



Contemporânea

Contemporary Journal
3(12): 29977-29991, 2023
ISSN: 2447-0961

Artigo

ZONEAMENTO DOS EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO EM VACAS LEITEIRAS NO SUDESTE DO BRASIL

ZONING THE EFFECTS OF HEAT STRESS ON DAIRY COWS IN SOUTHEAST BRAZIL

DOI: 10.56083/RCV3N12-263

Recebimento do original: 10/11/2023

Aceitação para publicação: 15/12/2023

Ricardo Guimarães Andrade

Doutor em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: ricardo.andrade@embrapa.br

Lucas Cantarino Soares Garcia

Graduando em Engenharia Elétrica
Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
Endereço: R. José Lourenço Kelmer, s/n, São Pedro, Juiz de Fora-MG, CEP: 36036-330
E-mail: lucas.cantarino@engenharia.ufjf.br

Marcos Cicarini Hott

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: marcos.hott@embrapa.br

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: walter.magalhaes@embrapa.br



Maria Gabriela Campolina Diniz Peixoto

Doutora em Ciência Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: gabriela.peixoto@embrapa.br

Claudio Napolis Costa

Doutor em Melhoramento Genético Animal pela Cornell University
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: claudio.napolis@embrapa.br

Maria de Fátima Ávila Pires

Doutora em Ciência Animal pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: maria.pires@embrapa.br

Mário Luiz Santana Júnior

Doutor em Zootecnia pela Universidade de São Paulo
Instituição: Universidade Federal de Rondonópolis
Endereço: Cidade Universitária, 5500, Rondonópolis, MT, Brasil, CEP: 78736-900
E-mail: santana@ufr.edu.br

Frank Angelo Tomita Bruneli

Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: frank.bruneli@embrapa.br

Glauco Rodrigues Carvalho

Doutor em Economia Agrícola pela Texas A&M University
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Endereço: R. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, CEP: 36038-330
E-mail: glauco.carvalho@embrapa.br

RESUMO: Alterações metabólicas e comportamentais em vacas leiteiras podem ser induzidas sob condições adversas de estresse térmico. Neste estudo, objetivou-se estabelecer um zoneamento dos efeitos do estresse térmico em vacas leiteiras, considerando o declínio da produção de leite (DPL) e a redução do consumo alimentar (RCA) nos meses de verão na região Sudeste do Brasil. Para tanto, foram utilizados dados meteorológicos provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os maiores impactos em termos de DPL, RCA e, conseqüentemente, de perdas econômicas da produção de leite, foram observados em municípios da faixa litorânea do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Além disso, perdas significativas podem ocorrer nas mesorregiões de Presidente Prudente, Araçatuba, São José do Rio Preto, Triângulo Mineiro, Norte de Minas e parte dos vales do Jequitinhonha, do Mucuri e do Rio Doce. De forma geral, há



predomínio de condições climáticas favoráveis à produção de leite no Sudeste do Brasil, embora algumas mesorregiões necessitem de maior atenção para mitigar possíveis perdas na produção, no período de verão.

PALAVRAS-CHAVE: Bem-Estar Animal, Bioclimatologia, Bovinocultura Leiteira, Conforto Térmico.

ABSTRACT: Dairy cows are subjected to metabolic and behavioral changes under heat-stress conditions. Thus, the objective was to establish a zoning of the effects of heat stress on dairy cows, considering the decline in milk production (DMP) and the reduction in food consumption (RFC) in the summer months in the Southeast region of Brazil. To this end, meteorological data from the National Institute of Meteorology (INMET) were used. The biggest impacts in terms of DMP, RFC, and economic losses in dairy production were observed in municipalities in the coastal region of Rio de Janeiro and Espírito Santo. Furthermore, significant losses may occur in the mesoregions of Presidente Prudente, Araçatuba, São José do Rio Preto, Triângulo Mineiro, Norte de Minas, and part of the Jequitinhonha, Mucuri and Rio Doce valleys. However, in general, there is a predominance of climatic conditions favorable to dairy production in Southeast Brazil, with some mesoregions requiring greater attention to possible production losses in the summer.

KEYWORDS: Animal Welfare, Bioclimatology, Dairy Cattle, Thermal Comfort.



1. Introdução

O Brasil é o quarto maior produtor de leite do mundo, sendo que a região Sudeste corresponde por cerca 34% dessa produção. Apesar disso, conforme dados do IBGE, a produtividade do Sudeste ainda é considerada baixa (2.517 litros/vaca/ano), sendo inferior à produtividade da região Sul em 1.205 litros/vaca/ano (IBGE, 2022). Assim, como em todo o território nacional, observa-se no Sudeste, e, provavelmente, em cada estado da



região, uma acentuada heterogeneidade de sistemas de produção, seja em raças utilizadas, práticas de manejo adotadas, gestão da propriedade e/ou condições ambientais (Zoccal et al., 2011; Peixoto et al., 2022). Certamente é um dos fatores que concorre para a diversidade dos índices de produtividade regionais observados. Cabe ressaltar que a região Sudeste compreende faixas de Mata atlântica, Campos, Mata de Araucária, Cerrado e Caatinga.

Essa diversidade de biomas, que abrange também grande parte do território nacional, torna ainda mais complexa a questão. Uma visão holística do ambiente produtivo é fundamental para a eficiência produtiva dos rebanhos leiteiros e rentabilidade do produtor; estímulo à geração de emprego e renda no setor; e incentivo à sua permanência na atividade em condições dignas de vida (bem-estar social). Estratégias de manejo relacionadas à produtividade dos rebanhos (nutrição, genética, sanidade e reprodução) têm sido diretamente associadas à rentabilidade dos sistemas de produção de leite (Zoccal et al., 2011; Costa et al., 2013; Rocha et al., 2018). No sentido de estabelecer estratégias mais adequadas às condições do rebanho, uma vez que as variáveis de manejo pesam no planejamento da atividade leiteira, é necessário empenhar-se na compreensão de outros fatores de risco que possam interferir no bem-estar dos animais e no desempenho técnico e econômico da propriedade.

A pecuária leiteira é sensível às variações do clima, que impacta direta ou indiretamente os níveis de produção do rebanho (Pires e Campos, 2004; Silva et al., 2010). Esse impacto é tanto maior quanto mais elevado o nível de produção do animal (Azevedo et al., 2005). Nos ambientes tropicais, em maior intensidade no verão, a elevada temperatura do ar associada à alta umidade relativa pode causar desconforto térmico aos animais, processo esse conhecido como estresse térmico (Rensis e Scaramuzzi, 2003; West, 2003; Nardone et al., 2010; Santana et al., 2020).



Sob condições de estresse térmico, além de redução no consumo de matéria seca, parte da energia que seria destinada à produção e reprodução é direcionada a respostas comportamentais e fisiológicas para regular a temperatura corporal e manter as funções vitais. Em períodos de estresse térmico, a ingestão de matéria seca pode reduzir-se em 10 a 20% (Rhoads et al., 2009, Seddon, 2019). No verão, o maior problema a ser enfrentado é a queda significativa nos índices reprodutivos.

No contexto dos relatos de impactos de mudanças climáticas e da iminência do aquecimento global, que influenciam características adaptativas de bovinos e forrageiras, é fundamental monitorar o ambiente produtivo e propiciar condições adequadas para promover a eficiência na produção animal (Rojas-Downing et al., 2017, Ortiz-Colón et al., 2018).

Os zoneamentos de risco climático em agricultura têm sido amplamente desenvolvidos no Brasil para indicar ao produtor onde e quando plantar, reduzindo, dessa forma, o impacto negativo das condições climáticas em diversas culturas (Assad et al., 2008). Na pecuária, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) tem sido aplicado em diversos modelos voltados à avaliação da eficiência produtiva de vacas leiteiras sob condições de estresse térmico (Pires e Campos, 2004; Silva et al., 2009; Silva et al., 2010). O presente estudo objetivou estabelecer um zoneamento dos efeitos do estresse térmico no declínio da produção de leite (DPL) e na redução do consumo alimentar (RCA) em vacas leiteiras, nos meses de verão, na região Sudeste do Brasil.

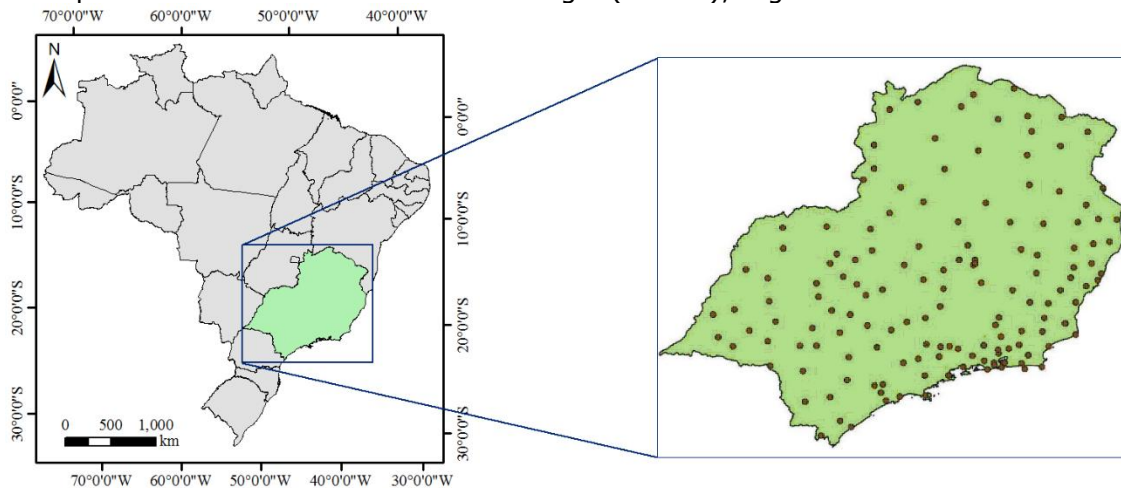
2. Material e Métodos

Foram utilizados dados meteorológicos (temperatura do ar e umidade relativa do ar) provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obtidos de estações meteorológicas automáticas localizadas na região



Sudeste do Brasil, no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2021. Na Figura 1 visualiza-se a distribuição das estações meteorológicas consideradas no estudo.

Figura 1 – Distribuição geográfica das estações meteorológicas automáticas administradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), região Sudeste do Brasil



Fonte: Andrade et al. (2023).

De posse dos dados meteorológicos estimou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), aplicando a equação proposta por Bunffington et al. (1977):

$$\text{ITU} = 0,8 \times T_{\text{bs}} + \text{UR} \times (T_{\text{bs}} - 14,3) / 100 + 46,3$$

Em que:

T_{bs} é a temperatura de bulbo seco, °C; UR é a umidade relativa do ar, %; e ITU é o índice adimensional de temperatura e umidade (ITU).

Posteriormente, aplicou-se técnicas de interpolação para espacializar os dados de ITU para a região Sudeste.

Em seguida, os dados interpolados de ITU foram utilizados para gerar os mapas de declínio da produção de leite (DPL, Berry et al., 1964) e de



redução do consumo alimentar (RCA, Hahn e Osburn, 1969), aplicando-se as equações desenvolvidas para vacas da raça Holandesa:

$$DPL = - 1,075 - 1,736 \times NP + 0,02474 \times NP \times ITU$$

Em que:

DPL é o declínio da produção de leite expresso em kg vaca-1 d-1; NP é o nível de produção de leite dos animais, dado em kg vaca-1 d-1. O NP é a referência para representar uma situação em que o animal apresenta produtividade normal, sob condições de termoneutralidade. No presente estudo foram considerados os valores de NP de 10, 20 e 30 kg vaca-1 d-1.

Os valores de ITU foram utilizados para estimar a redução do consumo alimentar (RCA) dos animais:

$$RCA = -28,23 + 0,391 \times ITU$$

Para avaliação das perdas econômicas de produção de leite (R\$/vaca/dia), foram utilizados os dados de preço do leite pago ao produtor disponibilizados pelo CEPEA/ESALQ-USP. Nas estimativas, considerou-se o preço médio pago ao produtor referente ao período de 2013 a 2023. Preços do Cepea deflacionados pelo ICPL Leite-Embrapa (CILEite (2023) - Índice de custo de produção, disponível em: <https://www.cileite.com.br/content/Índice-de-custo-de-produção-de-leite-4>).

3. Resultados e Discussão

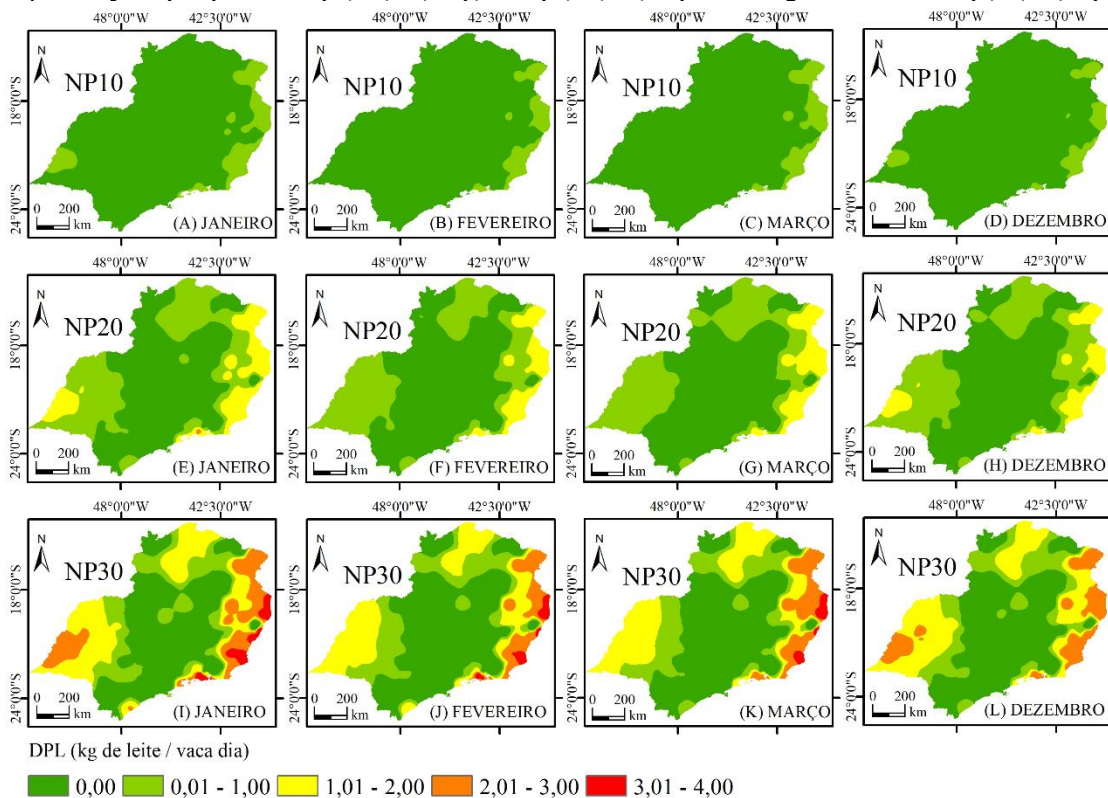
Nos mapas de declínio da produção de leite (DPL) é possível observar, para os meses de verão na região Sudeste do Brasil (Figura 2), que o DPL



foi mais pronunciado com o aumento dos níveis de produção (NP) dos animais. Assim, animais mais produtivos podem apresentar maior sensibilidade aos efeitos do estresse térmico, como já observado por Silva et al. (2009); Silva et al. (2010); e Moura et al. (2019).

Verificou-se redução ao redor de 1 kg vaca-1 d-1 para NP de 10 kg vaca-1 d-1 na faixa litorânea do Rio de Janeiro e do Espírito Santo (Figuras 2A, 2B, 2C e 2D), bem como na região de Presidente Prudente, SP (Figuras 2A e 2D). Redução de até 2 kg vaca-1 d-1 foi observada nas regiões de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (Figuras 2E, 2F, 2G e 2H), para NP de 20 kg vaca-1 d-1.

Figura 2 – Mapas ilustrando os valores médios do declínio da produção de leite (DPL) durante os meses de verão na região Sudeste do Brasil, para animais com níveis de produção (NP) de 10 (A, B, C, D), 20 (E, F, G, H) e 30 kg vaca-1 d-1 (I, J, K, L)



Fonte: Elaborado pelos autores.

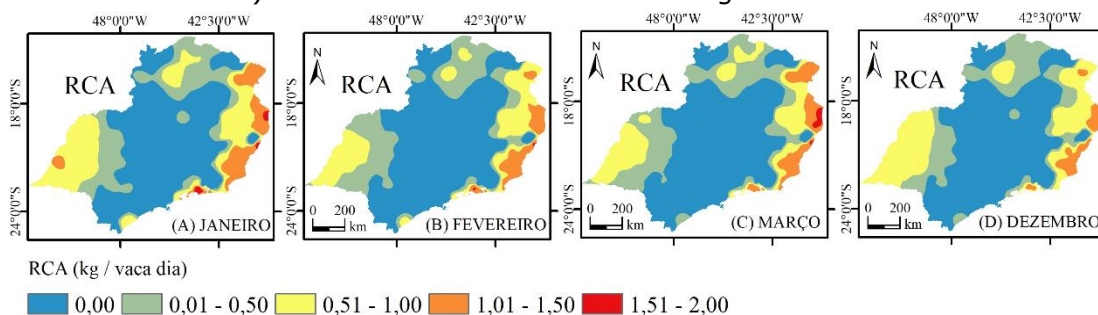


Em maiores níveis de produtividade, NP de 30 kg vaca-1 d-1, as perdas podem alcançar até 4 kg vaca-1 d-1 (cor vermelha) em municípios do litoral do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Perdas de 2 a 3 kg vaca-1 d-1 foram observadas no Triângulo Mineiro, Norte de Minas, Presidente Prudente, Araçatuba, São José do Rio Preto, parte do vale do Jequitinhonha, do Mucuri e do Rio Doce (Figuras 2I, 2J, 2K e 2L).

No que se refere à redução do consumo alimentar (RCA), observa-se nos mapas que as retrições podem alcançar 2 kg vaca-1 d-1 em alguns municípios do litoral do Rio de Janeiro e do Espírito Santo (Figuras 3A, 3B e 3C). Por outro lado, valores menores de RCA, entre 0,51 e 1,50 kg vaca-1 d-1, foram observados nas mesorregiões de Presidente Prudente, Araçatuba, São José do Rio Preto, Norte de Minas e parte do Vale do Jequitinhonha, do Mucuri e do Rio Doce.

West et al (2003) observaram, para cada unidade de ITU excedida, redução nos valores de DPL de 0,60 e 0,88 kg para vacas leiteiras das raças Jersey e Holandesa, respectivamente, independente do nível de produção. No mesmo estudo, os autores verificaram redução nos valores de RCA de 0,47 e 0,51 kg para vacas das raças Jersey e Holandesa, respectivamente.

Figura 3 – Mapas ilustrando os valores médios da redução do consumo alimentar (RCA, kg vaca-1 d-1) durante os meses de verão na região Sudeste do Brasil



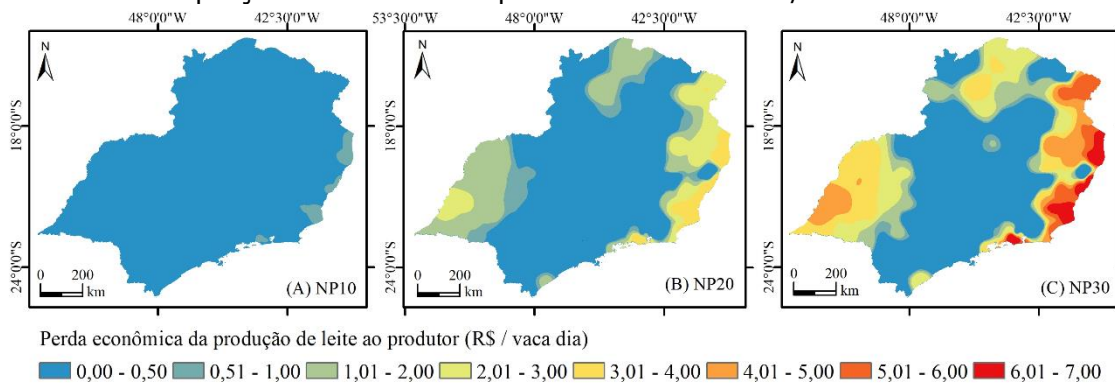
Fonte: Elaborado pelos autores.

Nas Figuras 4A, 4B e 4C os mapas ilustram as estimativas das perdas econômicas da produção de leite ao produtor na região sudeste do Brasil, em



reais (R\$) por vaca por dia, no período de verão, para níveis de produção (NP) de 10, 20 e 30 kg vaca-1 d-1. Observa-se que os animais de maiores níveis de produção são mais susceptíveis, com maiores perdas econômicas no verão da região Sudeste (Azevedo et al., 2005).

Figura 4 – Mapas ilustrando as estimativas de perdas econômicas de produção de leite, preço ao produtor (R\$/vaca/dia) durante os meses de verão na região Sudeste do Brasil, para os níveis de produção (NP) de 10, 20 e 30 kg vaca-1 d-1. Considerado o preço médio ao produtor disponibilizado pelo Cepea/Esalq-USP, referente ao período de 2013 a 2023. O preço foi deflacionado por meio do ICP-Leite/EMBRAPA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As perdas diárias estimadas foram inferiores a R\$2,00/vaca para animais com níveis de produção (NP) de 10 kg vaca-1 d-1. Na Figura 4A, nota-se que perdas diárias abaixo de R\$0,50 ocorrem em praticamente todo o território da região Sudeste, exceto em alguns municípios da faixa litorânea do Espírito Santo e do Rio de Janeiro. No entanto, no NP de 20 kg vaca-1 d-1 (Figura 4B), as perdas diárias, variando entre R\$1,00 e R\$4,00, predominam em boa extensão do Espírito Santo, faixa litorânea do Rio de Janeiro, Vale do Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Norte de Minas, porção oeste do Triângulo Mineiro, bem como nas mesorregiões paulistas de São José do Rio Preto, Araçatuba, Presidente Prudente, Marília e Assis.

Por outro lado, no NP de 30 kg vaca-1 d-1 (Figura 4C), perdas diárias por vaca, oscilando entre R\$6,00 e R\$7,00, foram observadas nas mesorregiões Metropolitana do Rio de Janeiro, Norte Fluminense, Noroeste



Fluminense, Central Espírito-Santense e Litoral Norte Espírito-Santense. Nestas mesorregiões, perdas econômicas por vaca podem variar entre R\$540,00 e R\$630,00 para animais em lactação durante o período do verão. Moura et al. (2019) observaram que, em algumas localidades, o estresse térmico e o declínio da produção poderão intensificar cada vez mais o impacto das mudanças climáticas sobre os sistemas de produção de leite. Assim, a implantação de tecnologias voltadas à promoção do conforto térmico dos animais, visando às melhorias do bem-estar e dos índices produtivos, torna-se componente necessário na estratégia de manejo dos animais para mitigar perdas econômicas decorrentes do estresse térmico e seu desconforto no bem-estar animal.

Em geral, conforme os resultados apresentados, verificou-se que em relação à abrangência territorial, há predomínio das condições climáticas favoráveis à produção de leite na região Sudeste, sendo que algumas mesorregiões necessitam de maior atenção quanto ao desconforto térmico e possíveis perdas de produção no período de verão.

4. Conclusão

O desconforto térmico é mais pronunciado com o aumento dos níveis de produção das vacas leiteiras. Os maiores impactos em termos de DPL, RCA e, conseqüentemente, em perdas econômicas da produção de leite ao produtor foram observados nos municípios da região litorânea do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Perdas significativas também podem ocorrer nas mesorregiões de Presidente Prudente, Araçatuba, São José do Rio Preto, Triângulo Mineiro, Norte de Minas e parte dos vales do Jequitinhonha, do Mucuri e do Rio Doce. Conclui-se, portanto, que há predomínio das condições climáticas favoráveis à produção de leite no Sudeste do Brasil, sendo que



algumas mesorregiões necessitam de maior atenção quanto a possíveis perdas de produção no período de verão.



Referências

ANDRADE, R. G.; GARCIA, L. C. S.; HOTT, M. C.; MAGALHAES JUNIOR, W. C. P.; PEIXOTO, M. G. C. D.; PIRES, M. F. A.; FACCO, A. G. Análise e disponibilização de mapas mensais do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para o Sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.6, p. 560-568, 2023.

ASSAD, E. D.; MARIN, F. R.; PINTO, H. S.; ZULLO JR., J. Zoneamento agrícola de riscos climáticos do Brasil: base teórica, pesquisa e desenvolvimento. **Informe Agropecuário**, v.29, p.47-60, 2008.

AZEVEDO, M. D.; PIRES, M. F. Á.; SATURNINO, H. M.; LANA, Â. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. . 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**, v.34, p.2000-2008, 2005. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/GQGXFShFs3p9kMkxMnSH8VK/>

BUNFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity confort index for dairy cows. St. Joseph: **American Society of Agricultural Engineers**, 1977. 19p. (paper 77-4517).

BERRY, I. L.; SHANKLIN, M. D.; JOHNSON, H. D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. **Transactions of the ASAE**, v.3, p. 329-331, 1964.

COSTA, J. H. C.; HÖTZEL, M. J.; LONGO, C.; BALCÃO, L. F. A survey of management practices that influence production and welfare of dairy cattle on family farms in southern Brazil. **Journal of Dairy Science**, v.96, p. 307-317, 2013. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5906>

HAHN, G. L.; OSBURN, D. D. Feasibility of Summer environmental control for dairy cattle based on expected production losses. **Transactions of the ASAE**, v.12, n. 4, p. 448-451, 1969.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. PPM – 2020. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, 2023.

MOURA, G. A. B.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; JARDIM, A. M. R. F.; ALVES, H.; K. M. N.; PINHEIRO, A. G.; SALVADOR, K. R. S.; SOUZA, L. F.



Indicadores bioclimáticos e simulação de potenciais perdas econômicas da produção de leite em Pernambuco. **Agrometeoros**, v.27, n.2, p.417-427, 2019.

NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v.130, n.1, p. 57-69, 2010.

ORTIZ-COLÓN, G.; FAIN, S.J.; PARÉS, I.K.; CURBELO-RODRÍGUEZ, J.; JIMÉNEZ-CABÁN, E.; PAGÁN-MORALES, M.; GOULD, M.A. Assessing climate vulnerabilities and adaptive strategies for resilient beef and dairy operations in the tropics. **Climatic change**, v.146, p.47-58, 2018.

PEIXOTO, M. G. C. D; PIRES, M. F. Á.; BRUNELI, F. A. T.; CARNEIRO, A. V. Caminhos para uma maior eficiência produtiva de sistemas semi-intensivos de produção de leite baseados em rebanhos mestiços. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 46**. Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2023. 47p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65410/1/COT-42-Modificacoes-ambientais.pdf>

PIRES, M. F. A. e CAMPOS, A. T. Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite. **Comunicado Técnico**. Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2004. (INFOTECA-E). <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65410/1/COT-42-Modificacoes-ambientais.pdf>

RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow: a review. **Theriogenology**, v.60, p.1139-1151, 2003.

RHOADS, M. L.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; COLLIER, R. J.; SANDERS, S. R.; WEBER, W. J.; CROOKER, B. A.; BAUMGARD, L. H. 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.92, p.1986-1997, 2009.

ROCHA, D. T.; RESENDE, J. C.; MARTINS, P. C. Evolução tecnológica da atividade leiteira no Brasil: uma visão a partir do sistema de produção da Embrapa Gado de Leite. **Documentos**, **212**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018. 62p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/185208/1/DOC-212-Evolucao-Sistema-de-Producao.pdf>



ROJAS-DOWNING, M. M.; NEJADHASHEMI, A. P.; HARRIGAN, T.; WOZNICKI, S. A. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. **Climate Risk Management**, v.16, p.145-163, 2017.

SANTANA, M. L., PEREIRA, R. J., BIGNARDI, A. B., EL FARO, L., PIRES, M. F. Á., ANDRADE, R. G., PEREZ, B. C., BRUNELI, F. A. T., PEIXOTO, M. G. C. D. Dual-purpose Guzerá cattle exhibit high dairy performance under heat stress. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 137, p. 486-494, 2020.

SEDDON, A. Vai verão, vem verão. **Leite Integral**, n. 123, p.84-88, 2019.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S. H. N.; SOUZA, L. S. B. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 863-870, 2010.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S. H. N.; JUSTINO, F.; CARMO, J. F. A.; SOUZA, L. S. B. Impactos das Mudanças Climáticas na Produção de Leiteira do Estado de Pernambuco: Análise para os Cenários B2 e A2 do IPCC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n 4, p. 489-501, 2009.

WEST, J. W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2131-2144, 2003.

ZOCCAL, R.; ALVEZ, E.R.; GASQUEZ, J.G. **Diagnóstico da pecuária de leite Nacional: estudo preliminar**. Juiz de Fora: CNPGL, 2011. Disponível em: http://www.cnpgl.embrapa.br/nova/Plano_Pecuario_2012.pdf.