

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL UTILIZANDO TÉCNICAS GEOESTATÍSTICAS E DADOS DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS**Zanandra Boff de Oliveira¹, Eduardo Leonel Bottega², Marília Boff de Oliveira³, Clarissa Moares da Silva⁴ & Tiago Tondolo Link⁵

1 - Professor adjunto do Curso de Engenharia Agrícola, UFSM, Campus Cachoeira do Sul, RS, e-mail: zanandraboff@gmail.com

2 - Professor adjunto do Curso de Engenharia Agrícola, UFSM, Campus Cachoeira do Sul, RS, e-mail: bottega.elb@gmail.com

3 - Estudante do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, RS, e-mail: marilia.boffdeoliveira@gmail.com.

4 - Estudante do Curso de Engenharia Agrícola, UFSM, Campus Cachoeira do Sul, RS, e-mail: clarissamoraes37@outlook.com

5 - Estudante do Curso de Engenharia Agrícola, UFSM, Campus Cachoeira do Sul, RS, e-mail: TiagoTondoloLink@hotmail.com

Palavras-chave:Bioclimatologia
Geoespacialização
Índices de conforto térmico**RESUMO**

A análise de dados climáticos permite a previsão de áreas com ocorrência do estresse calórico e auxilia na tomada de decisões quanto ao manejo ambiental adequado. O presente trabalho teve como objetivo analisar o conforto térmico no estado do Rio do Grande do Sul por meio de técnicas geoestatísticas e de dados das normais climatológicas (1961-1990 e 1981-2010). O estudo foi realizado para os meses de verão, em 18 municípios do Rio Grande do Sul. Os dados meteorológicos médios mensais de temperatura máxima (Tmax) e de umidade relativa mínima (URmin), utilizados para o cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU), foram obtidos do site do INMET. A análise geoestatística foi realizada utilizando o software GS+ e os mapas foram confeccionados com o software KrigMe. Não houve alteração na Tmax nesse espaço de tempo, que compreende as duas normais climatológicas (1961-2010). Identificou-se a redução na URmin na normal de 1981-2010 em comparação a de 1961-1990. Essa redução na URmin resultou em menores valores de ITU no período de 1981 a 2010 em comparação ao período anterior, reduzindo a área do estado sob estresse calórico em até 60%. A geoespacialização do ITU no Rio Grande do Sul permitiu visualizar que 100% do território está sob desconforto térmico por calor no período de verão (ITU > 74) e que até 27% do território está sob condições ambientais muito quentes (ITU > 79) no mês de janeiro.

Keywords:Bioclimatology
Geospatial
Thermal comfort indexes**ANALYSIS OF THE THERMAL COMFORT IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL USING GEOSTATISTICAL TECHNIQUES AND DATA FROM THE CLIMATOLOGICAL NORMALS****ABSTRACT**

The analysis of climatic data allows the prediction of areas with occurrence of caloric stress and helps in the decision-making regarding the appropriate environmental management. The present work had the objective of analyzing the thermal comfort in the State of Rio Grande do Sul by means of geostatistical techniques and data from the climatological normals (1961-1990 and 1981-2010). The study was carried out for the Summer months, in eighteen municipalities of Rio Grande do Sul. The average monthly maximum temperature (Tmax) and minimum relative humidity (URmin) data, used to calculate the temperature and humidity index (THI) were obtained on the INMET website. The geostatistical analysis was performed using the GS+ software and the maps were made with KrigMe software. There was no change in Tmax in this time span that would comprise the two climatological normals (1961-2010). The reduction in URmin in the normal period from 1981-2010 was compared with that of 1961-1990. This reduction in URmin resulted in lower THI values from 1981 to 2010 compared to the previous period, thus reducing the area of the state under caloric stress by up to 60%. The THI geospatial in Rio Grande do Sul showed that 100% of the territory is under heat discomfort during the Summer (THI > 74) and that up to 27% of the territory is under very hot environmental conditions (THI > 79) in the month of January.

INTRODUÇÃO

A análise do conforto térmico do ambiente externo constituiu uma importante ferramenta para o manejo da produção zootécnica e para o planejamento das atividades laborais dos trabalhadores rurais, de modo que o estresse térmico seja minimizado e a produtividade seja maximizada. O clima é um dos principais fatores que influenciam a produção animal, sendo de fundamental importância o seu conhecimento para o projeto de instalações e para o manejo dos animais (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Nóbrega *et al.* (2011) destacam que o estresse térmico é um dos principais limitantes à produção animal nos trópicos.

No caso dos humanos, o estresse térmico pode interferir na alimentação, na vestimenta e no tipo e intensidade das atividades (BURIOL *et al.*, 2015). Camargo e Furlan (2011) destacam que as reações do corpo à exposição a altas ou baixas temperaturas começam com desconforto, irritabilidade e baixa concentração na atividade realizada.

A análise do conforto térmico é realizada por meio de índices. Destacando-se o índice de temperatura e umidade do globo (ITGU), desenvolvido por Buffington *et al.* (1981), que integra os efeitos combinados da temperatura de bulbo seco (Tbs), da umidade relativa do ar (UR), da radiação solar (Rs) e da movimentação do ar. Todavia, para a utilização desse índice, necessitam-se de valores medidos de temperatura do globo negro (Tgn), que demanda instrumentação específica, não contemplada pela rede estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Razão pela qual se utiliza o índice de temperatura e umidade (ITU), que foi desenvolvido por Thom (1959) e considera a UR e a Tbs, variáveis essas facilmente obtidas e disponíveis na rede de observações do INMET.

O principal condicionante para conforto térmico é a combinação da temperatura e da umidade do ar (HONJO, 2009; BAËTA; SOUZA, 2010). Essas variáveis (temperatura e umidade relativa do ar) serão afetadas, se comprovados os prognósticos de mudança climática apontados pelo quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2013). De acordo

com esse relatório, a Terra sofrerá um aumento da temperatura média das superfícies até o ano 2100 de 0,9 a 1,7°C, no cenário mais otimista, e de 2,6 a 4,8°C, no cenário mais pessimista.

Silva *et al.* (2010), estudando cenários de mudanças climáticas com acréscimo de 1,8 e 4°C na temperatura média do ar, observaram que o estresse térmico será intensificado nos estados nordestinos avaliados, tanto nos meses mais quentes como nos mais frios. Oliveira *et al.* (2018) destacam que o estresse calórico que existe nos meses de verão na região Sul do Brasil poderá ser agravado com o acréscimo de 1,5 e 3,0°C na temperatura máxima do ar, ocasionando um declínio na produção de leite em média 70% maior do que na situação climática atual.

Em face dessa problemática, a divulgação pelo INMET, em abril de 2018, das normais climatológicas referentes ao período de 1981 a 2010 possibilita a realização de estudos que avaliem as alterações no padrão climático em relação ao período antecedente de 1961 a 1990.

Nesse sentido, a espacialização do índice de conforto térmico ITU calculado a partir de dados das duas normais climatológicas, em diferentes locais do estado do Rio Grande do Sul, pode contribuir para a análise da alteração no conforto térmico devido à variabilidade climática e para a recomendação de práticas de condicionamento térmico ambiental.

Técnicas geoestatísticas estão sendo utilizadas na área de ambiência de precisão, como é o caso do estudo realizado por Medeiros *et al.* (2014) na avaliação de variáveis ambientais em galpão de suínos, assim como Queiroz *et al.* (2017), estudando a variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte, entre outros estudos. Oliveira *et al.* (2018) utilizou a geoestatística como ferramenta para a espacialização do ITU em diferentes regiões. Para Yamamoto e Landin (2013), os métodos geoestatísticos fornecem um conjunto de técnicas necessárias para entender a aparente aleatoriedade dos dados, o quais apresentam uma possível estruturação espacial, estabelecendo, desse modo, uma função de correlação espacial.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho analisar o conforto térmico, humano e animal, no estado do Rio Grande do Sul, por meio de técnicas geoestatísticas a partir das normais climatológicas de 1961-1990 e de 1981-2010.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado para os meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro e março), em 18 municípios do estado do Rio Grande do Sul, localizados em diferentes regiões. Na Figura 1 é apresentado o mapa de localização, bem como os municípios avaliados no estudo.

Os dados meteorológicos médios mensais de temperatura máxima do ar (Tmax) e de umidade relativa mínima do ar (URmin), utilizados para o cálculo do ITU na Tmax (situação de máximo desconforto térmico), foram obtidos do INMET, referentes ao período de 1961 a 1990 e de 1981 a 2010 (normais climatológicas). A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define normas climatológicas como valores climáticos médios calculados para um período relativamente longo e uniforme (INMET, 2018).

O ITU foi calculado pela Equação 1, proposta por Buffington *et al.* (1982).

$$ITU = 0,8 Tmax + URmin \frac{Tmax - 14,2}{100} + 46,3 \quad (1)$$

em que,

ITU = índice de temperatura e umidade,

adimensional;

Tmax = temperatura máxima do ar, média do mês (°C); e

URmin = umidade relativa mínima do ar, média do mês (%).

As variáveis URmin e Tmax foram submetidas à análise da variância e à análise complementar pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o software Sisvar. Para isso, consideraram-se como tratamentos as duas normas climatológicas: 1961-1990 e 1981-2010. Realizou-se a média dos quatro meses de avaliação para cada variável resposta. Os locais foram considerados como repetições (18 repetições) e as repetições entraram no quadrado médio da variância como fonte de variação.

A dependência espacial do ITU foi avaliada pelos ajustes de variogramas, pressupondo a estacionaridade da hipótese intrínseca, definida pela Equação 2.

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

em que,

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

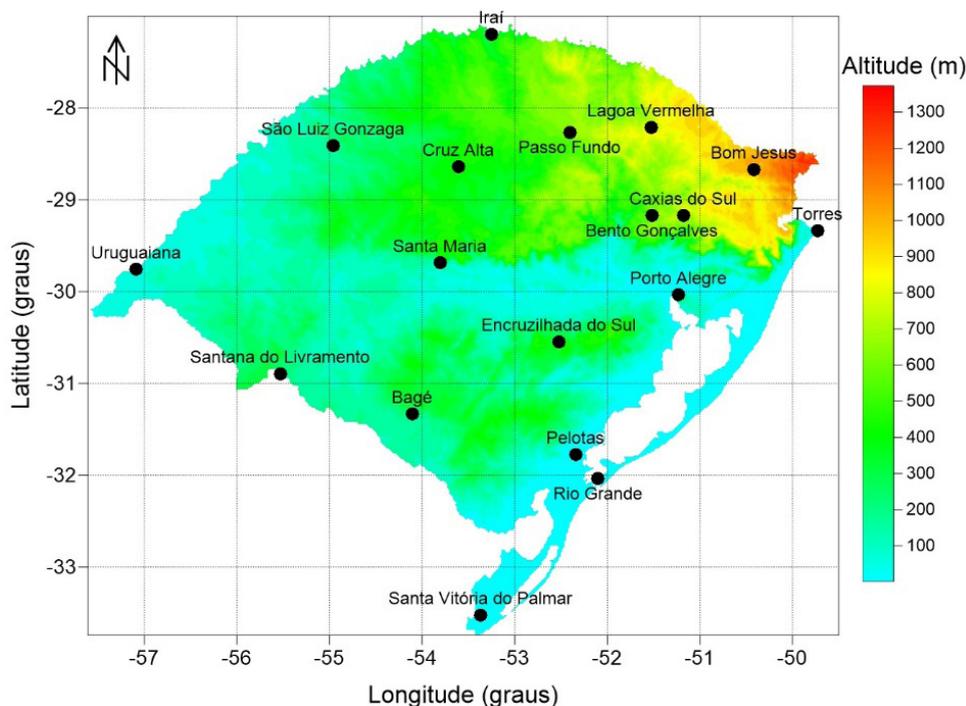


Figura 1. Mapa do estado do Rio Grande do Sul e localização geográfica dos municípios estudados.

h = distância de separação entre pares de pontos (m); e
 $N(h)$ = número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_{i+h})$ separados por uma distância h .

Foram testados os seguintes modelos: linear com patamar, gaussiano, esférico e exponencial. Selecionou-se o modelo que apresentou a menor soma dos quadrados do resíduo (SQR). Após a escolha do modelo, foram determinados os parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C$) e alcance (A). Uma vez detectada a dependência

espacial, produziu-se o mapa temático de variabilidade espacial do ITU. A interpolação dos mapas foi realizada utilizando o método da krigagem ordinária. Para as estimativas de valores em locais não amostrados, foram utilizados 16 vizinhos próximos e um raio de busca igual ao valor do alcance encontrado no ajuste do variograma. A análise geoestatística foi realizada utilizando o software GS+ e os mapas foram confeccionados com o software KrigMe. Os intervalos para a classificação do ITU seguiram as recomendações de Souza *et al.* (2010), conforme tabela a seguir:

Tabela 1. Intervalos de ITU e seus indicativos de conforto e desconforto térmico para trabalhadores rurais e animais de produção

Intervalo do ITU	Efeito no conforto térmico
ITU < 74	Conforto térmico adequado.
74 a 79	Ambiente quente, no qual se inicia o desconforto térmico.
79 a 84	Condições ambientais muito quentes, indicando perigo e podendo trazer consequências graves à saúde do trabalhador rural, implica em condição de perigo para os animais, indicando aos produtores a necessidade de tomarem precauções para evitar perdas na produção.
ITU ≥ 84	Indica condição extremamente quente, com risco muito grave à saúde do trabalhador rural, indica situação de emergência, sendo necessário que providências urgentes sejam tomadas para evitar a perda do plantel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de T_{max} e de UR_{min} compilados das normais climatológicas de 1961-1990 e de 1981-2010.

Os menores valores de T_{max} (< 27°C) ocorrem em altitudes mais elevadas (> 600 m), como é o caso dos municípios Bom Jesus, Bento Gonçalves e Caxias do Sul e em municípios litorâneos (Torres e Rio Grande). Já os valores mais elevados de T_{max} são verificados nos municípios da região Norte e Oeste, sendo os municípios Iraí, Uruguiana e São Luiz Gonzaga os mais quentes (T_{max} > 30°C). O mês de janeiro é o mais quente do período de verão, em que a T_{max} média nos municípios avaliados é 0,8, 0,6 e 1,5°C mais elevada que nos meses de dezembro, fevereiro e março, respectivamente.

Não se observam diferenças estatísticas significativas nos valores de T_{max} comparando as duas normais climatológicas (Tabela 2), indicando que, para esses municípios do estado do Rio Grande do Sul, não houve alteração nessa variável meteorológica nesse espaço de tempo (1961-2010). Contudo, verifica-se redução significativa nos valores médios de UR_{min} (Tabela 2) de 67,3 % (1961-1990) para 61,3% (1981-2010). Tal resultado pode ser atribuído à redução no número de dias com chuvas no período 1981-2010 em comparação ao período 1961-1990, sem alteração no volume acumulado de chuvas (Figura 2).

Os valores de T_{max} verificados para os diferentes municípios (Tabela 2), nos períodos de avaliação (1961-1990 e 1981-2010), excedem os valores críticos para a maioria dos animais de

Tabela 2. Temperatura máxima do ar e umidade relativa mínima do ar obtidos das normais climatológicas de 1961-1990 e de 1981-2010, para os meses de verão em diferentes municípios do estado do Rio Grande do Sul

Município	Temperatura do ar (°C)		Umidade relativa do ar (%)	
	1981-2010	1961-1990	1981-2010	1961-1990
Bagé	28,6	29,3	54,5	66,9
Bento Gonçalves	26,8	27,1	61,7	62,5
Bom Jesus	24,9	24,1	62,5	76,0
Caxias do Sul	26,1	25,8	64,7	75,5
Cruz Alta	29,2	28,6	61,8	58,3
Encruzilhada do Sul	28,1	27,4	56,4	70,9
Iraí	26,8	26,9	61,8	70,2
Lagoa Vermelha	31,7	31,5	57,5	60,2
Passo Fundo	27,8	27,7	57,5	70,3
Pelotas	27,7	27,8	65,4	64,2
Porto Alegre	29,8	29,4	59,4	70,3
Rio Grande	27,2	26,3	71,4	70,2
Santa Maria	30,1	29,5	59,0	71,2
Santa Vitória do Palmar	26,8	26,8	63,3	61,9
Santana do Livramento	28,9	28,7	57,1	55,0
São Luiz Gonzaga	31,9	30,8	54,5	67,9
Torres	26,6	25,7	78,1	85,6
Uruguaiana	30,7	30,9	57,7	55,3
Média	28,3	28,0	61,3	67,3

Letras iguais nas linhas indicam que os valores não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro (comparação entre os períodos para temperatura do ar e umidade relativa do ar).



Colunas seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Figura 2. Valores médios de número de dias com chuva superior a 1 mm e volume acumulado de chuvas, para os meses de verão, em 18 municípios do estado do Rio Grande do Sul, obtidos das normais climatológicas (1961-1990 e 1981-2010)

produção zootécnica do Rio Grande do Sul. Para vacas de leite, em lactação, a temperatura crítica superior varia entre 24 e 27°C (BROUCEK, 2009). Em suínos, na fase de crescimento e terminação, a temperatura crítica máxima é de 27°C (BAÊTA; SOUZA, 2010). Para frangos de corte, a faixa de conforto térmico em diferentes idades varia de 20 a 35°C (ABREU; ABREU, 2011). Adicionalmente, a elevada URmin observada (> 60%), em especial nos municípios sob influência da maritimidade (Rio Grande, Torres e Pelotas) e em municípios serranos (Bento Gonçalves, Bom Jesus e Caxias do Sul), é prejudicial à perda de calor do animal para o ambiente. Especificamente, para os mecanismos não evaporativos de troca, que se tornam ineficientes (BAÊTA; SOUZA, 2010).

As variações do teor de umidade do ar, associadas às da temperatura, estabelecem o conforto ambiental, sendo a umidade relativa do ar o principal fator responsável pela sensação de desconforto (BAÊTA; SOUZA, 2010; HONJO, 2009). Nesse caso, a redução na URmin verificada no período 1981-2010 em relação ao período 1961-1990 contribuiu para a melhoria do conforto térmico no estado do Rio Grande do Sul, conforme

demonstram os mapas temáticos apresentados na Figura 3.

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados, respectivamente, os parâmetros referentes aos ajustes dos semivariogramas e a análise de validação cruzada. O ITU apresentou dependência espacial para as duas normais (1961-1990 e 1981-2010), fato evidenciado pelo ajuste dos modelos teóricos de semivariância apresentados na Tabela 3.

O menor valor de alcance observado foi de 92,24 km e o maior 744,50 km (Tabela 3). O alcance da dependência espacial é um parâmetro importante para a interpretação dos semivariogramas, porque indica a distância máxima até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si, ou seja, quanto maior o alcance, maior a homogeneidade entre as amostras (VIEIRA *et al.*, 2010). O erro padrão de predição, ou seja, a incerteza associada à estimativa de valores em locais não amostrados variou de 1,74 a 2,56 (Tabela 4). Embora havendo os ajustes dos modelos geoestatísticos (Tabela 3), um erro de 2,56 pode ser considerado elevado, considerando que cada intervalo para classes de ITU representa variação igual a 5. Esse valor pode

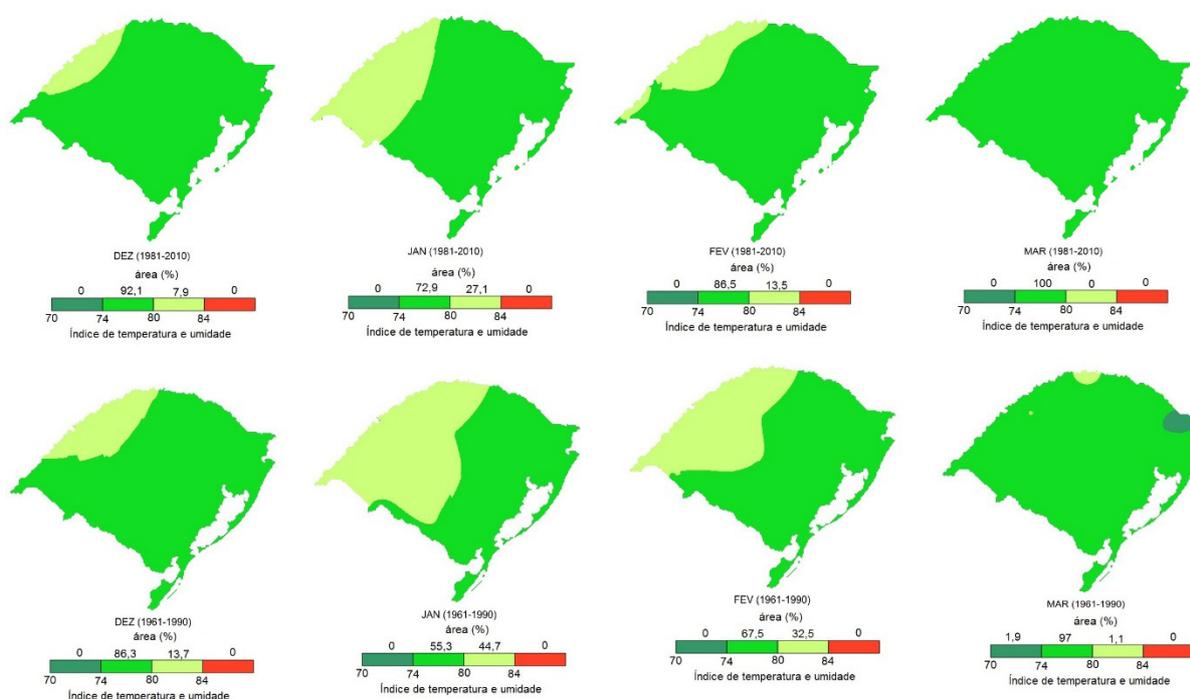


Figura 3. Mapas temáticos do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) referente aos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, dos períodos 1961-1990 e 1981-2010, para o estado do Rio Grande do Sul

Tabela 3. Parâmetros dos semivariogramas teóricos referente à modelagem da dependência espacial para os valores do índice de temperatura e umidade (ITU) considerando as normais climatológicas de 1981-2010 e de 1961-1990

ITU	Meses	Modelo	Parâmetros geoestatísticos				
			a ⁽¹⁾	C ₀ +C ⁽²⁾	C ₀ ⁽³⁾	SQR ⁽⁴⁾	R ²⁽⁵⁾
1981-2010	Dezembro	Gaussiano	551,15	11,67	2,82	0,66	0,98
	Janeiro	Gaussiano	680,05	13,51	3,75	2,27	0,91
	Fevereiro	Exponencial	185,57	6,05	1,65	2,44	0,61
	Março	Exponencial	744,50	7,90	3,95	1,66	0,57
1961-1990	Dezembro	Gaussiano	371,18	12,30	3,71	6,11	0,88
	Janeiro	Esférico	580,11	9,86	3,18	6,50	0,77
	Fevereiro	Esférico	558,99	7,64	3,64	3,64	0,68
	Março	Exponencial	92,24	7,88	0,93	16,20	0,27

¹Alcance (km); ²Patamar; ³Efeito pepita; ⁴Soma de quadrados do resíduo; ⁵Coefficiente de determinação.

Tabela 4. Parâmetros da análise de validação cruzada referente aos modelos teóricos de semivariância ajustados para os valores do índice de temperatura e umidade (ITU) considerando as normais climatológicas de 1981-2010 e de 1961-1990

ITU	Meses	Parâmetros da validação cruzada			
		CR ⁽¹⁾	Y ⁽²⁾	EPP ⁽³⁾	R ²⁽⁴⁾
1981-2010	Dezembro	1,14	-10,76	1,74	0,50
	Janeiro	1,02	-1,71	2,05	0,33
	Fevereiro	1,20	-15,15	1,92	0,28
	Março	1,30	-23,05	2,15	0,16
1961-1990	Dezembro	0,91	6,68	2,48	0,29
	Janeiro	0,87	10,01	2,56	0,21
	Fevereiro	0,79	16,50	2,46	0,11
	Março	1,09	-6,81	2,55	0,13

¹Coefficiente de regressão; ²Intercepto; ³Erro padrão de predição; ⁴Coefficiente de determinação.

ser explicado em função da baixa quantidade de estações meteorológicas e da espacialização da rede de coleta de dados pelo INMET, disponíveis para geoespacialização do ITU para todo o estado do Rio Grande do Sul.

A geoespacialização do ITU (Figura 3) demonstra que estresse calórico ocupa uma maior área do estado nos meses de janeiro e de fevereiro, em comparação a março e a dezembro, nessa ordem, em função dos maiores valores de Tmax demonstrados na Tabela 2, concentrando-se nas regiões Norte e Oeste, que são as mais quentes. Oliveira *et al.* (2017) realizaram o zoneamento bioclimático do estado do Rio Grande do Sul e identificaram condições ambientais muito quentes

a extremamente quentes, no período primavera/verão, com maior severidade nas regiões de menor altitude.

Os menores valores de ITU, obtidos no período 1981-2010 em comparação ao período 1961-1990, reduziram a área do estado sob condições ambientais muito quentes, em até 60% (Figura 3). Permanecendo uma área inferior a 30% do território exposta a condições ambientais muito quentes. Todavia, mesmo como a redução do ITU nesse período mais recente, observa-se, por meio da geoespacialização desse índice no Rio Grande do Sul, que a maior parte do território está sob desconforto térmico por calor no período de verão (ITU > 74).

Tal fato deve ser considerado no planejamento de edificações e no manejo dos animais, de forma que o estresse térmico seja minimizado para evitar perdas de produtividade. Segundo Higashiyama *et al.* (2013), vacas holandesas submetidas a ITU > 72 apresentam estresse calórico, verificado em seu estudo por meio do cortisol urinário. No caso da criação de suínos em terminação, ITU > 70 é considerado restritivo à produção animal (BAÊTA; SOUZA, 2010). Para criação de frangos de corte, da terceira à sexta semana de vida, ITU > 72 é considerado crítico, podendo ocasionar a morte dos animais (ABREU; ABREU, 2011).

O desconforto térmico (ITU > 74) pode prejudicar as atividades laborais de trabalhadores rurais que desenvolvem suas atividades sob condições de ambiente externo. O ideal é o planejamento das atividades evitando a exposição direta nos horários em que a temperatura do ar é máxima. Quando há dificuldade de termorregulação pode ocorrer uma série de distúrbios em seres humanos, como: exaustão térmica, câimbras por calor, insolação ou síncope por calor (CAMARGO; FURLAN, 2011; ALMEIDA; VEIGA, 2010).

CONCLUSÕES

- A análise de dados das normais climatológicas de 1961-1990 e de 1981-2010 para o estado do Rio Grande do Sul demonstrou que não houve alteração na temperatura máxima do ar no período que compreende as duas normais climatológicas (1961-2010) e a redução na umidade relativa mínima do ar no período de 1981-2010 em comparação ao de 1961-1990.
- Verificou-se redução nos valores do índice de temperatura e umidade no período de 1981 a 2010 em comparação ao período de 1961-1990, diminuindo a área do estado que está sob condições ambientais muito quentes em até 60%.
- A geoespacialização do índice de temperatura e umidade no Rio Grande do Sul permitiu visualizar que 100% do território está sob desconforto térmico por calor no período de verão (ITU > 74) e que até 27% do território está sob condições ambientais muito quentes (ITU > 79) no mês de janeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, p.1-14, 2011.

ALMEIDA, R.A.C.S DE; VEIGA, M.M. Processo de trabalho rural e EPI'S: discussão sobre termorregulação corporal. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, Itajubá, v.8, n.2, p.29-39, 2010

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal**. 2.ed. Viçosa: EDUFV, 269p. 2010.

BROUCEK, J.; KISAC, P.; UHRINCAT, M. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. **International Journal of Biometeorology**, v.15, p.201-208, 2009.

BUFFINGRTON, D.E.; COLLIER, R.J.; CANTON, G.H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. **American Society of Agricultural engineers**, p.16 (PAPER 82-4061), 1982.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black-Globe-Humidity Index (BGHI) as comfort equations for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-14, 1981.

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; RIGHI, E.Z.; BRESSAN, V.C. Conforto térmico para os seres humanos nas condições de ambiente natural em Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.223-230, fev, 2015.

CAMARGO, M.G; FURLAN, M.M.D.P. Resposta fisiológica do corpo às temperaturas elevadas: exercício, extremos de temperatura e doenças térmicas. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v.4, n.2, p.278-288, maio/ago. 2011.

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**. p.86-91, v.155, 2013.

HONJO, T. Thermal Comfort in Outdoor Environment. **Global Environmental Research**, v.13, p.43-47, 2009.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2013) **Summary for Policymakers**. In: Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Stocker TF, D Qin, GK Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex, P M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

MEDEIROS, B.B.L.; MOURA, D.J. ; MASSARI, J.M. ; CURI, T.M.R.C. ; MAIA, A.P.A. Uso da geoestatística na avaliação de variáveis ambientais em galpão de suínos criados em sistema “wean finish” na fase de terminação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.5, p.800-811, set./out. 2014

NÓBREGA, G.H.; SILVA, E.M.N.; SOUZA, B.B.; MANGUEIRA, J.M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. v.6, n.1, p.67-73, 2011.

OLIVEIRA, Z.B; BOTTEGA, E.L; SILVA, C.M; RODRIGUES, L.R; KNIES, A.E. Zoneamento bioclimático do estado do Rio Grande do Sul para o conforto térmico de animais e do trabalhador rural. **Ambiência**, v.13, n.2, p.423-438, 2017.

OLIVEIRA, Z.B.; BOTTEGA, E.L. ; SILVA, C.M.; SOUZA, I.J. ; LINK, T.T. Variabilidade especial do índice de temperatura e umidade em cenários de mudança climática no RS. In: Lúcio de Paula Amaral. (Org.). **Livro digital trabalhos completos do IV Congresso Sul Americano de agricultura de precisão e máquinas precisas**. 1ª Edição. 1ed. Santa Maria: CESPOL, p.178-188.2018.

QUEIROZ, M.L.V.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; SALES, F.A.L., LIMA, L.R.; DUARTE, L.M. Variabilidade espacial do ambiente em galpões de frango de corte com sistema de nebulização. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.4, p.586-595, out-dez, 2017.

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.

SOUZA, A.; PAVÃO, G.H.; LASTORIA, G.; GABAS, S.G.; CAVAZZANA, G.H.; PARANHOS FILHO, C.. Modelo de Thom para o zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul. **Revista de Geografia Norte Grande**, Santiago-Chile, v.46, p.137-147, 2010.

THOM, E.C. **The discomfort index. Weatherwise**, Boston, v.12, n.1, p.57-60, 1959.

VIEIRA, S.R; GUEDES FILHO, O; CHIBA, M.K; MELLIS, E.V.; DECHEN, S.C.F; DE MARIA, I.C. Variabilidade espacial dos teores foliares de nutrientes e da produtividade da soja em dois anos de cultivo em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, n.5, p.1503-1514, 2010.

YAMAMOTO, J.K.; LANDIM, P.M.B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de textos, 215p. 2013.