigos disponíveis na íntegra foram incluídos (n=80). Os critérios de exclusão foram artigos alheios à temática e que não estavam apoiados em dados de pesquisa.

## **3. Revisão de Literatura**

### **3.1 Termogênese**

Termogênese é a capacidade do corpo do animal em regular a temperatura interna de acordo com as variabilidades ambientais, gastando energia com a finalidade de produzir e eliminar calor para promover a homeostase. Tem íntima ligação com o metabolismo, sendo ativada por diversos fatores como alimentação, uma vez que alguns alimentos necessitam de maior gasto energético para serem disponíveis; além também do calor, frio e quantidade de movimento do animal (Melo-Marins et al., 2017).

A termogênese pode ser encontrada de duas formas: obrigatória e facultativa. Na termogênese obrigatória há gasto de energia para utilização em processos fisiológicos básicos

e necessários como a digestão e respiração. Já a termogênese facultativa como considera Laitano et al. (2010) ocorre somente quando há alteração de algum movimento físico diferente da rotina, na alimentação e, principalmente, na temperatura ambiente.

### **3.2 Mecanismos de termorregulação**

Os animais homeotérmicos regulam temperatura corporal de acordo com a temperatura ambiente, permitindo assim, o fluxo de calor entre organismo e ambiente. A estabilidade da temperatura é realizada através de trocas de calor com o meio ambiente, sendo que estes são dependentes de mecanismos fisiológicos, comportamentais e metabólicos (Perissinotto & Moura, 2015).

O calor perdido para o ambiente através da condução, convecção e radiação é denominado calor sensível e está em função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente. Já o calor perdido para o ambiente através da evaporação é denominado calor latente e envolve mudança do estado de agregação. Assim, o organismo perde calor para o ambiente sob duas formas: calor sensível e calor latente (Frota & Schiffer, 2001).

Desse modo, para que os animais possam eliminar a energia térmica corporal excedente sob elevada temperatura ambiente, os mecanismos evaporativos de perda de calor tornam-se predominantes (Maia & Loureiro, 2005). Sendo assim, a adaptabilidade dos animais a determinadas condições ambientais pode ser determinada, não somente por medidas fisiológicas como frequência respiratória e temperatura corporal, mas também por meio da taxa de sudação e pela temperatura retal (Aiura et al., 2010).

As perdas de calor por evaporação em bovinos, segundo Façanha et al. (2013), ocorrem principalmente através da epiderme, podendo chegar a cerca de 85% das perdas de calor latente, tendo apenas 15% do calor perdido através da respiração. O fluxo de calor ocorre através de processos dependentes da temperatura ambiente (condução, convecção, radiação) e umidade (perda de calor latente, evaporação por meio de suor e respiração ofegante) (Hutchinson & Brown, 1969).

A condução é a troca de calor animal-ambiente através do contato direto. Já a convecção é a mudança de temperatura do corpo do animal de acordo com as movimentações térmicas do fluido que ele está inserido como por exemplo a ação do vento sobre o animal. A radiação representa a troca de calor através da emissão de energia por meio de ondas como a luz solar sobre o animal (Cattalam & Vale, 2013).

A magnitude da perda de calor sensível por condução e convecção depende da área de superfície por unidade de peso corporal, da magnitude do gradiente de temperatura entre o animal e o ar, e a condutância do calor do núcleo do corpo para a pele, e da pele para o ar circundante. A troca de calor por radiação depende da área da superfície, bem como, das propriedades reflexivas do revestimento (West, 2003).

Geralmente, as reações dos animais homeotérmicos às mudanças climáticas moderadas são compensatórias e estão direcionadas à manutenção ou restauração do equilíbrio térmico (West, 2003). Entretanto, como considera *Ibid* (1999) quando a temperatura ambiente se iguala à temperatura corporal da vaca e há aumento da umidade relativa do ar, ocorre redução na evaporação corpórea animal, o que afeta a sua capacidade de termorregulação, aumentando a temperatura corpórea. Isso ocorre devido aos efeitos negativos da alta umidade na dissipação do calor corporal.

### **3.3 Faixas de temperatura do ambiente**

Para que possam expressar todo o potencial genético e produtivo, os bovinos devem receber dieta em quantidade e qualidade adequadas, além de serem criados em clima de termoneutralidade. A zona de termoneutralidade (ZTN) é a faixa de temperatura do ambiente dentro da qual os animais não usam energia adicional para manter a temperatura corporal. Quando se alcança esta zona de conforto térmico, o desgaste fisiológico dos animais é mínimo e, como a produtividade não é afetada, torna-se máxima (Du Preez et al., 1990).

Quando ocorre uma alteração na ZTN, aumento ou diminuição da temperatura ambiente, são observadas mudanças no comportamento e padrão diurno dos animais, alteração do apetite, havendo ainda diminuição da retenção de energia oriunda da dieta. Geralmente, a faixa ZTN é influenciada pela idade animal, espécie, raça, consumo de ração, composição da dieta, aclimação da temperatura, produção, condições do alojamento, isolamento dos tecidos (gordura, pele), isolamento externo (pelagem) e comportamento animal (Yousef, 1985).

A temperatura animal pode ser muito diferente da temperatura ambiente. Esta faixa é limitada pela temperatura crítica inferior e temperatura crítica superior para diferentes espécies. A temperatura ambiente efetiva de um bezerro alojado em um abrigo limpo e seco com palha pode ser 8 a 10°C mais quente que a temperatura do ar, enquanto para uma novilha exposta ao vento e à chuva, este parâmetro pode ser consideravelmente menor que a temperatura ambiente (Kadzere et al., 2002).

Analisando a ZTN, pode-se identificar diferentes confortos térmicos entre espécies. Observa-se em bovinos recém-nascidos uma temperatura neutra entre 18 e 21°C. Já em ovinos, entre 25 e 30°C. Existem também diferenças entre raças como bovinos adultos taurinos que apresentam conforto térmico entre -1 e 16°C e bovinos zebus que variam entre 10 e 27°C (Kadzere et al., 2002). De acordo com Façanha (2013), as temperaturas recomendadas para vacas em lactação podem variar de 4 a 24°C conforme a raça: 10°C a 27°C para Gir (McManus, 2011); 4°C a 26°C para Holandês (Huber, 1990), mas com produção reduzida partir de 24°C (Silva et al., 2002). Já a temperatura crítica superior para lactantes Jersey é 29°C e Pardo Suíço de 27°C (Hafez, 1969).

McArthur & Clark (1988) relataram que a ZTN está relacionada diretamente com o balanço de calor e água do animal. Quanto mais um animal se afasta da temperatura corporal ideal, é provável que os processos produtivos sejam mais afetados. McDowell et al. (1976) também relataram que mesmo pequenos aumentos na temperatura central têm profundos efeitos sobre as funções teciduais e endócrinas que, por sua vez, podem afetar negativamente a fertilidade animal, crescimento, lactação e desempenho.

### 3.4 Temperaturas críticas inferior e superior

As temperaturas críticas inferior e superior são considerados os limites máximo e mínimo para a zona de termoneutralidade. Se ocorrerem valores inferiores da temperatura crítica inferior ou acima da temperatura crítica superior, os animais sofrem estresse pelo frio e pelo calor, respectivamente (Figura 1).

**Figura 1.** Representação gráfica da zona de termoneutralidade



Fonte: Adaptado de Pereira (2005).

Assim, as temperaturas críticas inferiores e superiores para recém-nascidos, taurinos e zebuínos são respectivamente: 10 a 26°C, -10 a 27°C, 0 a 35°C (Azevêdo & Alves, 2009).

Quando se têm valores inferiores à temperatura crítica inferior, há aumento do metabolismo animal com o objetivo de gerar calor e manter a temperatura estável, resposta esta alcançada através do aumento do gasto de energia. A regra geral é que o gasto de energia deve aumentar em 1% para cada grau de temperatura abaixo do ideal. A perda de calor não evaporativa diminui à medida que a temperatura ambiente sobe acima da temperatura controle do animal, tornando os animais mais dependentes da vasodilatação periférica e da evaporação da água para aumentar a perda de calor e evitar o aumento da temperatura corporal (Yousef, 1985).

Na temperatura crítica superior, a carga térmica excede a capacidade de perda de calor por evaporação, ocorre aumento da temperatura central e, conseqüentemente, quadro de hipertermia (Yousef, 1985). O aumento contínuo da temperatura e o calor não debilitado podem causar a morte de animais devido a hipertermia. A temperatura crítica superior é de 25 a 26 °C para vacas leiteiras e provavelmente permanece inalterada independentemente da aclimatação prévia ou da produção de leite (Perissinotto & Moura, 2015).

Entretanto, a temperatura crítica superior varia com o estado fisiológico dos animais e outras condições ambientais envolvidas. Essa temperatura como afirma Oliveira et al. (2012), pode ser observada com base em funções termorreguladoras como aumento da sudorese, perda de água respiratória e aumento da temperatura corporal. Além disso, sabe-se que a perda de água por evaporação da pele aumenta a temperatura do ar acima de 20°C.

### **3.5 Avaliação do estresse calóricos em bovinos**

Existem diversas formas para avaliar o estresse calórico em bovinos com índices que avaliam e classificam o ambiente e alguns até mesmo os animais. Os mais utilizados são índice de temperatura e umidade, índice de globo úmido e índice de Rhoad, dentre outros menos usuais (Sá Filho et al., 2016).

A temperatura corporal (TR) e a frequência respiratória (FR) têm sido recomendadas como parâmetros para determinar o estresse térmico em bovinos, juntamente com os valores de ITU. Aggarwal & Upadhyay (2012) observaram que o aumento na umidade e temperatura do ar resultou em aumento na temperatura e frequência respiratória de bovinos e bubalinos, no entanto em bovinos observou uma perda maior de calor por meio da pele e em bubalinos por meio da respiração, isso se dá devido ao menor número de glândulas sudoríparas nos bufalos.



### 3.5.1 Índice de Temperatura e Umidade

Bernabucci et al. (2013) apresentaram os principais índices que sugerem o conforto térmico dos animais, tendo o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) como o principal fator para classificar o estresse térmico em humanos e animais de fazenda. Oferece um método para combinar dois dos elementos climáticos importantes e de fácil medição, em uma medida de dados com temperatura e umidade e a resposta de animais em diferentes locais (McDowell et al., 1976). Assim, o estresse térmico é classificado como baixo (72 a 78), moderado (79 a 88) e alto (89 a 98) (Armstrong, 1994) (Quadro 1).

**Quadro 1.** Índice de Temperatura e Umidade para bovinos.

		Umidade relativa do ar (%)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Temperatura (°C)	20	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67	67	68	68
	22	64	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72
	24	66	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
	26	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	77	77	78	78	79
	28	70	70	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82
	30	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86
	32	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90
	34	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
	36	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97
	38	78	79	81	82	83	84	85	86	88	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100
	40	80	81	82	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101	103	104

Fonte: Adaptado de Nienaber (2004).

Um valor de ITU de 72, considerado sem estresse térmico, equivale a 25°C e 50% de umidade relativa. Se o valor exceder 72, a vaca sofre de estresse por calor e a produção de leite diminui (West, 2003). Quando o valor está entre 78 e 82, a vaca é severamente afetada e o resfriamento por meios artificiais é necessário para a produção animal. Se o ITU estiver acima de 82, as vacas vulneráveis ao estresse calórico podem deixar de produzir ou diminuir a produtividade, levando até mesmo a morte (Du Preez et al., 1990).

Segundo Carvalho et al. (2010), no Estado de Goiás, as regiões sudestes e leste apresentaram ITU dentro das condições consideradas normais nos meses mais quentes do ano. Nas regiões nordeste, centro, sul apresentaram ITU entre 70 e 72, e nas regiões oeste e nordeste, houve maior índice de temperatura e umidade, entre 72 e 78. Tais achados demonstram que as

vacas leiteiras no estado de Goiás não entraram nas zonas de perigo sobre o efeito do estresse térmico.

### **3.5.2 Índices de globo úmido**

O índice de globo úmido (ITGU) é um dos índices de conforto térmico mais utilizados devido a maior precisão sobre o ITU (D’Emilio et al., 2018). É calculado através de uma fórmula em que contém duas variáveis: a temperatura do globo negro (por meio do termômetro do globo negro) e a temperatura do ponto de orvalho (fase em que a temperatura do ar está passando por condensação) (Buffington et al., 1981). A definição de conforto do bovino possui escalas variáveis, sendo até 74 considerado na zona de conforto, de 74 a 78 em alerta, 79 a 84 em perigo e acima de 84 emergencial (Rodrigues et al., 2010; Baeta & Souza, 2010) e corroboram com os dados de ITGU do National Wathler Service/USA para estimar a situação de conforto dos animais.

### **3.5.3 Avaliação Clínica (Frequências cardíacas e respiratória e temperatura retal)**

Além de vários índices e testes que podem ser calculados para avaliar os níveis de estresse térmico de um animal, existe também a avaliação clínica. Animais em desconforto térmico apresentam aumento de três parâmetros importantes: a frequência cardíaca (FC) que pode ser considerada normal entre 60 e 80 batimentos por minuto, a temperatura retal (TR) que fica em cerca de 38,5°C e a frequência respiratória (FR) que varia entre 10 e 30 movimentos por minuto em condições normais (Pires & Campos, 2004).

### **3.5.4 Teste de Rhoad**

O teste de Rhoad foi criado com a finalidade de mostrar quanto a temperatura retal de 38,3°C irá variar no ambiente de teste. O teste consiste em deixar o grupo de animais escolhidos em um ambiente com luz solar direta e temperatura entre 29°C e 35°C, permanecendo sem água e sem abrigo durante o teste. Mede-se a temperatura retal às 10 horas e às 15 horas durante 3 dias. Após a coleta dos dados, calcula-se o coeficiente de tolerância ao calor (CTC) dos animais por meio da fórmula:  $CTC = 100 - 18 (TR_m - 38,3)$ . Assim, quanto mais elevado este, maior o índice de tolerância ao calor dos animais (Azevêdo & Alves, 2009), (Tabela 1).

**Tabela 1.** Coeficiente de tolerância ao calor (CTC) de acordo com a aplicação do teste de RHOAD em bovinos de diferentes raças e graus de sangue nos Estados Unidos.

<b>Grupos Genéticos</b>	<b>CTC</b>
Brahma	89
½ Brahma, ½ Angus	84
5/8 Brahama, 3/8 Angus	84
Santa Gertrudes (5/8 Shortorn, 3/8 Brahma)	82
½ Agrikander, ½ Angus	80
Jersey	79
¾ Angus, ¼ Brahma	77
Hereford	73
¾ Agnus, ¼ Afrikander	72
Angus	59

Fonte: Adaptado de Azevêdo & Alves (2009).

### **3.6 Efeitos do estresse térmico**

#### **3.6.1 Consumo de água e alimentos**

A água é o principal constituinte do corpo dos animais, podendo variar de 55 a 70% do peso vivo. Um bovino adulto pode consumir em torno de 55 litros de água por dia, sendo sempre recomendada em grande abundância durante todo o dia, tendo qualidade e com temperatura adequada entre 18 e 22°C (Tavares & Benedetti, 2012).

Os animais atendem as suas necessidades de água de três maneiras, por meio da água metabólica, água ingerida por meio do alimento e ingestão de água líquida (Beede & Collier, 1986).

Quando a temperatura ambiental fica acima da ZTN ocorre mudanças no volume de água ingerida pelos bovinos (NRC, 2016). Aumenta-se também a quantidade de água excretada por meio da urina e reduz-se a água fecal. No entanto, sabe-se que as variações de perdas de água por meio de sudorese são relativas entre espécies e raças, sendo a dos zebuínos mais rápida que a dos taurinos (Finch et al., 1984).

Em condições de estresse térmico, as vacas tendem a beber maior quantidade de água afim de repor as perdas do suor e da respiração e promover um resfriamento corporal. Assim,

a eliminação de maior quantidade de urina concentrada e fezes mais seca é comum com objetivo de aumentar o consumo de água (Azevêdo & Alves, 2009).

Como considera Costa et al. (2019), alguns desses fatores demonstram que os animais desenvolvem mecanismos compensatórios para adequar sua temperatura corporal, uma vez que por mais que frequência respiratória e até mesmo temperatura vaginal aumentem, a frequência cardíaca não é alterada .

### **3.6.2 Reprodução de fêmeas bovinas**

O estresse térmico afeta o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e o sistema simpático-adrenal para modular a maioria das atividades. A estimulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal é caracterizada pela ativação de neurônios do fator liberador de corticotrofina e arginina vasopressina no núcleo paraventricular e secreção desses neuropeptídeos no sistema porta hipofisário para estimular os corticotróficos da hipófise anterior (Tilbrook, 2000).

Os corticotróficos produzem uma variedade de peptídeos, incluindo o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), endorfina e hormônio estimulante do melanócito, que são liberados em resposta ao estresse térmico (Engler et al., 1989). Dessa forma, o ACTH atua no córtex suprarrenal para estimular a síntese e a secreção de glicocorticoides como o cortisol. As maiores concentrações de cortisol em vacas estressadas pelo calor inibem a liberação de hormônio luteinizante em bovinos (Aggarwal & Upadhyay, 2012).

Com isso, o calor influencia a capacidade de esteroidogênese, a dinâmica folicular, a qualidade dos oócitos e o desenvolvimento embrionário (Roth et al., 2000), o que pode levar à baixa fertilidade das vacas durante os períodos mais quentes do ano. Tais afirmações corroboram aos achados de López-Gatius et al. (2004), que observaram que a proporção de vacas leiteiras inseminadas que emprenharam durante os meses quentes do ano é de 22,1% contra 43,1% das vacas inseminadas na estação fria.

Santana et al. (2018) também relatou que o número de novilhas prenhes reduziu com o aumento do ITU, onde apresentou que uma novilha nelore em índice de ITU de 88 reduziu em 4,67% as chances de parir em relação a uma novilha que estava exposta a índices de ITU médio de 82,5 durante a estação reprodutiva.

Além disso, a temperatura corporal das vacas receptoras é crítica durante as fases como a da transferência de embrião. Assim, tratamentos hormonais para apoiar a função do corpo lúteo e sobrevivência embrionária são mais eficientes se os animais mantiverem a

temperatura corporal normal, dado que os efeitos do estresse térmico na fertilidade são de natureza multifatorial (Wolfenson & Roth, 2019).

Ronchi et al. (2001) relataram baixas concentrações de hormônio folículo estimulante (FSH) e estradiol em vacas com estresse calórico agudo e crônico, enquanto não foram observadas alterações nas concentrações de FSH em vacas que tinham concentrações normais de estradiol. Por outro lado, não relataram diferenças na frequência, amplitude dos pulsos de FSH e concentrações basais de FSH entre vacas expostas e não expostas a altas temperaturas ambientes.

A diminuição nas taxas de concepção durante o verão pode variar entre 20 e 30% (De Rensis & Scaramuzzi, 2003), visto que temperaturas elevadas afetam negativamente a capacidade das vacas de apresentar comportamento natural de acasalamento, pois reduz a duração e a intensidade da expressão do estro (Orihuela, 2000). Além disso, Schüller et al. (2014) observaram que o estresse térmico pode promover redução no fluxo sanguíneo uterino, redução da dominância do folículo maior, e falta de declínio dos folículos pré-ovulatórios aumentando a infertilidade desse animal.

O estresse térmico também pode levar a um crescimento fetal reduzido, e também à deficiência nas células do corpo lúteo com secreção insuficiente de progesterona, que é uma das razões mais importantes da morte embrionária. A concentração de progesterona plasmática, para Sammad et al. (2019), é reduzida pelo estresse térmico e conseqüentemente da fertilidade. Baixas concentrações plasmáticas de progesterona durante o ciclo estral pré-concepção podem comprometer o desenvolvimento folicular levando a maturação anormal dos ovócitos e conseqüente morte embrionária.

### **3.6.3 Crescimento e desenvolvimento de bezerros**

A maioria dos estudos prioriza a redução do estresse térmico em vacas leiteiras, deixando em segundo plano os bezerros, de forma que grande parte dos prejuízos sofridos tendem a passar despercebidos (Broucek et al., 2006). Este problema inicia-se em novilhas que sofreram estresse térmico no final da gestação, em que sua cria obtém desvantagem desde a concepção até a lactação em comparação aos animais que estavam em condições termoneutras (Dahl et al., 2016).

Beatty et al. (2006) verificaram que bezerros recém-nascidos com elevado vigor físico são capazes de enfrentar condições climáticas adversas. Em contrapartida, aqueles com baixo vigor físico nascidos sob condições desfavoráveis, como os prematuros, foram prejudicados

pelas condições climáticas. Estes bezerros apresentaram hipóxia, acidose, hiperlactatemia e até mesmo menor mobilização de lipídios corporais (Broucek et al., 2009) podendo também tais bezerros submetidos ao estresse térmico apresentarem frequência cardíaca e temperatura retal elevadas (Kim et al., 2018).

Além de se tornarem suscetíveis do ponto de vista sanitário, ocorrem reduções drásticas no crescimento antes e depois do desmame em bezerros expostos a elevadas ou baixas temperaturas. Menor crescimento e desenvolvimento foram observados, mesmo não havendo diminuição no consumo de ração, sugerindo uma redução na eficiência alimentar de bezerros submetidos ao estresse térmico em relação àqueles sob condições ambientais moderadas (Broucek et al., 2006).

Sabe-se que o crescimento e desenvolvimento de um animal é resultado da junção do genótipo e do ambiente. Quando ocorre déficit em um desses fatores, conseqüentemente, ocorrerá prejuízos para o desempenho do animal (Justina et al., 2010).

Assim, para Azevêdo & Alves (2009), a temperatura ambiente tende a ser um fator a mais para definir o desempenho dos bezerros, além da radiação, vento e umidade do ar. Ou seja, animais quando estão sobre níveis elevados ou inferiores de temperatura, saindo das zonas de conforto da espécie, tendem a apresentar alterações no peso ao nascer, redução da precocidade do animal, maior tempo para desmama, além de uma cascata de prejuízos. Como os bezerros recém-nascidos terão uma capacidade de regulação térmica reduzida, caso venham a sofrer efeito do calor podem entrar em hipertermia e aumentar a mortalidade na propriedade.

#### **3.6.4 Aspectos produtivos**

Vacas leiteiras em lactação têm alta taxa metabólica e incremento de calor. Portanto, exigem um mecanismo termorregulador efetivo para manter a temperatura corporal. Quando expostas a estresse térmico, o mecanismo imediato desses animais é reduzir o consumo de matéria seca, causando diminuição na disponibilidade de nutrientes usados para a síntese do leite (Baumgard & Rhoads Jr, 2013). Simultaneamente, há aumento no metabolismo basal causado pela ativação do sistema termoregulatório promovendo um aumento de gastos na manutenção metabólica, redução do fluxo e da concentração metabólitos sanguíneos com menor perfusão mamária e conseqüente redução da produção de leite (Polsky & Von Keyserlingk, 2017; Tao et al., 2020).

Barash et al. (2010) mostraram que em baixas temperaturas, vacas no segundo mês de lactação expressaram potencial máximo de produção, o que em contrapartida, esse potencial não foi detectado no verão. Spiers et al. (2004) afirmaram ainda que ocorrem aumento da taxa respiratória e da temperatura retal, e diminuição do consumo de matéria seca. Consequentemente, a produção das vacas é afetada significativamente, com perdas de proteínas variando de 0,02 a até 0,10%, corroborando assim com Bernabucci et al. (2014).

Além disso, vacas no segundo mês de lactação tendem a ter rendimento prejudicado, diferente de animais que estão no nono mês, pois apresentam melhor razão entre o aumento da temperatura e produção de leite, permitindo que essas consigam resistir mais tempo a dias mais longos com alta produção (Barash et al., 2001). Auldist et al. (1998) também observaram que além do declínio da produção de leite, a produção de proteínas também foi reduzida em períodos com maior exposição a raios solares.

Nasr & El-Tarabany (2017) revelaram que alto ITU (80 a 85) aumentou a contagem de células somáticas em 36%, reduziu a qualidade e a produção do leite (14,29%) em relação aos animais que estavam em ITU de 70 e, portanto, à redução do retorno econômico.

### **3.6.5 Comportamento animal**

O estresse térmico pode provocar diversas alterações comportamentais em vacas leiteiras. Um dos comportamentos mais observados é a redução do consumo de alimento concentrado que é ligado a necessidade básica do animal em manter sua manutenção energética, acarretando assim em falta de energia e posterior redução na produção de leite (Das et al., 2016).

Animais que apresentam efeito do estresse térmico tentam procurar sua homeostase térmica de diversas maneiras como ficar por mais tempo em pé para tentar eliminar mais calor. No entanto, esse comportamento por mais tempo que o normal pode reduzir a produção de leite, pois diminui o fluxo sanguíneo para o úbere, além de aumentar os episódios de claudicação nos animais (Allen et al., 2015).

O estresse térmico durante o período seco pode desencadear uma evolução da glândula mamária acompanhada de apoptose e autofagia, diminuição da quantidade de células epiteliais mamárias que podem causar declínio na produção de leite. O estresse térmico pode enfraquecer o sistema imunológico das vacas, ou terminar de facilitar a infecção por mastite de úbere. A alta temperatura e umidade provocam redução da imunidade, ataque de doenças e

são muito favoráveis ao aparecimento da mastite, causada por bactérias como estreptococos e coliformes (Pragna et al., 2017).

Diante disso, Pires & de Campos (2004) consideram que uma das maneiras de minimizar os problemas causados pelo estresse térmico é a seleção de um sistema de produção adequado que condiz com a realidade de cada produtor. Primeiramente, analisa-se a variação da temperatura na região, o nível de sombreamento da propriedade e o sistema de criação (pastejo, free stall, compost barn). Além disso, a capacidade de utilizar meios de resfriamento pela água, ventiladores e túnel de ventilação.

### **3.7 Estratégias para diminuir o estresse térmico**

Algumas estratégias para reduzir o estresse térmico estão em manejos básicos diários como fornecer alimento de alta qualidade, aumentar a porcentagem de minerais na alimentação e fornecer dietas com mais de 65% de proteína degradável no rúmen. Adicionalmente, utilizar de tamponantes e aumentar o número de refeições fornecendo a alimentação em horários mais frescos do dia também são de suma importância para reduzir o estresse térmico (Baumgard & Rhoads Jr, 2013).

Entre as estratégias para redução do estresse calórico existe também a utilização de uma mistura de óleo de pinha, alho e extratos de algas marrons, que sugere que a incorporação da mistura combinada à 0,016% na dieta tem o potencial de melhorar a produção de leite, tempo de ruminação e o estado de saúde de vacas sob estresse térmico leve a moderado (Lee et al., 2020)

Estudos mostraram também que a utilização de cromo na dieta promove menores concentrações plasmáticas de glicose e maior proporção de insulina:glicose do que as vacas alimentadas com a dieta controle sob as mesmas condições de estresse, assim vacas suplementadas tiveram uma melhor capacidade de controlar a temperatura corporal sob estresse térmico devido a um melhor metabolismo periférico de glicose, permitindo maior dissipação de calor em tecidos periféricos (Ribeiro et al., 2019).

Além desses fatores pode-se colocar cochos e bebedouros em lugares sombreados, a utilização de sombras tanto artificiais como naturais e sempre abundante disponibilidade de água podendo utilizar aspersores (Azevêdo & Alves, 2009).

A utilização de aberturas no telhado, conhecidas como lanternin, permitem a saída do ar quente produzido pelas vacas através do fluxo de ar que entra no galpão através dos beirais



e paredes laterais abertas. Este processo é facilitado pela diferença de temperatura entre o interior e o exterior do galpão (Harner III et al., 2001).

Entretanto, sistemas de resfriamento artificiais tornam-se necessários para alcançar as condições ideais de conforto térmico para vacas leiteiras. Os sistemas de resfriamento evaporativo podem ser agrupados em “mist” (nebulização de baixa a média pressão), “fog” (nebulização de alta pressão) e “sprinkling” (aspersão) (Pinheiro et al., 2015).

Os sistemas de resfriamento evaporativo no pré-parto apenas em período “seco” não irá recuperar a produção leiteira dos animais na lactação subsequente, ou seja, vacas expostas em qualquer momento do período seco ao estresse térmico sofrerá redução na produção leiteira (Fabris et al., 2019).

A diferença entre os sistemas “mist” e “fog” é basicamente o tamanho das gotas. O sistema de nebulização de alta pressão (fog) é o método mais eficiente de resfriamento do que o de baixa a média pressão (mist), porém é mais caro e requer maior manutenção. O uso de aspersão ou de nebulização associados a sistemas de ventilação forçada, podem ser bastante eficientes no resfriamento das instalações. O sistema ventilação/nebulização produz uma névoa que permanece em suspensão no ar e evapora antes de ser depositada no piso da instalação, desta maneira resfriando o ambiente. Já no sistema ventilação/aspersão o tamanho da gota de água é maior e, portanto, há um gasto maior de água que cai sobre a vaca, ou diretamente no chão. A aspersão constante tende a manter a atmosfera saturada de vapor, o que dificulta as trocas térmicas por evaporação nos animais. Por esse motivo, a aspersão de água é mais útil em ambientes muito secos (Pinheiro et al., 2015).

A aspersão na linha de cocho é uma forma muito utilizada de resfriamento em alguns sistemas sendo bastante efetiva. No entanto, manter esse sistema requer grande utilização de água e energia. Quando se utiliza da ventilação forçada, reduz-se o desperdício de água, mas há maior dispêndio de energia e frequência de manutenções. Independentemente de custos, ambos os sistemas de resfriamento reduzem temperatura retal e a taxa respiratória dos animais. Além disso, as vacas ficam mais tempo na área de alimentação, evitando a redução do consumo de matéria seca e consequente perda na produção de leite (Frazzi et al., 2000).

Conforme D’Emilio et al. (2018), os fatores benéficos vindos dos modelos de aspersão não são observados somente de dia. Os animais sob efeitos da aspersão permanecem em decúbito durante quase toda noite. Já os animais sem ação da aspersão que interrompem seu descanso para procurar um meio de resfriar-se.

De acordo com Pinheiro et al. (2005), a nebulização associada a ventilação melhora a produção diária de leite de vacas Jersey por promover resfriamento evaporativo dos animais.

Uma alternativa para redução do estresse térmico é a utilização de galpões fechados com túnel de ventilação forçada. No Compost de Barn, por exemplo, o galpão é fechado por cortinas laterais tende a ter altura de pé direito com cerca de 3,5 metros e apresentam exaustores em um dos lados e placas evaporativas no outro. Assim, quando os exaustores são ligados, o ar é enviado para dentro do galpão, passa pelas placas evaporativas para ser resfriado. Dessa forma, retira calor dos animais e mantém a temperatura do ambiente adequada (Bewley et al., 2012).

Assim, Henry et al. (2018) afirma que os sistemas de produção de ruminantes precisarão adaptar-se conforme as alterações do clima, incluindo uso de dietas e manejo adequados como ação imediata e estratégias para o resfriamento dos animais e seleção genética a longo prazo.

#### **4. Considerações Finais**

O estresse térmico possui efeito negativo sobre os desempenhos produtivo e reprodutivo de bovinos leiteiros, desencadeando perdas significativas ao sistema.

Vale salientar que a categoria de vacas em lactação não é a única afetada dentro do rebanho, de forma que o estresse térmico possui impacto significativo sobre bezerros, touros e novilhas.

Assim, estratégias devem ser adotadas para obtenção de conforto térmico dos animais no intuito de melhorar o desempenho produtivo e reprodutivo.

#### **Agradecimentos**

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

#### **Referências**

Aggarwal, A, & Upadhyay, R. (2012). *Heat stress and animal productivity*. New York: Springer Science & Business Media.

Aiura, ALO, Aiura, FS, & Silva, RD. (2010). Respostas termorreguladoras de cabras Saanen e Pardo Alpina em ambiente tropical. *Archivos de Zootecnia*, 59 (228), 605-608. Retrieved May 3<sup>rd</sup>, 2020, from <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v59n228/art15.pdf>.

Allen, JD, Hall, LW, Collier, RJ, & Smith, JF. (2015). Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 118-127. doi: 10.3168/jds.2013-7704.

Azevêdo, DMMRA & Alves, AA. (2009). *Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos*. Teresina: Embrapa Meio-Norte.

Armstrong, D. (1994). Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, 77(7), 2044-2050. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6.

Auldist, MJ, Walsh, BJ & Thomson, NA. (1998). Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. *Journal of Dairy Research*, 65(3), 401-411. doi: 10.1017/s0022029998002970.

Baeta, FDC & Souza, CF. (2010). *Ambiência em Edificações Rurais: conforto animal*. Viçosa: UFV.

Barash, H, Silanikove, N, Shamay, A & Ezra, E. (2001). Interrelationships among ambient temperature, day length, and milk yield in dairy cows under a Mediterranean climate. *Journal of Dairy Science*, 84(10), 2314-2320. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74679-6.

Baumgard, LH, & Rhoads Jr, RP. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*, 1(1), 311-337. doi: 10.1146/annurev-animal-031412-103644.

Beatty, DT, Barnes, A, Taylor, E, Pethick, D, McCarthy, M & Maloney, SK. (2006). Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *Journal of Animal Science*, 84(4), 972-985. doi:10.2527/2006.844972x.

Beede, DK & Collier, RJ. (1986). Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science*, 62(2), 543-554. doi: 10.2527/jas1986.622543x.

Bernabucci, U, Biffani, S, Buggiotti, L, Vitali, A, Lacetera, N & Nardone, A. (2014). The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 471-486. doi: 10.3168/jds.2013-6611.

Bewley, JM, Taraba, JL, Day, GB, Black, R & Damasceno, F. (2012). Compost bedded pack barn design features and management considerations. Cooperative Extension Service, University of Kentucky College of Agriculture, ID-206. Retrieved May 3rd, 2020, from <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/id/id206/id206.pdf>.

Broucek, J, Arave, CW, Kisac, P, Mihina, S, Flak, P, Uhrincat, M & Hanus, A. (2006). Effects of some management factors on milk production in first-calf heifers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(5), 672-678. doi: 10.5713/ajas.2006.672.

Broucek, J, Kisac, P & Uhrincat, M. (2009). Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. *International Journal of Biometeorology*, 53 (2), 201-208. doi: 10.1007/s00484-008-0204-1.

Buffington, DE., Collazo-Arocho, A, Canton, GH., Pitt, D, Thatcher, WW & Collier, RJ. (1981). Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, 24 (3), 711-714. doi: 10.13031/2013.34325.

Carvalho, VF, Yanagi Jr, T, Ferreira, L, Damasceno, FA & Silva, MP. (2009). Zoneamento do potencial de uso de sistemas de resfriamento evaporativo no sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(3), 358-366. Retrieved May, 4th , 2020, from <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n3/v13n03a20.pdf>.

Cattellam, J & Vale, MM. (2013). Estresse térmico em bovinos. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 108 (587-588), 96-102. Retrieved May 5th, 2020, [http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf12\\_2013/96-102.pdf](http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf12_2013/96-102.pdf).

Costa, HJF, Maia, GG, Camargo, LDA & Siqueira, LGB. (2019). Efeitos do estresse térmico sobre parâmetros fisiológicos e vascularização de estruturas ovarianas em animais com valores genéticos distintos para termotolerância-resultados preliminares. Workshop de

Iniciação Científica da Embrapa Gado de Leite. Retrieved Oct 5th, 2020, from <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1111989>.

Dahl, GE, Tao, S & Monteiro, APA. (2016). Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 3193-3198. doi: 10.3168/jds.2015-9990.

Das, R, Sailo, L, Verma, N, Bharti, P & Saikia, J. (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*, 9(3), 260-268. doi: 10.14202/vetworld.2016.260-268.

D'Emilio, A, Cascone, G, Lanteri, P & Porto, SM. (2018). Effects of Different Cooling Systems on Heat Stress and Behaviour of Dairy Cows. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. Retrieved May 3rd, 2020, <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4784/2737>.

De Rensis, F & Scaramuzzi, RJ. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. *Theriogenology*, 60(6), 1139-1151. doi: 10.1016/s0093-691x(03)00126-2.

Du Preez, JH, Giesecke, WH, & Hattingh, PJ. (1990). Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 57(1), 77-87. <https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/41475/9du%20preez1990.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Engler, D, Pham, T, Fullerton, MJ, Ooi, G, Funder, JW & Clarke, IJ. (1989). Studies of the secretion of corticotropin-releasing factor and arginine vasopressin into the hypophysial-portal circulation of the conscious sheep. *Neuroendocrinology*, 49(4), 367-381. doi: 10.1159/000125141.

Fabris, TF, Laporta, J, Skibieli, AL, Corra, FN, Senn, BD, Wohlgemuth, SE & Dahl, GE. (2019). Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5647-5656. doi: 10.3168/jds.2018-15721.

Façanha, DAE. (2013). Tendências metodológicas para avaliação da adaptabilidade ao ambiente tropical. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 91-103. doi: 10.1590/S1519-99402013000100011.

Frazzi, E, Calamari, L, Calegari, F & Stefanini, L. (2000). Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. *Transactions of the ASAE*, 43(2), 387. Retrieved May 12, 2019, <https://pdfs.semanticscholar.org/cd5a/b2b770545818e8cf4411b96409f4a47694b1.pdf>.

Finch, VA, Bennett, IL, & Holmes, CR. (1984). Coat colour in cattle: effect on thermal balance, behaviour and growth, and relationship with coat type. *The Journal of Agricultural Science*, 102(1), 141-147. doi: 10.1017/S0021859600041575.

Frota, AB & Schiffer, STR. (2001). *Manual de conforto térmico*. Retrieved Apr 12, 2019, <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18350/material/ManualConfortoTERMICO.pdf>.

Gouveia, AJ, Martins, VC, Esteves, E & Almeida, A. (2017). Níveis de GABA, Serotonina, Dopamina, Adrenalina e Noradrenalina em Touros de Lide e Bovinos Produtores de Carne sob Stress. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(8), 1-16. Retrieved Apr 12, 2019, <https://www.redalyc.org/pdf/636/63652581005.pdf>.

Hafez, ESE. (1969). *The behaviour of domestic animals*. London: Bailliere Tindall.

Hammami, H, Bormann, J, M'hamdi, N, Montaldo, HH & Gengler, N. (2013). Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. *Journal of Dairy Science*, 96(3), 1844-1855. doi: 10.3168/jds.2012-5947.

Harner III, JP, Smith, JF, Brouk, MJ, Murphy, JP, Boomer, G & Business, MD. (2000). Reducing heat stress in the holding pens. *Dairy Management Conference*. Retrieved Apr 30, 2020, from [https://www.researchgate.net/profile/Jp\\_Harner/publication/237478086\\_Keeping\\_Cows\\_Cool\\_Where\\_do\\_I\\_Start/links/53d67d0a0cf228d363ea596d/Keeping-Cows-Cool-Where-do-I-Start.pdf#page=4](https://www.researchgate.net/profile/Jp_Harner/publication/237478086_Keeping_Cows_Cool_Where_do_I_Start/links/53d67d0a0cf228d363ea596d/Keeping-Cows-Cool-Where-do-I-Start.pdf#page=4).

Henry, BK, Eckard, RJ, & Beauchemin, KA. (2018). Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. *Animal*, 12(s2), s445-s456. doi: 10.1017/S1751731118001301.

Huber, JT. (1990). Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In *Bovinocultura leiteira*. Piracicaba: FEALQ.

Hutchinson, JC & Brown, GD. (1969). Penetrance of cattle coats by radiation. *Journal of Applied Physiology*, 26(4), 454-464. doi: 10.1152/jap.1969.26.4.454.

Jr, AAM & Jung, CF. (2017). Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. *Ágora*, 19(1), 34-47. Retrieved Apr 20, 2020, from <https://online.unisc.br/seer/index.php/agora/article/download/8446/6126>.

Justina, LAD, Caluzi, JJ, Meglhioratti, FA & de Andrade Caldeira, AM. (2010). A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. *Filosofia e História da Biologia*, 5(1), 55-71. Retrieved May, 4th, 2020, from <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-05-1/FHB-05-1-04-Lourdes-Justina-et-al.pdf>.

Kadzere, CT, Murphy, MR, Silanikove, N & Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 77(1), 59-91. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X).

Kim, WS, Lee, JS, Jeon, SW, Peng, DQ, Kim, YS, Bae, MH, Jo, YH & Lee, HG. (2018). Correlation between blood, physiological and behavioral parameters in beef calves under heat stress. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(6), 919-925. doi: 10.5713/ajas.17.0545.

Laitano, O, Kalsi, KK, Pook, M, Oliveira, AR & González-Alonso, J. (2010). Separate and combined effects of heat stress and exercise on circulatory markers of oxidative stress in euhydrated humans. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 953-960. doi: 10.1007/s00421-010-1577-5.

Lee, JS, Kang, S, Kim, MJ, Han, SG & Lee, HG. (2020). Dietary supplementation with combined extracts from garlic (*Allium sativum*), brown seaweed (*Undaria pinnatifida*), and pinecone (*Pinus koraiensis*) improves milk production in Holstein cows under heat stress conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(1), 111. doi: 10.5713/ajas.19.0536.

López-Gatius, F, Santolaria, P, Yániz, JL, Garbayo, JM & Hunter, RHF. (2004). Timing of early foetal loss for single and twin pregnancies in dairy cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 39(6), 429-433. doi: 10.1111/j.1439-0531.2004.00533.x.

Maia, ASC & Loureiro, CB. (2005). Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, 50(1), 17-22. doi: 10.1007/s00484-005-0267-1.

McArthur, AJ & Clark, JA. (1988). Body temperature of homeotherms and the conservation of energy and water. *Journal of Thermal Biology*, 13(1), 9-13. doi: 10.1016/0306-4565(88)90003-4.

McDowell, RE, Hooven, NW & Camoens, JK. (1976). Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation. *Journal of Dairy Science*, 59(5), 965-971. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(76)84305-6.

McManus, C, Castanheira, M, Paiva, SR, Louvandini, H, Fioravanti, MCS, Paludo, GR, Bianchini, E, Corrêa, PS. (2011). Use of multivariate analyses for determining heat tolerance in Brazilian cattle. *Tropical Animal Health and Production*, 43, 623-630. doi: 10.1007/s11250-010-9742-8

Melo-Marins, D, Souza-Silva, AA, Silami-Garcia, E & Laitano, O. (2017). Termorregulação e equilíbrio hídrico no exercício: aspectos atuais e recomendações. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 25(3), 170-181. doi:10.18511/rbcm.v25i3.6570.



Nasr, MA & El-Tarabany, MS. (2017). Impact of three THI levels on somatic cell count, milk yield and composition of multiparous Holstein cows in a subtropical region. *Journal of Thermal Biology*, 64, 73-77. doi: 10.1016/j.jtherbio.2017.01.004.

Nienaber, JA, Hahn, GL & Eigenberg, RA. (2004, May). Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. *Proceedings, International Symposium of The CIGR*. Retrieved May 4th, 2020, from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.588.5058&rep=rep1&type=pdf>.

NRC. (2016). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. NRC. National Research Council. Washington: The National Academies Press.

Oliveira, MS, Tiburcio, M & Ferreira, SGC. (2012). Influência do Estresse Térmico Sobre a Reprodução de Bovinos de Corte. VI Amostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica. Retrieved May, 3rd, 2020, from [http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/vi\\_mostra/marivaldo\\_silva\\_oliveira\\_1.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/vi_mostra/marivaldo_silva_oliveira_1.pdf)

Orihuela, A. (2000). Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. *Applied Animal Behaviour Science*, 70(1), 1-16. doi: 10.1016/S0168-1591(00)00139-8.

Paula, EJH, Martins, EN, Ulhôa Magnabosco, C, Geron, LJV, Silva, SL & de Souza Neto, EL. (2012). Mudanças climáticas e impacto na produção animal. *Pubvet*, 6, Art-1443. Retrieved May 5th, 2020, <https://www.pubvet.com.br/artigo/1002/mudanccedilas-climaacuteticas-e-impacto-na-produccedilatildeo-animal>.

Pereira, AS, Shitsuka, DM, Parreira, FJ & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia do trabalho científico* [e-book]. Santa Maria, RS: UFSM, NTE. Retrieved April 5th, 2020, from [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Pereira, JCC. (2005). *Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal*. Belo Horizonte: FEPMVZ.

Perissinotto, M & de Moura, DJ. (2007). Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados/evaluation of thermal comfort in dairy cattle using data mining. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 1(2), 117-126. doi: 10.18011/bioeng2007v1n2p117-126.

Pinheiro, AC, Saraiva, EP, Saraiva, CAS, Fonseca, VDFC, Almeida, MEV, Santos, SGGC, Amorim, MLC & Neto, PJR. (2015). Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical. *Revista Agrotec*, 36(1), 280-293. doi:10.25066/agrotec.v36i1.22280.

Pinheiro, MG, Nogueira, JR., Lima, MLP, Leme, PR, Macari, M, Naas, IA, Laloni, LA, Roma Jr, LC, Titto, EAL & Pereira, AF. (2005). Efeito do ambiente pré-ordenha (sala de espera) sobre a temperatura da pele, a temperatura retal e a produção de leite de bovinos da raça Jersey. *Revista Portuguesa de Zootecnia*, 12(2), 37-43. Retrieved May 5th, 2020, from <http://home.uevora.pt/~apereira/Artigos/A08-2005%20ambiente%20pr%C3%A9-ordenha.pdf>.

Pires, MDFA & Campos, AT. (2004). *Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite*. Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico, (42). Retrieved April 12, 2019, from <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/594946>.

Polsky, L., & Von Keyserlingk, M. A. (2017). Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100 (11), 8645-8657. /10.3168/jds.2017-12651.

Pragna, P, Archana, PR, Aleena, J, Sejian, V, Krishnan, G, Bagath, M, Manimaran, A, Beena, V, Kurien, EK., Varma, G & Bhatta, R. (2017). Heat stress and dairy cow: impact on both milk yield and composition. *Int. J. Dairy Sci*, 12 (1), 1-11. doi: 10.3923/ijds.2017.1.11.

Ribeiro, LDS, Brandão, FZ, de Rezende Carvalheira, L, Freitas Goes, TJ, de Almeida Torres Filho, R, Quintão, CCR, Pires, MFA, Camargo, LSA & de Carvalho, BC. (2019). Chromium supplementation improves glucose metabolism and vaginal temperature regulation in Girolando cows under heat stress conditions in a climatic chamber. *Tropical Animal Health and Production*, 1-8. doi: 10.1007/s11250-019-02173-w.

Rodrigues, AL, Souza, BD & Pereira Filho, JM. (2010). Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 6(02), 14-22. doi: 10.30969/acsa.v6i2.62

Ronchi, B, Stradaoli, G, Supplizi, AV, Bernabucci, U, Lacetera, N, Accorsi, PA, Nardone, A & Seren, E. (2001). Influence of heat stress or feed restriction on plasma progesterone, oestradiol-17 $\beta$ , LH, FSH, prolactin and cortisol in Holstein heifers. *Livestock Production Science*, 68(2-3), 231-241. doi: 10.1016/S0301-6226(00)00232-3.

Roth, Z, Meidan, R, Braw-Tal, R & Wolfenson, D. (2000). Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *Journal of Reproduction and Fertility*, 120(1), 83-90. doi: 10.1530/jrf.0.1200083.

Sá Filho, GF, Torquato, JL, de Souza Jr, JBF, Domingos, HGT, Macedo Costa, LL & Dantas, MRT. (2016). Índices de conforto térmico aplicado a animais de produção. *Pubvet*, 6, Art-1345. Retrieved May 5th, 2020, from <https://www.pubvet.com.br/artigo/3389/iacutendices-de-conforto-teacutermico-aplicado-a-animais-de-produccedilatildeo>

Sammad, A, Umer, S, Shi, R, Zhu, H, Zhao, X & Wang, Y. (2019). Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. *Journal of animal Physiology and Animal Nutrition*. doi: 10.1111/jpn.13257.

Santana, ML, Eler, JP, Oliveira Jr, GA, Bignardi, AB, Pereira, RJ & Ferraz, JBS. (2018). Genetic variation in Nelore heifer pregnancy due to heat stress during the breeding season. *Livestock Science*, 218, 101-107. doi: 10.1016/j.livsci.2018.10.015

Schüller, LK, Burfeind, O & Heuwieser, W. (2014). Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology*, 81(8), 1050-1057. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.01.029.

Silva, IJ, Pandorfi, H, Acararo Jr, I, Piedade, S & Moura, DJD. (2002). Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. *Revista Brasileira*

de *Zootecnia*, 31(5), 2036-2042. Retrieved Abril 30, 2020, from <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n5/a19v31n5.pdf>

Siqueira, KB. (2019). *Consumo de Leite e derivados no Brasil*. Anuário Leite 2019. Retrieved April 12, 2020, from <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1109959>.

Souza, BD, Silva, IJO, Mellace, EM, Santos, RFS, Zotti, CA & Garcia, PR. (2010). Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 6(2), 59-65. doi: 10.30969/acsa.v6i2.69.

Spiers, DE, Spain, JN, Sampson, JD & Rhoads, RP. (2004). Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*, 29(7-8), 759-764. doi: 10.1016/j.jtherbio.2004.08.051.

Tao, S, Rivas, RMO, Marins, TN, Chen, YC, Gao, J & Bernard, JK. (2020). Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*, 105, 1- 188. doi: 10.1016/j.theriogenology.2020.02.048.

Tavares, J. E., & Benedetti, E. (2012). Água: uso de bebedouros e sua influência na produção de bovinos em pasto. *FAZU em Revista*, (08), 152-157. Retrieved April 12, 2019, from <https://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/article/viewFile/455/347>.

Tilbrook, AJ, Turner, AI & Clarke, IJ. (2000). Effects of stress on reproduction in non-rodent mammals: the role of glucocorticoids and sex differences. *Reviews of Reproduction*, 5(2), 105-113. doi: 10.1530/ror.0.0050105.

West, JW. (1999). Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science*, 77(suppl\_2), 21-35. doi: 10.2527/1997.77suppl\_221x

West, JW. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131-2144. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X.

Wolfenson, D & Roth, Z. (2019). Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers*, 9(1), 32-38. doi: 10.1093/af/vfy027.

Yousef, MK. (1985). *Stress physiology in livestock*. Boca Raton: CRC Press Inc.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

João Vitor Nogueira Almeida – 50%

Letícia Ribeiro Marques – 5%

Thaís Campos Marques – 15%

Kátia Cylene Guimarães – 10%

Karen Martins Leão – 20%