

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO MICROCLIMA DE CRECHE SUÍNA COM DIFERENTES TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE TEMPERATURA

JULIANA DE S. G. BARROS¹, KARINA SARTOR², LUIZ A. ROSSI³, ZIGOMAR M. DE SOUZA⁴

¹Enga Agrícola e Ambiental, Doutoranda, Conselho Integrado de Infraestrutura Rural, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (019) 98283, july.granja@hotmail.com.

²Zootecnista, Doutoranda, Conselho Integrado de Infraestrutura Rural, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP.

³Engo Eletricista, Prof. Doutor, Conselho Integrado de Infraestrutura Rural, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP.

⁴Agrônomo, Prof. Doutor, Conselho de Planejamento e Gestão, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: O uso de tecnologias de controle de temperatura mais inteligentes pode melhorar as condições do ambiente térmico em instalações zootécnicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial do microclima de creche suína com sistemas de aquecimento com duas tecnologias de controle de temperatura (controlador PID e termostato). Os sistemas avaliados foram: resistências elétricas suspensas com controle Proporcional, Integral e Derivativo (PID) e resistências elétricas suspensas controladas por termostato. As variáveis climáticas avaliadas foram: temperatura de bulbo seco (Tbs), umidade relativa (UR), índice de temperatura e umidade (ITU) e entalpia. Os dados foram coletados às 7 horas. Mapas de distribuição espacial destas variáveis foram gerados utilizando o método de krigagem. A baía com sistema de aquecimento com controlador PID apresentou os maiores valores de temperatura, ITU e entalpia em comparação a baía com aquecimento controlado por termostato. Os resultados demonstram que o sistema de aquecimento resistivo com controlador PID proporcionou melhores condições de conforto térmico para leitões desmamados.

PALAVRAS-CHAVE: geostatística, conforto térmico, controle PID.

SPATIAL DISTRIBUTION OF SWINE NURSERY MICROCLIMATE WITH DIFFERENT TEMPERATURE CONTROL TECHNOLOGIES

ABSTRACT: The use of smarter temperature control technologies can improve the conditions of the thermal environment in livestock facilities. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of swine nursery microclimate with heating systems with two temperature control technology (PID controller and thermostat). The systems evaluated: electric heaters suspended with proportional control, Integral and Derivative (PID) and suspended electric heaters controlled by thermostat. The climatic variables evaluated: dry bulb temperature (Tbs), relative humidity (RH), temperature-humidity index (THI) and enthalpy. Data were collected at 7:00. Spatial distribution maps of these variables were generated using the Kriging method. The bay with heating system with PID controller had the highest temperature values, ITU and enthalpy compared the bay with heating controlled by thermostat. The results demonstrate that the resistive heating system with the PID controller has provided better conditions of thermal comfort for weaned piglets.

KEYWORDS: geostatistic, thermal comfort, PID control.

INTRODUÇÃO: A produção intensiva de animais está diretamente relacionada ao manejo eficiente do ambiente de criação e à manutenção das condições de conforto térmico dos animais alojados, devida à influência do microclima no seu desempenho produtivo. Desta forma, manter as condições de conforto térmico dentro das instalações de creche suína é imprescindível para a produtividade dos

leitões. Para tanto, tem-se utilizado sistemas de aquecimento nas creches suínas com a finalidade de obter um ambiente favorável do ponto de vista térmico. No entanto, melhorias nesses sistemas de aquecimento são necessárias. Tais melhorias estão associadas, principalmente, ao uso de controladores de temperatura, os quais mantêm as condições térmicas dentro dos limites de conforto permitindo corrigir as deficiências no manejo da fonte de climatização (SARUBBI et al., 2010). Ajustes na tecnologia de controle ao tipo de sistema de climatização e ao ambiente de produção também promovem melhorias no conforto térmico de animais confinados (DASKALOV et al., 2006). Além do controle das condições térmicas, tem-se buscado o auxílio de métodos inovadores para melhor avaliar o ambiente de produção animal, como ferramentas não invasivas de avaliação e controle do bem-estar em ambiente confinado (BORGES et al., 2010). Sob este aspecto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial das variáveis do ambiente térmico em creche suína com sistema de aquecimento resistivo com duas tecnologias de controle de temperatura (controlador PID e termostato) por meio da ferramenta de geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi desenvolvida em granja comercial, localizada no município de Boituva, estado de São Paulo, Brasil. O clima da região é subtropical úmido (Cfa) de acordo com a classificação de Köppen. A altitude média da região é de 547 m, com 23°16'27,24" de latitude sul e 47°43'45,81" de longitude oeste. O experimento foi conduzido durante o inverno (julho e agosto de 2013). Duas baias construtivamente idênticas foram utilizadas para alocação dos tratamentos, contendo lotes padronizados de 140 animais cada. As baias tinham 10 m de comprimento, 2,3 m de largura e pé-direito de 2,8 m de altura. Cortinas de polipropileno foram colocadas nas janelas. Em cada baia, um forro de polipropileno a 1,85 m do piso foi colocado para reduzir a área a ser aquecida. Os comedouros utilizados foram do tipo calha e os bebedouros do tipo chupeta. O aquecimento foi realizado por meio de resistências elétricas com potência total de 4500 W, dimensionado com base na lei da conservação de energia. Desta forma, foram utilizadas 18 resistências elétricas de 250 W, em cada tratamento, uniformemente distribuídas na área de ocupação dos leitões na baia. Quanto à temperatura de conforto para leitões em fase de creche, adotou-se os valores de 28 a 30 °C recomendados por SARUBBI et al. (2010). Desta forma, os leitões foram submetidos a dois sistemas: S1 - aquecimento por resistências elétricas suspensas com controlador de temperatura PID – Proporcional, integral e derivativo (sistema proposto). S2 - aquecimento por resistências elétricas suspensas controladas por termostato (sistema atual). O controlador PID utilizado foi o modelo N1040 PR-F da empresa NOVUS. O sensor de temperatura foi o Pt100 (precisão de 0,2% do span). O termostato digital utilizado no experimento foi o modelo N321, fabricado pela empresa NOVUS. O sensor de temperatura utilizado foi um termistor do tipo NTC (precisão de 0,6 °C). As variáveis de temperatura de bulbo seco (Tbs) e umidade relativa (UR) foram medidas em 80 pontos equidistantes dentro de cada baia, a 0,5 m de altura, por meio de um medidor portátil de temperatura e umidade THDL 400, marca Instrutherm®. Os dados foram coletados às 7 horas. Com os dados de Tbs e UR foram calculados os índices de conforto térmico: Índice de temperatura e umidade (ITU) e entalpia (H). O ITU foi obtido por meio da equação adaptada por SARUBBI et al. (2010) e a entalpia foi calculada por meio da equação proposta por RODRIGUES et al. (2010). Para a análise geoestatística dos dados, utilizou-se o dia mais crítico, ou seja, o dia mais frio do período (27/08/2013), tomando como base metodologia utilizada por PANDORFI et al. (2004). As análises por estatística descritiva dos dados foram realizadas pelo *software* Minitab. O ajuste dos modelos de semivariogramas experimentais (esférico, exponencial e gaussiano) foi realizado pelo *software* GS+ que utiliza o método dos mínimos quadrados e adota como critérios para a seleção o maior valor de coeficiente de determinação (R^2) e a menor soma de quadrados dos resíduos (SQR), e os mapas de krigagem foram confeccionados por meio do *software* Surfer.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A normalidade dos dados, de acordo com teste de Kolmogorov-Smirnov, foi verificada para os dados de ITU em S1 e para os dados de UR e ITU em S2 (Tabela 1). No entanto, os valores de média e mediana são próximos em todas as variáveis estudadas, indicando que os dados não são assimétricos. As variáveis climáticas apresentaram grau de dependência espacial (GDE) forte, de acordo com a classificação definida por CAMBARDELLA et al. (1994), que

considera como dependência espacial forte os variogramas que apresentam GDE < 25%, moderada GDE entre 25 e 75% e fraca GDE > 75%. Este resultado indica que a distribuição das variáveis térmicas no espaço não ocorreu de forma aleatória.

TABELA1. Estatística descritiva e parâmetros dos semivariogramas para temperatura (Tbs - °C), umidade relativa (UR - %), índice de temperatura e umidade (ITU) e entalpia (H - kJ kg⁻¹ de ar seco).

	S1				S2			
	Tbs	UR	ITU	H	Tbs	UR	ITU	H
Média	29.16	45.22	76.08	58.36	27.73	50.84	74.85	57.91
Mediana	29.30	44.10	76.11	58.02	27.70	51.05	74.87	57.86
¹ d	0.196	0.19	0.077 ns	0.158	0.129	0.099 ns	0.092 ns	0.115
Modelo	Esf	Exp	Esf	Gau	Esf	Esf	Gau	Esf
² GDE (%)	0.12	12.37	0.16	0.01	0.11	0.02	0.08	0.001
³ R ²	0.88	0.88	0.86	0.99	0.87	0.94	0.89	0.96

¹d - teste de normalidade; ns - não-significativo para o teste de Kolmogorov-Smirnov; ²GDE - grau de dependência espacial (%); ³R² - coeficiente de determinação; ⁴Exp - exponencial; ⁵Esf - esférico; ⁶Gau - gaussiano S1 - aquecimento resistivo com controlador PID; S2 - aquecimento resistivo com termostato.

A Tbs ficou dentro dos limites de conforto térmico de 28 a 30°C (SARUBBI et al., 2010) em toda a área da baía em S1 (Figura 1). Em S2, os valores de Tbs ficaram abaixo do conforto em 80% da área da baía.

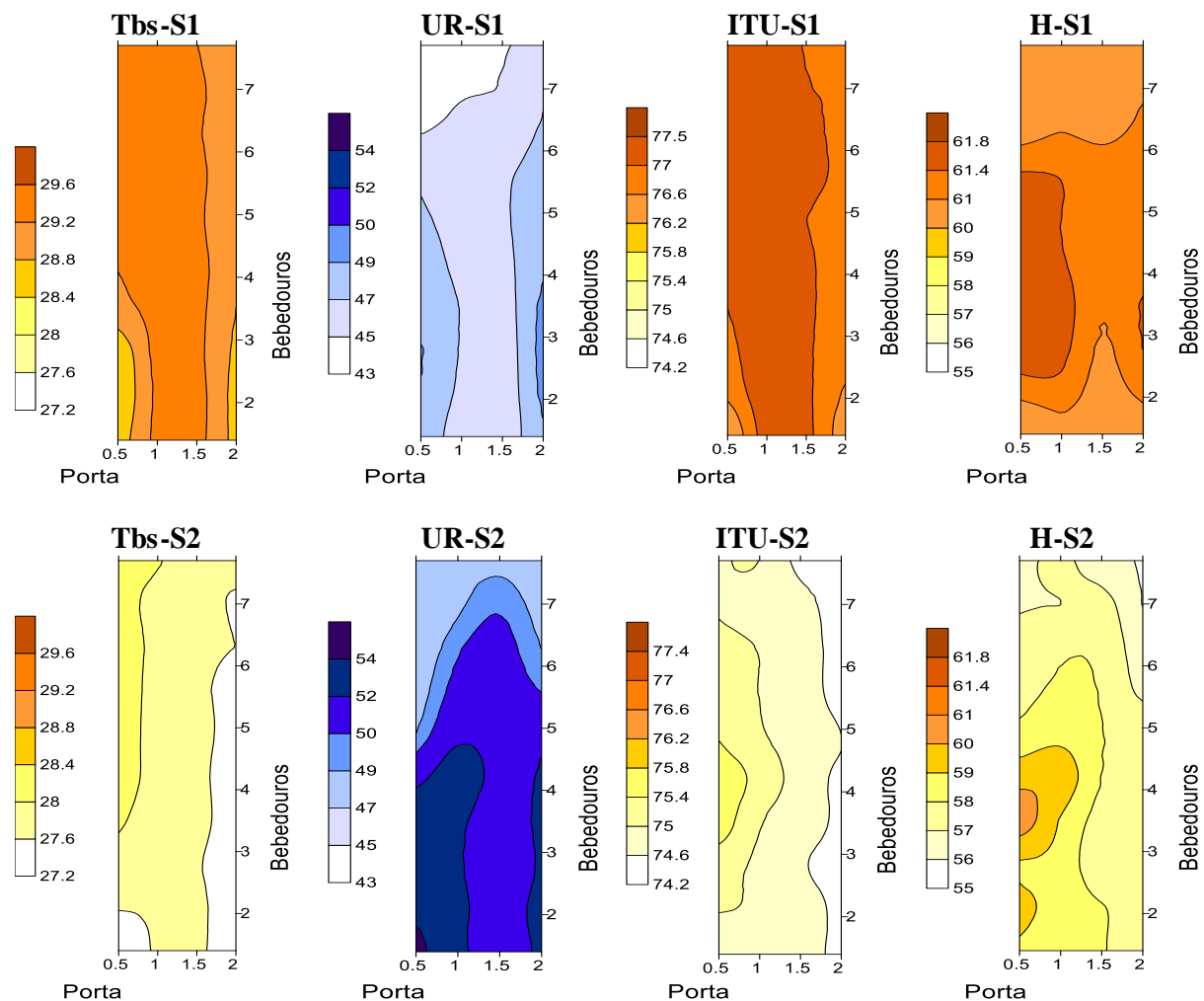


FIGURA 1. Mapas de krigagem das variáveis temperatura de bulbo seco (Tbs - °C), umidade relativa (UR - %), índice de temperatura e umidade (ITU) e entalpia (H - kJ kg⁻¹ de ar seco).

Os valores mais baixos de Tbs ocorreram na região da baía próxima aos bebedouros e na região próxima a porta. A presença dos bebedouros pode ter contribuído para a redução da temperatura nessa área. Na região da baía próxima à porta, o processo convectivo pode ter sido alterado devido à movimentação de ar nessa área, conforme observado por PANDORFI et al. (2004), que em trabalho com análise de imagem em escamoteadores com diferentes sistemas de aquecimento, verificaram que a movimentação de ar dentro da instalação pode influenciar a distribuição das isotermas. A UR ficou abaixo das condições de conforto de 50 a 70% (MOURA, 1999) em toda a área da baía em S1. Em S2, a baía apresentou 85% da área dentro da zona de conforto. A manutenção de temperaturas mais elevadas em S1 contribuiu para a menor umidade relativa verificada neste ambiente. Os maiores valores de umidade ocorreram nas áreas onde a temperatura foi mais baixa, ou seja, próxima aos bebedouros e na região próxima a porta. Este comportamento inverso entre temperatura e umidade também foi observado por SALES et al. (2011) ao avaliar a distribuição espacial das variáveis ambientais em galpão de gestação de suínos. Quanto ao ITU, a baía com o sistema S1 ficou em conforto em 70% da área da baía, de acordo com os limites de ITU de 77 a 84 recomendados por SARUBBI et al. (2010) para leitões em fase de creche, enquanto que em S2, 100% da área ficou abaixo do conforto. Considerando como limites de conforto de entalpia os valores entre 59 e 79 kJ kg⁻¹ de ar seco, S1 manteve toda a área da baía em conforto e S2 manteve o conforto em apenas 12% da área da baía. A baía com sistema de aquecimento com controlador PID apresentou os maiores valores de temperatura, ITU e entalpia, em comparação à baía com aquecimento controlado por termostato, fornecendo melhores condições de conforto térmico no ambiente da creche. Isto se deve ao mecanismo de controle de cada tecnologia. O controlador PID realiza o controle usando como referência um valor constante, enquanto que o termostato utiliza dois valores de referência, um limite superior e inferior, o qual aciona o sistema de aquecimento quando a temperatura fica abaixo do limite inferior e o desliga quando a temperatura fica acima do limite superior. Desta forma, o controle PID possibilita melhores condições térmicas no ambiente, pois não permite que a temperatura varie até um valor de ajuste mínimo, que pode comprometer a manutenção do conforto, conforme observado em S2.

CONCLUSÕES: Os resultados demonstram que o sistema de aquecimento com controlador PID é mais eficiente em manter as condições de conforto térmico para leitões desmamados em comparação ao termostato.

REFERÊNCIAS

- BORGES, G. et al. Uso da geoestatística para avaliar a captação automática dos níveis de pressão sonora em instalações de creche para suínos. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 377-385, 2010.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field scale variability of soil properties in Central IOWA soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- DASKALOV, P. I. et al. Non-linear adaptive temperature and humidity control in animal buildings. **Biosystems Engineering**, v.93,n.1, p.1-24, 2006.
- MOURA, D. J. Ventilação na suinocultura. In: SILVA, I. J.O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. p.149-179.
- PANDORFI, H. et al. Análise de imagem aplicada ao estudo do comportamento de leitões em abrigo escamoteador. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 274-284, 2004.
- RODRIGUES, V. C. et al. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal Biometeorology**, v. 55, n. 3, p. 455-459, 2010.
- SALES, F. A. L. et al. Monitoramento Ambiental do Perfil Horizontal de Um Galpão para Suínos, na Fase de Gestação, Utilizando Zootecnia de Precisão. **Revista Científica de Produção Animal**, v.13, n.1, p.7-12, 2011.
- SARUBBI, J. et al. Utilização de energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento para leitões desmamados. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 6, p. 1003-1011, 2010.