



ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA VACAS LEITEIRAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Zanandra Boff Oliveira¹, Eduardo Leonel Bottega², Alberto Eduardo Knies³, Marília Boff de Oliveira⁴ & Irajá Jantsch de Souza⁵

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo de estabelecer o zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado do RS a partir do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e realizar a espacialização do déficit da produção de leite das vacas da raça Holandesa com nível de produção de 20, 25 e 30 kg dia⁻¹. O estudo foi realizado para 27 municípios do estado para os quais foi calculado o ITU a partir de dados de temperatura média compensada (TMC) e umidade relativa compensada (URC), referentes a última normal climatológica (1961 e 1990) disponível no site do INMET. Nos meses em que o ITU foi superior ao de conforto térmico foi calculado a déficit de produção de leite. Uma vez detectada a dependência espacial, produziu-se o mapa temático da distribuição espacial da variável por meio de krigagem ordinária. O modelo esférico foi o que melhor ajustou à semivariância experimental observada para o ITU, que apresentou dependência espacial com correlação significativa negativa entre os valores de altitude. O ITU foi superior a 70, considerado condição de alerta, em 18 municípios dos 27 avaliados, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, chegando ao valor máximo de 75,4, na faixa de municípios situados na região sudoeste, com altitude de até 100 m. O déficit de produção de leite de vacas Holandesas, para um nível de produção de 20 a 30 kg dia⁻¹, em função de condições climáticas foi de até 4,20 kg dia⁻¹ para o estado do RS.

PALAVRAS-CHAVE: conforto térmico; índices de conforto térmico, geoestatística.

BIOCLIMATIC ZONING FOR DAIRY COWS IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: The objective of this study was to establish the bioclimatic zoning for dairy cows in the state of RS analyzing the temperature and humidity index (THI) and to perform the spatialization of milk production deficit of Holstein cows of 20, 25 and 30 kg day⁻¹. The study was performed in 27 state municipalities for those UTI was calculated from the data of compensated mean temperature (TMC) and compensated relative humidity (URC), referring to the last climatological normal data (1961 and 1990) available on INMET website. Once the spatial dependence was detected, a thematic map of the spatial distribution was generated using ordinary kriging. The spherical model was the best fit for the experimental semivariance observed for THI, which showed spatial dependence with significant negative correlation between altitude values. The THI was above 70, considered an alert condition, in 18 municipalities of the 27 evaluated, in the months of december, january and february, reaching a maximum value of 75.4, in the range of municipalities located in the southwest region, with altitude up to 100 m. The milk production deficit of Holstein cows, for a production yield of 20 to 30 kg day⁻¹, regarding the climatic conditions, was up to 4.20 kg day⁻¹ for the RS state.

KEYWORDS: thermal comfort; thermal comfort indexes, geostatistics.

1 INTRODUÇÃO

O leite está entre os seis primeiros produtos mais importantes da agropecuária brasileira (EMBRAPA, 2016). A região Sul, é a segunda região mais produtora do Brasil, destacando-se o Estado do Rio Grande do Sul (RS). No RS, a produção é relativamente bem distribuída pelo território, destacando-se com maior produção nas regiões norte e nordeste (IBGE, 2011).

As vacas de raças leiteiras em lactação são sensíveis ao estresse térmico, situação em que ocorre uma redução na produtividade, atribuída ao menor consumo de

alimentos, à hipofunção da tireóide e ao gasto de energia necessária para dissipação de calor corporal. Dessa forma, haverá também diminuição nas taxas de concepção e atraso no crescimento de animais de reposição, ocasionando perdas econômicas significativas para o produtor (BAËTA e SOUZA, 2010; PIRES e CAMPOS 2004).

A zona de conforto térmico é aquela faixa de temperatura ambiente dentro da qual o animal homeotermo praticamente não utiliza seu sistema termorregulador, sendo mínimo o gasto de energia para manutenção, ocorrendo a maior eficiência produtiva (BAËTA e SOUZA, 2010; SILVA 2000). Segundo Martello et al. (2004), para o período de lactação os limites ideais de temperatura ficam em torno de 4 a 24°C. De acordo com Broucek et al. (2009), a temperatura máxima crítica fica entre 24-27 °C.

^{1 2 5} Universidade Federal de Santa Maria Campus de Cachoeira do Sul. E-mail: zanandraboff@gmail.com ; bottega.elb@gmail.com ; iraja_14@yahoo.com.br

³ Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. E-mail: alberoek@gmail.com

⁴ Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: marilia.boffdeoliveira@gmail.com

A sensação de conforto está relacionada, também, com a umidade do ar. De acordo com Borburema et al. (2013), o Brasil apresenta regiões de clima tropical e subtropical, fator que pode ser considerado limitante na produção animal. Nesse sentido, a combinação da temperatura ambiente e da umidade relativa em um indicador de conforto térmico, chamado índice de temperatura e umidade (ITU) (INGRAHAM et al., 1979; BUFFINGTON et al., 1981; GAUGHAN et al. 2008), pode ser utilizada para avaliar o conforto térmico dos animais (CAMPOS et al., 2001; KLOSOWSKI et al., 2002; TURCO et al., 2006; GANTNER et al., 2011; HERBUT e ANGRECKA 2012).

Para Klosowski et al. (2002), o estudo sistemático do ITU para as regiões produtoras de leite constitui importante instrumento indicativo de conforto/desconforto a que os animais podem estar submetidos, auxiliando produtores na escolha dos meios mais adequados de condicionamento térmico.

O uso da geostatística contribui para compreensão da espacialização do conforto e desconforto térmico em diferentes locais, pois de acordo com Yamamoto e Landim (2013), os métodos geostatísticos fornecem um conjunto de técnicas necessárias para entender a aparente aleatoriedade dos dados, os quais apresentam uma possível estruturação espacial, estabelecendo, desse modo, uma função de correlação espacial.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo estabelecer o zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado do RS a partir do ITU e analisar a variabilidade espacial do déficit da produção de leite das vacas da raça Holandesa, considerando os níveis de produção de 20, 25 e 30 kg dia⁻¹.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado para vinte e sete municípios do estado do RS, localizados em diferentes regiões. Na figura 1 é apresentado o mapa de localização, bem como os municípios avaliados no estudo.

Os dados meteorológicos necessários para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), referentes ao período compreendido entre 1961 e 1990 (última Normal Climatológica disponível). A temperatura média do dia, é denominada de temperatura média compensada (TMC) e a umidade relativa média do dia, é denominada de umidade relativa média compensada (URC), calculadas pelo INMET com equações 1 e 2, respectivamente.

$$TMC = \frac{(T_{max} + T_{min} + T_{12} + T_{18} + T_{24})}{5} \quad (1)$$

Onde:

TMC = temperatura média compensada (°C) do dia;
Tmax = temperatura máxima do dia (°C);
Tmin = temperatura mínima do dia (°C);
T12,18,24 = temperaturas observadas nos respectivos horários 12, 18 e 24 UTC (°C).

$$URC = \frac{(UR_{12} + UR_{18} + 2xUR_{24})}{4} \quad (2)$$

Onde:

URC= umidade relativa do ar compensada do dia (%);
UR12,18,24 = temperaturas observadas nos respectivos horários 12, 18 e 24 UTC (%).

O ITU foi calculado a partir dos dados médios mensais de TMC e URC, conforme equação 3, proposta por Buffington et al. (1982):

$$ITU = \frac{0,8 TMC + URC (TMC - 14,3)}{100 + 46,3} \quad (3)$$

Onde:

ITU = índice de temperatura e umidade, adimensional;
TMC= temperatura média compensada, média do mês (°C);
URC = umidade relativa do ar média compensada, média do mês (%).

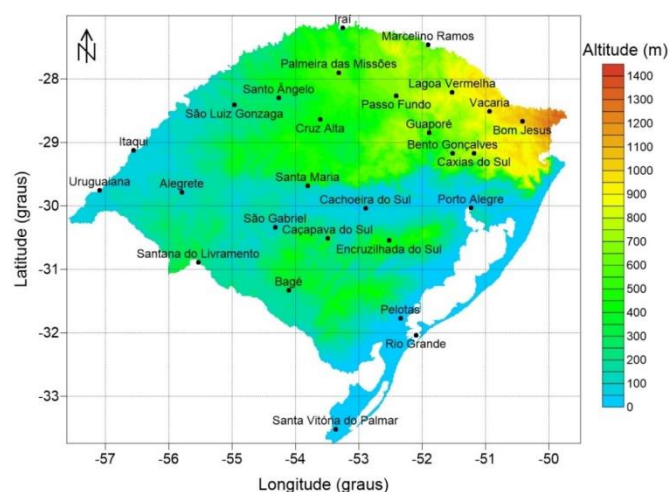


Figura 1 - Mapa do estado do Rio Grande do Sul e localização geográfica dos municípios estudados.

Os valores obtidos de ITU foram comparados com as condições ideais de conforto, sendo menor ou igual a 70 considerado normal; de 70 a 72 estado de alerta (índice crítico para a produção de leite); 72 a 78 estado crítico na qual há redução na produção de leite; 78 a 82 nível de perigo; acima de 82 estado de emergência, conforme descreve Silva Junior (2001).

Para os meses do ano em que o ITU foi superior a 70, realizou-se a estimativa no déficit de produção de leite, conforme equação 4, proposta por Hahn (1993):

$$DPL = -1,075 - 1,736(NP) + 0,02474 (NP) x (ITU) \quad (4)$$

Onde:

DPL = declínio absoluto na produção de leite, kg vaca⁻¹ dia⁻¹;

NP = nível normal de produção de leite em condições de conforto térmico, em que se utilizou: 20, 25 e 30 kg vaca⁻¹ dia⁻¹;

ITU = valor médio do índice de temperatura e umidade (calculado para o zoneamento bioclimático), adimensional.

Foi empregada análise de correlação de Pearson ($p < 0,05$) para as variáveis altitude, índice de temperatura e umidade (ITU) e déficit de produção de leite. A variabilidade espacial das variáveis foi analisada através de técnicas geoestatísticas. A dependência espacial foi avaliada pelo ajuste de variogramas, pressupondo a estacionaridade da hipótese intrínseca, definida pela equação 5.

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_{i+h})]^2 \quad (5)$$

Onde:

$\hat{\gamma}(h)$ = Semivariância em função da distância de separação (h) entre pares de pontos;

h = Distância de separação entre pares de pontos, m;

N (h) = Número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_{i+h})$ separados por uma distância h.

Foram testados os modelos gaussiano, esférico e exponencial. Ajustou-se o modelo teórico de semivariância que melhor representou a semivariância experimental. Para a escolha do modelo de melhor ajuste, adotou-se como parâmetro o menor valor da soma de quadrados do resíduo (SQR) e o maior coeficiente de determinação (R^2), bem como análise de validação cruzada (valores observados versus valores estimados).

Uma vez detectada a dependência espacial, produziu-se o mapa temático da distribuição espacial da variável por meio de krigagem ordinária. Para interpolação utilizou-se 16 vizinhos próximos, em um raio de busca equivalente ao alcance do variograma. Grego e Vieira (2005), ressaltam que as construções de mapas com os valores obtidos por meio de krigagem são importantes para a verificação e interpretação da variabilidade espacial. Bottega et al. (2013), destacam que a análise geoestatística dos dados é completada com as informações mostradas nos mapas, que são úteis nas tomadas de decisões.

A análise de correlação de Pearson foi realizada utilizando o programa computacional Statistica, versão 7. A análise geoestatística e confecção dos mapas temáticos foram realizadas utilizando o programa computacional GS+, versão 9.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 estão apresentados os valores de ITU calculados para os vinte e sete municípios e os valores de ITU (70 a 82) nas diferentes faixas de conforto consideras.

Pode-se observar que 18 municípios apresentaram ITU superior a 70 (alerta), ocorrendo nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Enquanto que, para os demais meses do ano a situação foi de conforto térmico em todos os municípios. Indicando que a condição climática estudada é ideal para a criação de vacas leiteiras no estado, com ressalvas no período do verão, que serão abordadas nesse estudo. Souza e Silva (2008), atribuem ao clima ameno da região Sul, o sucesso da criação de raças com alta aptidão leiteira, como a Holandesa.

Na figura 3, pode-se observar a TMC e a URC nos meses de dezembro a fevereiro, para os diferentes municípios avaliados. Verifica-se que, a TMC segue um padrão em função da altitude do local, sendo os menores valores em altitudes mais elevadas, como é o caso dos municípios localizados nas regiões noroeste e nordeste (Figura 1) e os maiores valores, observados em locais de menor altitude, como é o caso dos municípios localizados nas mesorregiões centro oriental e sudoeste (Figura 1).

Cargnelutti et al. (2006) concluíram que, para o estado do Rio Grande do Sul, a altitude exerce maior influência que a latitude na temperatura média decenal do ar. Os municípios que apresentaram ITU superior a 70 estão localizados nas regiões com altitudes inferiores a 500 m (Figura 1). Todavia, existem outros fatores climáticos que influenciam na temperatura e umidade relativa do ar, além da altitude, como é o caso da continentalidade ou maritimidade, que predomina nos municípios de Porto Alegre, Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, elevando a umidade relativa do ar (Figura 3). Portanto, nesses municípios, mesmo que a temperatura do ar seja amena (Figura 3), o efeito combinado com a umidade relativa do ar, faz com que o ITU permaneça acima de 70, nos meses de janeiro e fevereiro (Figura 2).

Na Figura 4, está apresentado o zoneamento bioclimático para a criação de vacas de leite no RS, baseado no índice de temperatura e umidade (ITU), para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

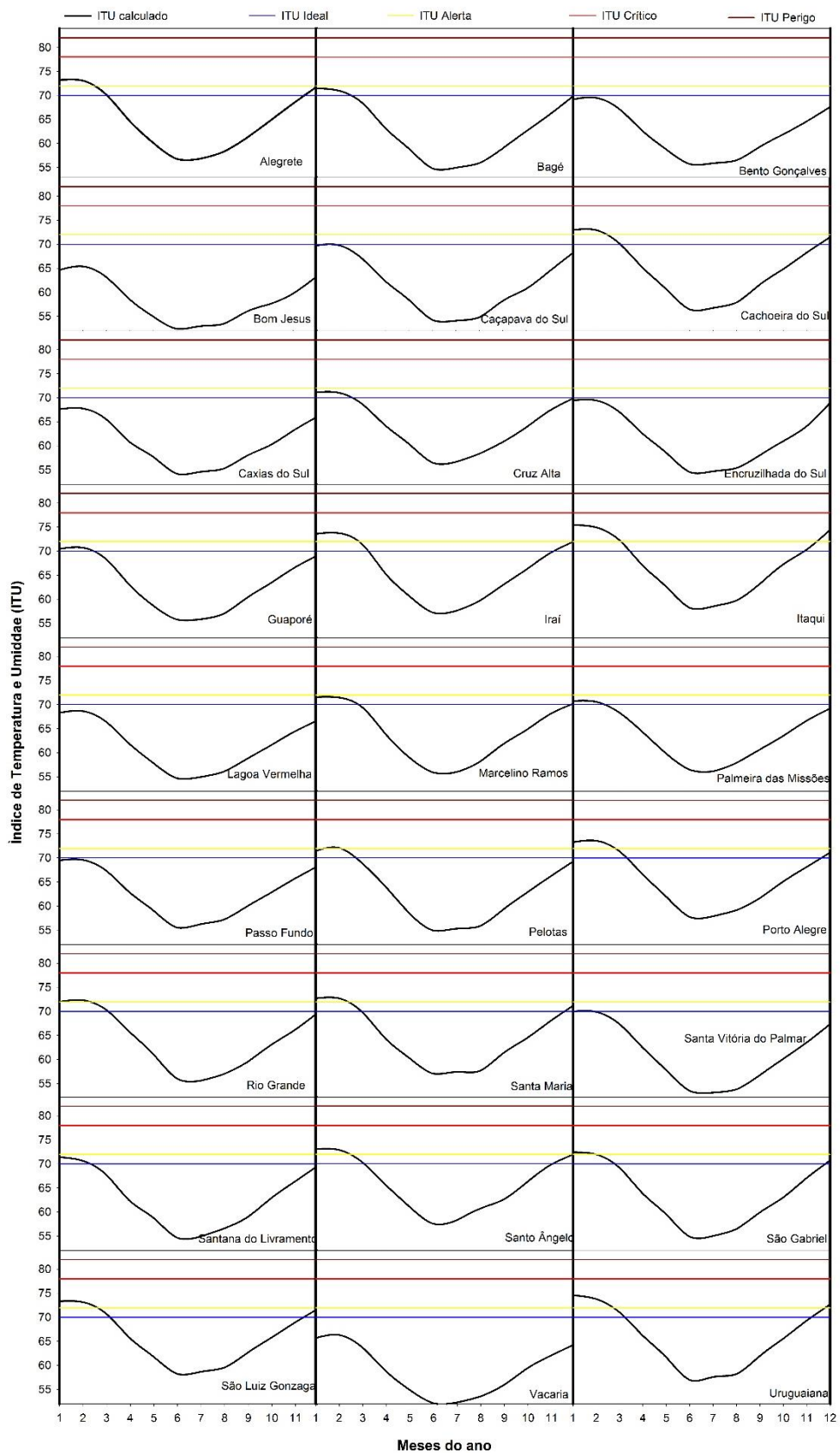


Figura 2 - Valores de índice de temperatura e umidade (ITU) calculados para vinte e sete municípios do estado do Rio Grande do Sul e valores de ITU de referência para a predição do conforto animal.

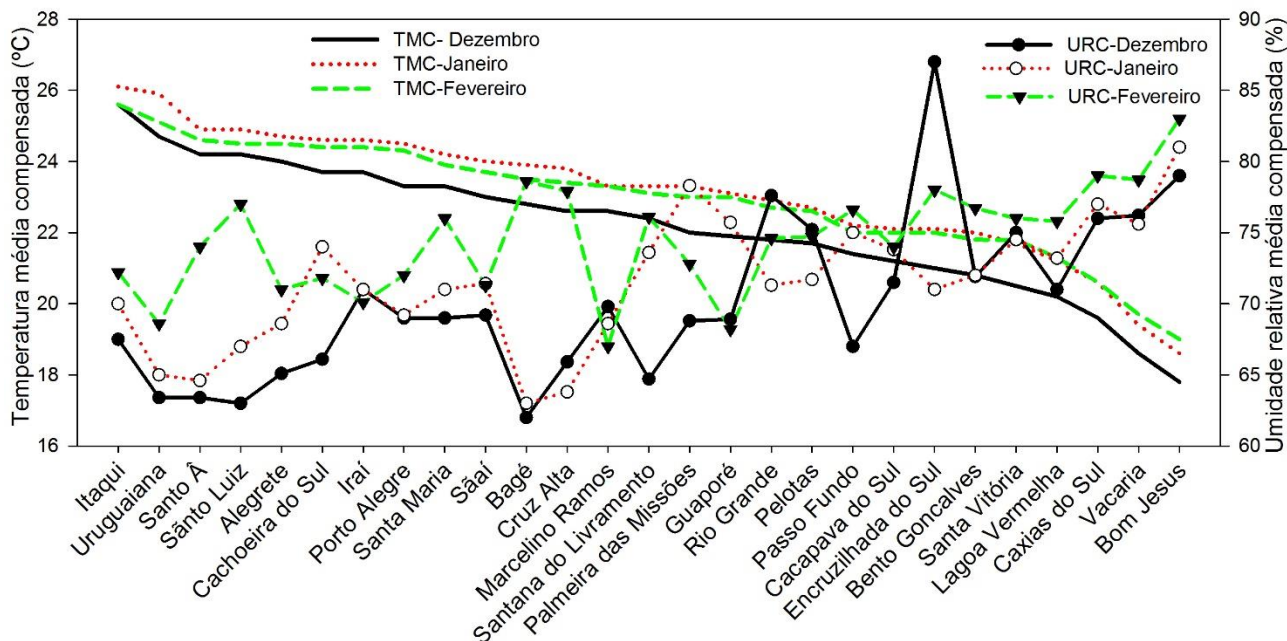


Figura 3 – Temperatura média do ar compensada e umidade relativa do ar compensada para os vinte e sete municípios avaliados no estado do Rio Grande do Sul, durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

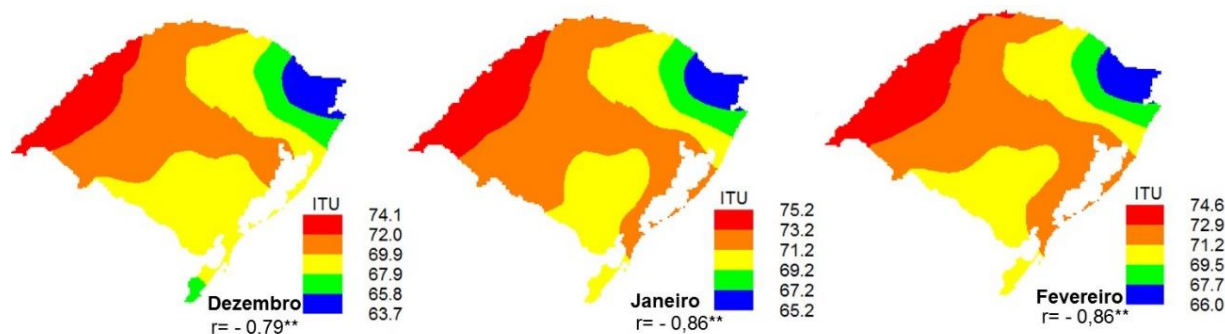


Figura 4 – Mapas temáticos do zoneamento bioclimático para bovinos de leiteiros, calculado com base no índice de temperatura e umidade (ITU) referente aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, para o estado do Rio Grande do Sul. *r*: coeficiente de correlação de Pearson entre ITU e altitude; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O modelo esférico foi o que melhor ajustou à semivariância experimental observada para o ITU. O ITU apresentou dependência espacial com correlação significativa negativa entre os valores de altitude, indicando que, locais de maior altitude apresentam menores valores de ITU.

O ITU foi superior a 72, considerando como alerta, em 18 dos 27 municípios avaliados, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, chegando ao valor máximo de 75,2 nos municípios situados na região sudoeste, com altitude de até 100 m (Figura 1). Segundo Higashiyama et al., (2013), vacas Holandesas submetidas a ITU superior a 72 apresentam estresse calórico, verificado em seu estudo por meio do cortisol urinário. Gantner et al (2011), em estudo realizado na Croácia, verificou-se que o ITU

superior a 72 influenciou ($P < 0,01$) sobre o conteúdo diário de gordura e proteínas do leite, em todas as regiões analisadas.

As regiões mais produtoras de leite do RS, norte e nordeste (IBGE, 2011), são pouco afetadas pelo estresse climático ($ITU < 72$). Campos et al. (2002) relata que, para valores de ITU iguais ou inferiores a 70, as vacas leiteiras não apresentam desconforto térmico. Entretanto, para valores de 75 ou mais, a produção de leite e a ingestão de alimentos são seriamente prejudicados.

Observa-se, também, que os valores de ITU são muito similares em janeiro e fevereiro e inferiores aos de dezembro, isso em função do acréscimo nos valores de TMC e URC (Figura 3) nesses meses. Tal resultado,

impacta em um maior déficit na produção leiteira nesses meses, visualizado na figura 5, em que são apresentados os mapas de variabilidade espacial para o déficit de

produção de leite de vacas da raça Holandesa em função das produtividades esperadas (20, 25 e 30 kg dia⁻¹) para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

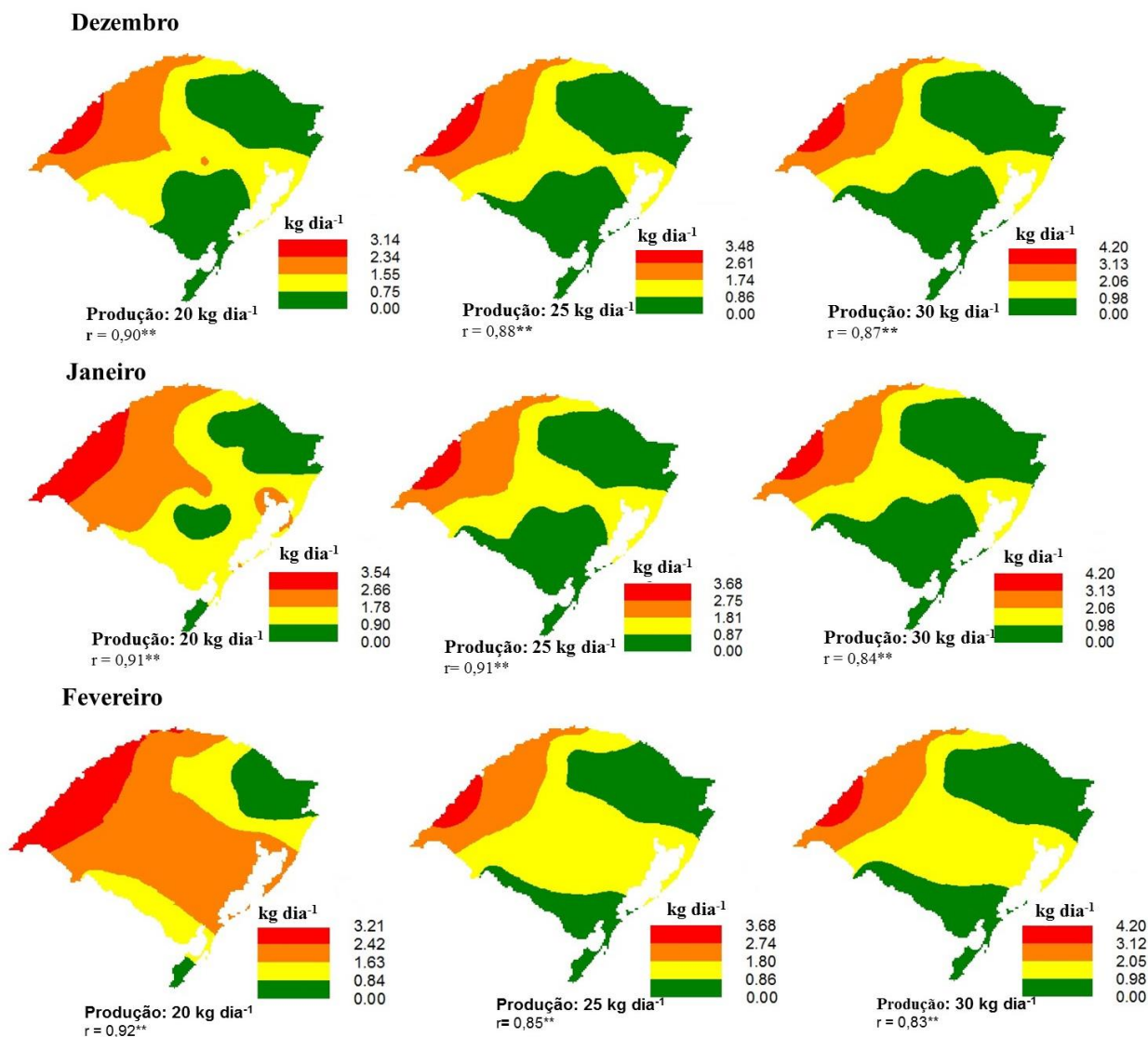


Figura 5 – Mapas temáticos da distribuição espacial do déficit de produção de leite para vacas Holandesas com uma produção de 20, 25 e 30 kg dia⁻¹, nos meses de dezembro (A), janeiro (B) e fevereiro (C), para o estado do Rio Grande do Sul. *r*: coeficiente de correlação de Pearson entre ITU e altitude; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Correlação significativa positiva foi observada para os valores de ITU e déficit de produção de leite, ou seja, na medida em que se aumenta o valor de ITU tem-se maior déficit de produção de leite, podendo chegar em 4,20 kg dia⁻¹ para um nível de produção (NP) diário de 30 kg, no município de Itaqui. Estudando o zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia, Turco et al. (2006), observaram regiões com perdas de até 1 kg dia⁻¹ para vacas com NP de 10 kg e regiões com perdas de produção de até 4,5 kg dia⁻¹ para vacas com NP de 25 kg. Do mesmo modo, Campos et al. (2001), em trabalho realizado para a região de Goiânia - GO, obtiveram resultados aproximados de redução na produção de leite, de 6,0 e 6,8 kg dia⁻¹, para os meses de dezembro e março, respectivamente, considerando-se um

nível de produção normal de 30 kg dia⁻¹. Herbu e Angrecka (2012), avaliando o ITU em sistema Free Stall na Polônia, verificaram a diminuição de até 0,36 kg por unidade de ITU para grupos de animais mais produtivos e de 0,18 kg por unidade de ITU para grupos de animais menos produtivos.

Para o NP de 20 kg dia⁻¹, reduções na produção de leite entre 1,30 e 3,5 kg dia⁻¹, ocorreram em seis municípios situados na região central e sudoeste do estado (altitude entre 50 e 150 m). Para os 11 municípios, localizados em altitude entre 430 e 1.046 m (Figura 1), reduções na produção de leite ocorreram em apenas três municípios (Cruz Alta, Guaporé e Palmeira das Missões), com déficit inferior a 1,5 kg dia⁻¹. Nos municípios litorâneos (Rio Grande, Pelotas, Porto Alegre e Santa Vitória do

Palmar), o déficit de produção de leite foi inferior a 2 kg dia⁻¹. Para os demais municípios, situados em altitude entre 200 e 400 m, a redução na produção de leite foi de até 2,8 kg dia⁻¹, verificada nos meses de janeiro e fevereiro.

Para os níveis de produção de leite de 25 e 30 kg dia⁻¹, nos municípios da região litorânea (Rio Grande, Pelotas, Porto Alegre e Santa Vitória do Palmar) e nos municípios localizados em altitude entre 200 e 1.046 m, o déficit de produção de leite foi inferior ao observado para o NP de 20 kg dia⁻¹. Enquanto que, para os municípios situados na região central e sudoeste do estado (altitude entre 50 e 150 m), o déficit de produção de leite foi superior nesses níveis de produção em comparação ao anterior, chegando em até 4,20 kg dia⁻¹.

Esse déficit de produção de leite maior no NP de 20 kg dia⁻¹ em comparação aos outros dois, que ocorre em 21 dos 27 municípios avaliados, impacta negativamente na produção de leite no estado, que deve estar próxima a esses valores. Pois, a média de produção de leite no estado, em 2015 estava entre 10, 6 e 15, 8 kg vaca⁻¹ dia⁻¹, dependendo do nível de tecnologia adotado na fazenda (IBGE, 2015).

De forma geral, no estado do RS, para a maioria dos municípios avaliados, dentro de um NP de 20 a 30 kg dia⁻¹, o déficit de produção de leite em função a estresse climático não excedeu a 3 kg dia⁻¹, com exceção aos municípios de Itaquí e Uruguaina que chegou em até 4,2 kg dia⁻¹. Comparado os resultados obtidos nesse estudo com os da literatura (CAMPOS et al., 2001; SILVA et al., 2006; KLOSOWSKI et al., 2002), verifica-se que as condições de conforto térmico do ambiente externo não são limitantes a produção leiteira de vacas Holandesas no estado do RS. Todavia, para as regiões em que ITU é maior que o considerado como de conforto (ITU >70), deve-se preconizar a utilização de sombra. De acordo com Pastal et al., (2015), o fornecimento de sombra é considerado um método muito eficaz para garantir conforto térmico das vacas leiteiras criadas a pasto, podendo ser sombra natural ou artificial.

4 CONCLUSÕES

O índice de temperatura e umidade foi superior a 70, considerando como alerta, em dezoito municípios dos vinte e sete avaliados, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, apresentando dependência espacial explicada pelo modelo esférico e correlação negativa significativa com a altitude.

O déficit de produção de leite de vacas Holandesas, para um nível de produção de 20 a 30 kg dia⁻¹, em função de condições climáticas é de até 4,20 kg dia⁻¹ para o estado do RS.

A espacialização do índice de temperatura e umidade e do déficit de produção leiteiro nas diferentes regiões, pode ser usada como um indicativo para a adoção de medidas de acondicionamento térmico ambiental no estado do Rio Grande do Sul, que propiciem um melhor conforto térmico as vacas Holandesas.

5 REFERÊNCIAS

- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa: EDUFV, 2010. 269 p.
- BORBUREMA, J. B.; SOUZA, B. B.; CEZAR, M. F.; PEREIRA FILHO, J. M. P. Influência de fatores ambientais sobre a produção e composição físico-química do leite. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, PA, v. 9, n. 4, p. 15-19, out./dez. 2013.
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.
- BROUČEK, J.; NOVÁK, P.; VOKŘÁLOVÁ, J.; ŠOCH, M.; KIŠAC, P.; UHRINČAĎ, M. Effect of high temperature on milk production of cows from free-stall housing with natural ventilation. **Slovak Journal of Animal Science**, Hlohovecka, v. 42, n. 4, p. 167-173, 2009.
- BUFFINGTON, D. E. D. E. Buffington, A. Collazo-Arocho, G. H. Canton, D. Pitt, W. W. Thatcher, R. J. Collier. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- CAMPOS, A. T.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, D. S. Prognóstico de declínio na produção de leite em função do clima para a região de Goiânia, GO. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38., 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.11-13.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; STOLZ, Á. P. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 6, p. 893-901, 2006.
- EMBRAPA. **Importância econômica**. Juiz de Fora, MG, Portal Embrapa, 2002. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/importancia.html>>. Acesso em: 10 dez. 2016.
- GANTNER, V.; MIJÍĆ, P.; KUTEROVAC, K.; SOLIĆ, D., GANTNER, R. Daily production of dairy cattle, **Mljekarstvo**, v. 61, n. 1, p. 56-63, 2011.
- GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; HOLT, S.; LISLE, A. A new heat load index for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 86, p. 226-234, 2008.
- GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

- HAHN, G. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28 p.
- HERBUT, P.; ANGREGCKA, S. Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn. **Animal Science Papers and Reports**, Jastrzębiec, v. 30, n. 4, p. 363-372, 2012.
- HIGASHIYAMA, H.; IKEDA, K.; KOMATSU, T.; FUKASAWA, M. Welfare of lactating Holstein cows under outdoor grazing and indoor housing in relation to temperature and humidity in summer in Japan. **Livestock Science**, v. 155, p. 86-91, 2013.
- IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal - 2011**. Porto Alegre, RS: Secretaria de Desenvolvimento, Governança e Gestão, 2011. Disponível em: http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu_filho=819&cod_menu=817&tipo_menu=ECONOMIA&cod_conteudo=1584. Acesso em: 10/12/2016.
- IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2015**, Rio de Janeiro, v. 43, p. 1-49, 2015. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf. Acesso em: 25 ago. 2017.
- INGRAHAM, R. A. H.; STANLEY, R. A. W.; WAGER, W. I. C. Seasonal effects of tropical climate on shade and nonshaded cows as measured by rectal temperature, adrenal cortex hormones, thyroid hormone, and milk production. **American Journal of Veterinary Research**, v. 40, n. 12, p. 1792-1797, 1979.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normas Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normasclimatologicas>. Acesso: em 10 dez. 2016.
- KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T.; GASPARINO, E. Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2002.
- MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; LUZ, S. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.
- PASTAL, D.; CRISTO, A. B.; FUJISAWA, F. M.; MAIER, G. S.; GUIRRO, E. C.B. P. Papel do sombreamento no conforto térmico de vacas leiteiras criadas a pasto – revisão de literatura. **Veterinária em Foco**, Canoas, RS, v. 12, n. 2, p. 92-100, 2015.
- PIRES, M. F. A.; CAMPOS, A. T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. Juiz de Fora: Embrapa, 2004. (Comunicado Técnico, 42).
- SILVA JÚNIOR, J. L. C. **Zoneamento da região sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade, para o gado leiteiro**. 73 p. 2001. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 1192-1198, 2006.
- SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.
- SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O. Mudanças climáticas: A escolha cetra da raça e do sistema de criação garante o aumento na produção leiteira. Piracicaba, SP: MilkPoint, 2008. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/WnoticiaID=49720&acta=70&areaID=61&SeçãoID=186>. Acesso em: 27 nov. 2016.
- TURCO, S. H. N.; SILVA, T. G. F. DA; SANTOS, L. F. C. DOS; RIBEIRO, P. H. B.; ARAÚJO, G. G. L.; JÚNIOR, E. V. H.; AGUIAR, M. A. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 26, n. 1, p. 20-27, 2006.
- YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2013. 215 p.