

## **Análise e disponibilização de mapas mensais do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para o Sudeste do Brasil**

### **Analysis and availability of monthly maps of the Temperature and Humidity Index (THI) for Southeastern Brazil**

DOI: 10.34188/bjaerv6n1-050

Recebimento dos originais: 20/12/2022

Aceitação para publicação: 02/01/2023

#### **Ricardo Guimarães Andrade**

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

#### **Lucas Cantarino Soares Garcia**

Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora  
Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF.  
Endereço: Rua José Lourenço Kelmer, s/n, São Pedro, Juiz de Fora-MG, Brasil  
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: Rua Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, Brasil  
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: Rua Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, Brasil  
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: Rua Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora-MG, Brasil  
E-mail: gabriela.peixoto@embrapa.br

#### **Maria de Fatima Ávila Pires**

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

#### **Alexandro Gomes Facco**

Doutor em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa  
Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Campus São Mateus  
Endereço: BR-101, km 60 - Litorâneo, São Mateus - ES, Brasil  
E-mail: alexandro.facco@ufes.br

## RESUMO

O Brasil está entre os cinco maiores produtores de leite do mundo. Em 2021 a produção nacional foi de 35,3 bilhões de litros de leite, desse total, 34% se refere ao leite produzido na região Sudeste. Apesar do Sudeste se destacar no ranking nacional por Regiões, sua produtividade média ainda é considerada baixa. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) tem sido muito usado em pesquisas envolvendo a avaliação das condições de conforto térmico relacionadas ao desempenho animal. Esse estudo objetivou analisar e disponibilizar mapas mensais de ITU para o Sudeste do Brasil. Dados de temperatura e umidade do ar provenientes de estações automáticas do INMET, no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2021, foram analisados quanto à consistência e corrigidas possíveis falhas de registros observacionais. Posteriormente, estimou-se o ITU e técnicas de geoprocessamento foram aplicadas para gerar e disponibilizar os mapas de médias mensais de ITU para o Sudeste do Brasil. Conforme os resultados apresentados nos mapas, observa-se a predominância da classe de  $ITU \leq 70$  entre os meses de maio e setembro. Além disso, nota-se que classes de elevados valores de ITU prevalecem nos meses de dezembro a março, indicando condição ambiente pouco propícia para o conforto térmico dos bovinos.

**Palavras-chave:** Bem-estar animal, estresse calórico, ITU, bovinocultura leiteira.

## ABSTRACT

Brazil is among the five largest milk producers in the world. In 2021, national production was 35.3 billion liters of milk, of this total, 34% refers to milk produced in the Southeast region. Although the Southeast stands out in the national ranking by Regions, its average productivity is still considered low. The Temperature and Humidity Index (THI) has been widely used in researches involving the evaluation of thermal comfort conditions related to animal performance. This study had the objective of analyzing and making available monthly THI maps for Southeastern Brazil. Air temperature and humidity data from INMET automatic stations, from January 2007 to December 2021, were analyzed for consistency and possible flaws in observational records were corrected. Subsequently, the THI was estimated and geoprocessing techniques were applied to generate and make available maps of monthly THI average. According to the results presented in the maps, the predominance of the class of  $THI \leq 70$  between the months of May and September is observed. In addition, it was noted that classes of high THI values prevail in the months of December to March, indicating an environment condition not conducive to thermal comfort in cattle.

**Keywords:** Animal welfare, heat stress, UTI, dairy cattle.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países em termos de volume de produção de leite. De acordo com o IBGE, em 2021 a produção nacional foi de 35,3 bilhões de litros de leite, desse total, 34% se refere ao leite produzido na região Sudeste. Apesar do Sudeste se destacar no ranking nacional por Regiões, sua produtividade média continua baixa (2.537 litros/vaca/ano). Essa produtividade é inferior em 1.163 litros/vaca/ano à média da região Sul (IBGE, 2021).

Como em todo o território nacional, observa-se no Sudeste, e, provavelmente, dentro de cada estado, uma acentuada heterogeneidade de sistemas de produção, seja nas instalações, raças utilizadas, quanto na adoção de práticas de manejo, gestão da propriedade e/ou condições ambientais

(Zoccal et al., 2011). Este é um aspecto que certamente concorre para os índices de produtividade regionais observados.

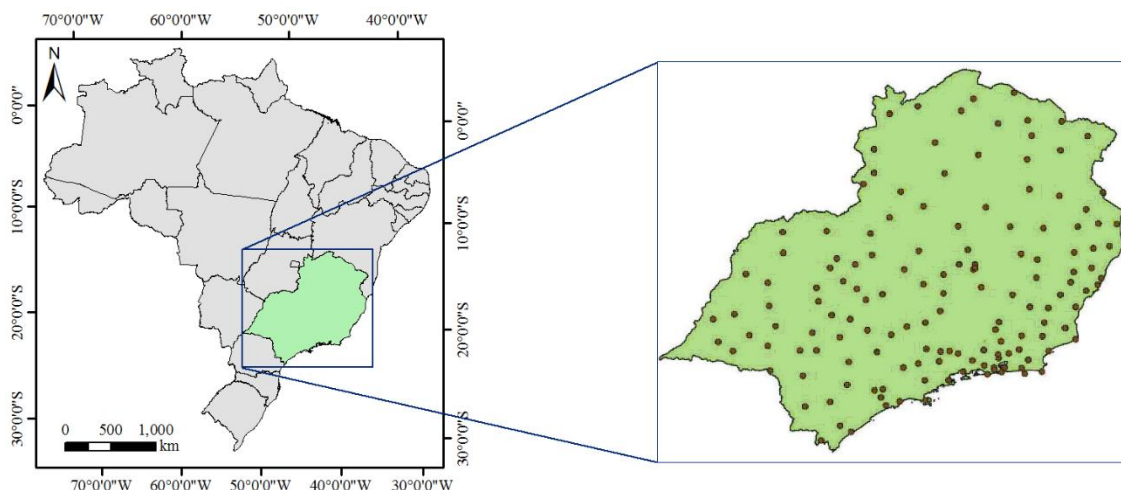
Cabe ressaltar que a região Sudeste compreende faixas de Mata atlântica, Campos, Mata de Araucária, Cerrado e Caatinga. Essa diversidade de biomas, que abrangem também grande parte do território nacional, torna ainda mais complexa a questão. Nos ambientes tropicais, em maior intensidade no verão, a elevada temperatura do ar associada à alta umidade relativa pode causar desconforto térmico aos animais, processo esse conhecido como estresse calórico (Rensis e Scaramuzzi, 2003; West 2003; Nardone et al., 2010; Santana et al., 2020).

Existem vários índices que podem ser aplicados na análise do conforto ou desconforto térmico dos animais e, entre esses, pode-se destacar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Nesse caso, a adequação do ambiente pode ser analisada ou avaliada por meio da combinação dos efeitos da temperatura do ar e da umidade (Buffington, 1977). O presente estudo objetivou analisar e disponibilizar mapas mensais de ITU para a Região Sudeste do Brasil.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo, 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, para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2021 (Figura 1).

Figura 1 – Região sudeste destacando os pontos das estações meteorológicas utilizadas no presente estudo.



Os dados diários foram analisados quanto à consistência e corrigidas possíveis falhas de registros observacionais. Na sequência, os dados foram organizados e disponibilizados em planilha Excel. Posteriormente, estimou-se o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ao aplicar a equação proposta por Bunffington (1977):

$$ITU = 0,8 Tbs + UR (Tbs - 14,3)/100 + 46,3$$

Em que:  $Tbs$  é a temperatura de bulbo seco, °C;  $UR$  é a umidade relativa do ar, %;  $ITU$  é o índice de temperatura e umidade (ITU), adimensional.

De posse do ITU estimado a partir dos dados meteorológicos coletados em cada estação meteorológica automática da região Sudeste, foi possível aplicar o método de interpolação pelo inverso da distância a quarta potência, gerando os mapas de ITU do Sudeste do Brasil. Os intervalos de classes dos mapas de ITU foram estabelecidos conforme Du Preez et al. (1990). Intervalos de classes menor ou igual a 70 seria condição normal de conforto térmico para os bovinos leiteiros; entre 70 e 72 se refere a condição de alerta; entre 72 e 78 indica alerta com restrições para a produção de leite; entre 78 e 82 indica perigo e acima de 82 uma condição de emergência.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra os mapas mensais de ITU para o Sudeste do Brasil, também disponíveis na plataforma GeoInfo (Embrapa, 2022). Nota-se que, entre os meses de maio (Figura 2E) e setembro (Figura 2I), há predominância da classe de  $ITU \leq 70$  (classe em azul). Por outro lado, nos meses de janeiro (Figura 2A), fevereiro (Figura 2B), março (Figura 2C) e dezembro (Figura 2L) há predominância de  $ITU \geq 72$ . Vale destacar que a produção de leite pode ser prejudicada quando o ITU for  $\geq 72$  (Kemer et al., 2020; Santana et al., 2020). É importante ressaltar que o ITU pode variar bastante ao longo do tempo (dia, mês ou ano) de modo que regiões com média elevada de ITU mensal ou anual podem não oferecer estresse ao gado durante todo o tempo.

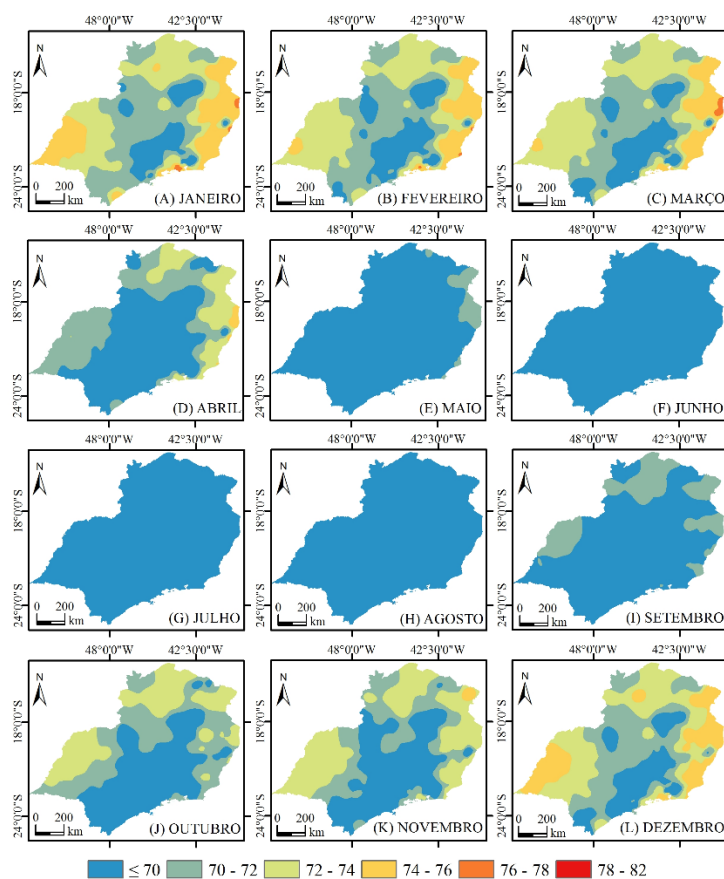
Pelos mapas, portanto, observa-se que boa parte do estado do Espírito Santo e do Rio de Janeiro, porção oeste de São Paulo, Triângulo Mineiro, Nordeste e Norte de Minas Gerais são áreas em que a produção de leite pode ser mais afetada por questões climáticas. Já o Alto Paranaíba, Noroeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Campo das Vertentes, Oeste de Minas, Central Mineira, Metropolitana de Belo Horizonte, Macro-metropolitana Paulista, Metropolitana de São Paulo e Itapetininga são as regiões que predominaram os valores de  $ITU \leq 72$  em todos os meses do ano. Nesse caso, a gestão territorial pode auxiliar o setor público e privado (produtores rurais, empresas/cooperativas, entre outros) na adequação dos rebanhos ao ambiente. Os dados climáticos

associados com dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento podem ser empregados na avaliação de territórios ou regiões quanto à adequação de raças leiteiras ao conforto térmico em ambiente tropical, ou seja, adequação quanto à zona de termoneutralidade.

A capacidade de resposta ao estresse calórico é raça-dependente (Bernabucci et al., 2010; McManus et al., 2011). Estudos indicam que grupos genéticos de bovinos possuem diferentes zonas de termoneutralidade. Por exemplo, os zebuínos se enquadram geralmente em ambientes com temperaturas do ar oscilando entre 10 e 32°C. Nesse caso, quando a temperatura do ar está abaixo de 10°C o animal ativa o mecanismo de termogênese e a termoconservação. Por outro lado, quando o ambiente está com temperatura do ar acima do limite crítico superior (32°C), o animal aumenta o processo de termólise para dissipar o calor produzido pelo corpo e o recebido pelo ambiente (Berman, 2011; Ferreira et al., 2017).

No que se refere ao grupo genético holandês, a zona de termoneutralidade se encontra entre 4 e 26°C (Huber, 1990). Destaca-se ainda que altas umidades do ar e radiações solares podem acentuar o efeito negativo das altas temperaturas do ar. A elevada umidade do ar pode reduzir o potencial de evaporação do animal por via respiração ou cutânea. Já a radiação solar provoca um incremento de calor no processo metabólico (Ferreira et al., 2017).

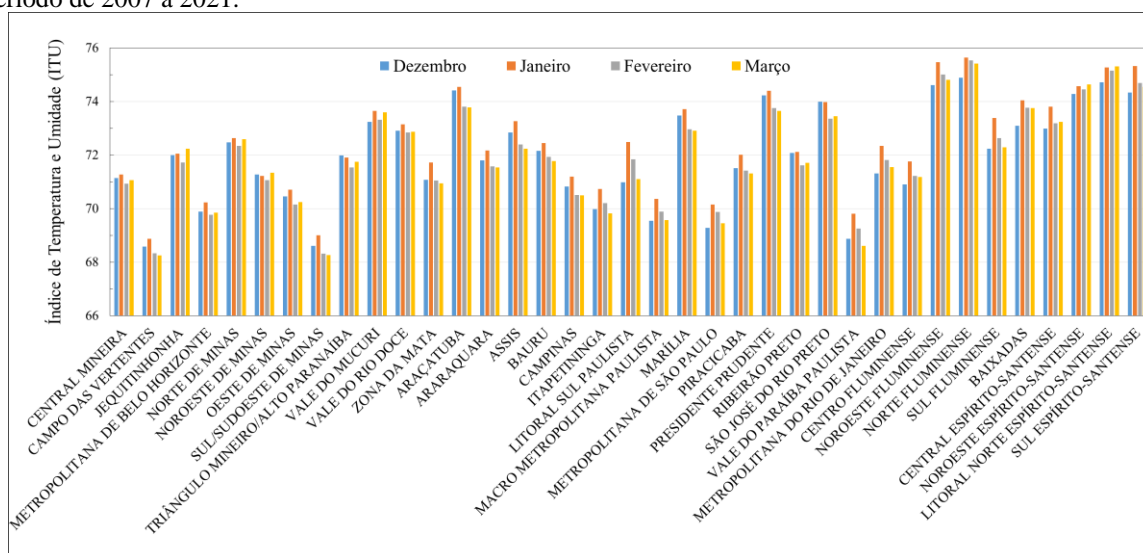
Figura 2 - Mapas do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do Sudeste do Brasil para os meses de janeiro (A) a dezembro (L), usando série histórica de dados meteorológicos referente ao período de 2007 a 2021.



Os ganhos em produção e produtividade na pecuária leiteira, ocorridos nas últimas décadas, se devem, muito, em função da melhoria genética animal e vegetal, assim como da melhoria na adoção de procedimentos de boas práticas de manejo agrícola e no gerenciamento do processo produtivo (Hott et al., 2022). No entanto, estudos de interação genótipo-ambiente observaram a existência de antagonismo genético entre o nível de produção e a resposta dos animais ao estresse calórico. Há evidências de que a alta tolerância ao estresse calórico de animais Zebu pode ser, da mesma forma, deteriorada pela seleção contínua para alta produção de leite (Santana Jr. et al., 2015).

A Figura 3 apresenta os valores médios de ITU, estimados para o período do verão (dezembro, janeiro, fevereiro e março), para cada mesorregião do Sudeste. Observa-se que, de um total de 37 mesorregiões, cerca de 30 (80%) apresentaram ITU acima de 70 em todos os meses de verão. Além disso, 16 mesorregiões (43%) tiveram média de ITU  $\geq 72$  em todos os meses de verão.

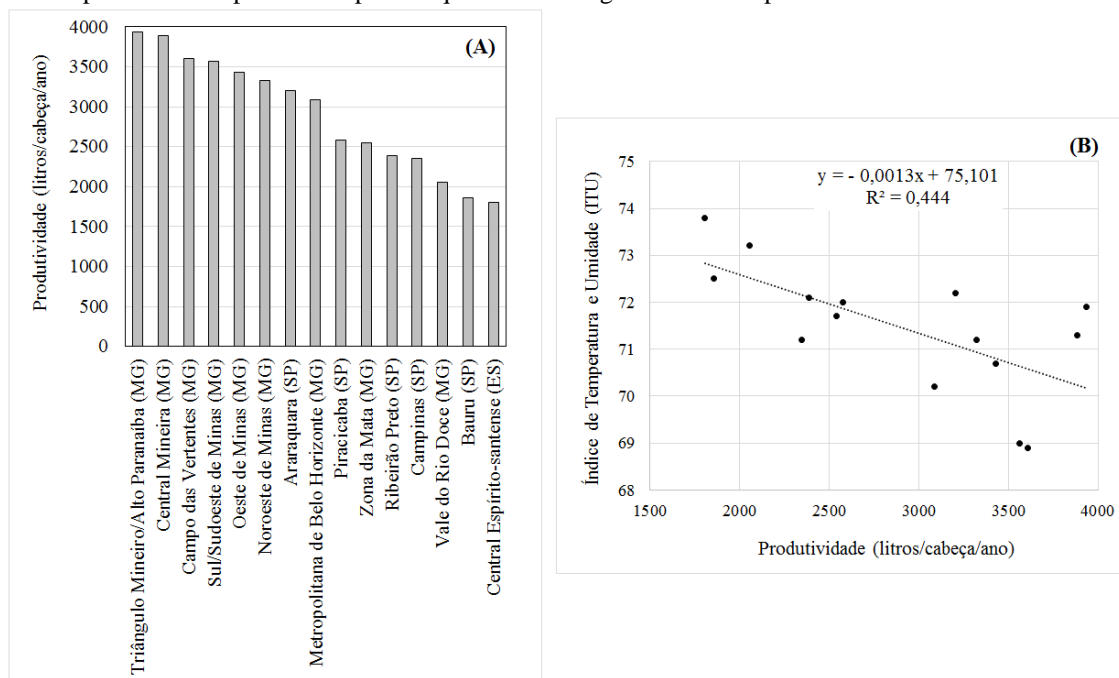
Figura 3 – Valores médios do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) estimados para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, para cada mesorregião do Sudeste do Brasil, usando série histórica de dados meteorológicos referente ao período de 2007 a 2021.



Valores médios de ITU entre 70 e 72 foram observados em 12 das 15 mesorregiões com maiores produtividades leiteiras (Figura 3). Contudo, foram observados valores médios de ITU  $\geq 72$ , para todos os meses de verão, em apenas 3 das 15 mesorregiões de maiores produtividades, sendo estas as últimas da lista das 15 mais produtivas (Figura 4a). A mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (1ª colocada) possui produtividade 2,2 vezes maior que a Central Espírito-santense (15ª colocada).

Na Figura 4b tem-se o gráfico de dispersão da relação entre o ITU e a produtividade (litros/cabeça/ano) estimada a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE para as 15 mesorregiões mais produtivas do Sudeste. Nota-se que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre as variáveis foi de 0,44, o que corresponde a uma correlação ( $r$ ) de 0,66.

Figura 4 – Gráficos das quinze mesorregiões com maior produtividade leiteira (A) e da dispersão da relação entre o ITU médio dos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro e março) e a produtividade (litros/cabeça/ano) estimada a partir dos dados disponibilizados pelo IBGE para as quinze mesorregiões de maior produtividade do Sudeste do Brasil (B).



#### 4 CONCLUSÃO

Os mapas de ITU, para a região Sudeste do Brasil, evidenciam a predominância da classe de  $ITU \leq 70$  entre os meses de maio e setembro. Além disso, nota-se maior abrangência das classes de  $ITU \geq 72$  nos meses de dezembro a março, principalmente em boa parte do Espírito Santo e do Rio de Janeiro, porção oeste de São Paulo, Triângulo Mineiro, Nordeste e Norte de Minas Gerais. Contudo, ressalta-se que dez das quinze mesorregiões de maior produtividade leiteira apresentaram  $ITU \leq 72$  no período do verão. Por outro lado, valores de  $ITU > 72$  foram observados em apenas três das quinze mesorregiões de maior produtividade (Bauru, Vale do Rio Doce e Central Espírito-santense). Nesse caso, podem apresentar algum tipo de alerta regional ou risco climático à produção leiteira e, com isso, indicar possível adequação de raças leiteiras às condições climáticas críticas no período do verão.

## REFERÊNCIAS

BERMAN, A. Invited review: are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates? **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2147-2158, 2011.

BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v.4, p.1167-1183, 2010.

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

DU PREEZ, J. D.; GIESECKE, W. H.; HATTINGH, P. J. 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 Veterinary Research, Onderstepoort**, v.57, n.1, p.77-87, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – GADO DE LEITE - EMBRAPA. **GEOINFO - Metadados: Índice de Temperatura e Umidade (ITU) - Média/Mês - Série 2007/2021**, Juiz de Fora, 2022. Disponível em: <http://geoinfo.cnpgl.embrapa.br/maps/998>

FERREIRA, I. C.; MARTINS, C. F.; FONSECA NETO, A. M. da; CUMPA, H. C. B. **Conforto térmico em bovinos leiteiros a pasto**. Documentos, 342. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. 2017. 47p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178289/1/Doc-342.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2023.

HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. de. **Gestão territorial na cadeia produtiva do leite**. In: HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G.; MAGALHAES JUNIOR, W. C. P. de (org.). Geotecnologias: aplicações na cadeia produtiva do leite. Ponta Grossa: Atena, 2022. p. 1-6.

HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Bovinocultura leiteira**. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. PPM – 2021. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/cnt/brasil> Acesso em fev. 2023.

KEMER, A.; GLIENKE, C. L.; BOSCO, L. C. Índices de conforto térmico para bovinos de leite em Santa Catarina Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29655-29672, 2020.

MCMANUS, C.; CASTANHEIRA, M.; PAIVA, S. R.; LOUVANDINI, H.; FIORAVANTI, M. C. S.; PALUDO, G. R.; BIANCHINI, E.; CORRÊA, P. S. Use of multivariate analyses for determining heat tolerance in Brazilian cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v.43, p.623-630, 2011.

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.



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.

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.

SANTANA, M.L.; PEREIRA, R.J.; BIGNARDI, A.B.; VERCESI FIHO, A.E.; MENÉNDEZ-BUXADERA, A.; EL FARO, L. Detrimental effect of selection for milk yield on genetic tolerance to heat stress in purebred Zebu cattle: genetic parameters and trends. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.9035-9043, 2015.

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

ZOCCAL, R.; ALVES, E. R.; GASQUEZ, J. G. **Diagnostico da pecuária de leite nacional: estudo preliminar: contribuição para o plano pecuário 2012**. Juiz de Fora Embrapa Gado de leite, 2011.