

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ENTALPIA EM GALPÕES AVÍCOLAS NO PRIMEIRO, SÉTIMO E DÉCIMO QUARTO DIAS DE VIDA

FERRAZ, P.F.P.¹, SILVA, M. A. J. G.², FERRAZ, G. A. S.³, YANAGI JUNIOR, T.⁴, SCHIASSI, L.⁵

¹ Zootecnista, Doutora em Engenharia Agrícola, Profª. do Depto de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, patricia.ponciano@deg.ufla.br

² Graduanda em Zootecnia, Bolsista FAPEMIG, Depto Zootecnia, UFLA, Lavras-MG, alicejunqueira.6@gmail.com

³ Engenheiro Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. do Depto de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, gabriel.ferraz@deg.ufla.br

⁴ Engenheiro Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. do Depto de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, yanagi@deg.ufla.br

⁵ Engenheiro Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, Prof. do Depto de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, leonardo.schiassi@deg.ufla.br

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: A entalpia (H) é uma propriedade termodinâmica que tem sido proposta para avaliar o ambiente interno de galpões de criação de frangos. O objetivo dessa pesquisa foi de caracterizar a estrutura e a magnitude da variabilidade espacial da H em um galpão de frangos durante o primeiro, sétimo e 14º dia de vida. Utilizou-se ferramentas da geoestatística por meio de análises de semivariograma e a confecção de mapas de isolinhas por meio de interpolação por Krigagem. O experimento foi realizado em um galpão comercial durante a primavera. No galpão, o sistema de aquecimento era constituído por duas fornalhas de aquecimento indireto de ar. Pôde-se observar que todos os dias avaliados, a H apresentou variabilidade espacial. No primeiro dia, os pintinhos passaram grande parte do tempo sob condições térmicas diferentes das ideais. No sétimo dia, os valores de H foram mais próximos dos ideais e no 14º dia de vida, houve pontos dentro do galpão onde a H esteve abaixo do recomendado. Dessa forma, pode-se observar que houve falhas no sistema de aquecimento em regiões do galpão nos dias analisados o que pode ter comprometido o conforto térmico e o desenvolvimento das aves.

PALAVRAS-CHAVE: avicultura, conforto térmico, geoestatística

VARIABILITY IN WAREHOUSE SPACE ENTHALPY POULTRY IN HEATING THE FIRST PHASE, SEVENTH AND FOURTEEN DAYS OF LIFE

ABSTRACT: Enthalpy (H) is a thermodynamic property that has been proposed to evaluate the poultry house internal environment. The objective of this research was to characterize the structure and the magnitude of the spatial variability of H in a poultry house during the first, seventh and 14th days of life. It was used geostatistical tools through analysis of semivariogram and isolines maps made by kriging interpolation. The experiment was conducted in a commercial poultry house during the spring season. In the poultry house the heating system consisted of two furnaces with indirect heating of air. It was possible to observe that in all evaluated days the H presented spatial variability. On the first day the chicks spent most of the time under thermal conditions different of the ideal. On the seventh day, the H values were closer to the ideals and on the 14th day of life, there were points in the shed where the H was lower than the recommended. Thus, it was possible to observe that there were errors in the heating system in the poultry house regions on the analyzed days and it might cause thermal discomfort and damage in the animals' development.

KEYWORDS: poultry, thermal comfort, geostatistics

INTRODUÇÃO: O ambiente em que as aves estão inseridas constitui um dos principais responsáveis pelo sucesso ou fracasso do empreendimento avícola, uma vez que os fatores térmicos (radiação térmica, temperatura, umidade e movimentação do ar) comprometem a função vital mais importante dos animais: a homeotermia. Segundo BARBOSA FILHO et al. (2007), a entalpia (H) tem sido proposta para avaliação do ambiente interno de galpões de criação de frangos de corte. Por definição, a H é uma variável física que indica a quantidade de energia contida em uma mistura de vapor d' água e ar seco ($\text{kJkg}_{\text{de ar seco}}^{-1}$). A H é usada muitas vezes como indicador de conforto para as instalações indicando a quantidade de energia térmica que deve ser removida do sistema de forma a permitir a adequação das condições térmicas dentro da instalação (RODRIGUES et al., 2010). Espera-se que em um ambiente de produção haja homogeneidade das variáveis no interior da instalação, e estas variáveis podem ser avaliadas por meio da espacialização. Dentre as formas de se analisar a espacialização de variáveis, destaca-se as técnicas geoestatísticas, que permitem a descrição quantitativa da variabilidade espacial de atributos microclimáticos de galpões avícolas e a estimativa não-tendenciosa, com variância mínima de valores desses atributos em locais não-amostrados (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989). Pode-se, ainda, visualizar, por meio de mapas de isolinhas, a distribuição das variáveis no interior de um galpão avícola. Portanto, objetivou-se caracterizar a estrutura e a magnitude da variabilidade espacial da H em um galpão de frangos durante o primeiro, sétimo e 14º dia de vida.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento de campo foi realizado em um galpão com frangos de corte numa granja comercial, na mesorregião oeste de Minas Gerais, durante a estação da primavera de 2010. Para que o ambiente interno do galpão fosse aquecido, utilizou-se duas fornalhas de aquecimento indireto do ar que utilizavam biomassa (lenha) como combustível, construídas artesanalmente com tijolos, barro e esterco sobre estrutura de ferro.

A área interna do galpão foi limitada por meio de chapas de compensado para que os pintinhos ficassem o mais próximo possível dos sistemas de aquecimento. No início do experimento, no primeiro dia de vida, as aves foram distribuídas na densidade de 54 aves m^{-2} . Posteriormente, a área útil dos galpões aumentou de modo a reduzir a densidade de alojamento, paulatinamente, até a densidade de criação de 13 aves m^{-2} no final da fase de aquecimento.

No galpão estavam alojados 28.000 pintinhos Cobb machos de 1 a 14 dias de idade, as aves tiveram acesso à água *ad libitum* e as dietas fornecidas foram formuladas para suprir as exigências de nutrientes durante todo o período experimental.

Para caracterizar o ambiente térmico no interior do galpão, utilizou-se sensores registradores de temperatura e umidade relativa, com precisão de $\pm 3\%$ da leitura. Posteriormente, calculou-se a entalpia (H) por meio a equação desenvolvida por ALBRIGHT (1990).

$$H = 1,006 + W \cdot (2501 + 1,805 \cdot t_{\text{bs}}) \quad (1)$$

em que,

H é a entalpia, em $\text{kJkg}_{\text{ar seco}}^{-1}$

W é a razão de mistura, em $\text{kJkg}_{\text{de ar seco}}^{-1}$

t_{bs} é a temperatura do bulbo seco, em °C

Para a espacialização dos sensores e para realizar o mapeamento da H, arbitrou-se uma coordenada geográfica (em metros) para o galpão, tendo como ponto inicial a coordenada (0; 0) localizada na extremidade oeste e o ponto final dado pela coordenada (13; 160) posicionado na extremidade leste. As fornalhas de aquecimento indireto do ar estavam localizadas nas coordenadas (6,5; 60) e (6,5; 100). A dependência espacial da H do galpão avícola durante a fase de aquecimento dos pintinhos foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas, e interpolação por Krigagem ordinária. O semivariograma clássico foi estimado 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,

$N(h)$ é o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h.

O semivariograma foi ajustado pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML - Residual Maximum Likelihood), que, para amostragens pequenas, este estimador, em geral, resulta em estimativas menos tendenciosas. O modelo matemático utilizado para se realizar o ajuste do semivariograma foi o esférico, que é amplamente utilizado em estudos geoestatísticos.

Após o ajuste dos semivariogramas foi realizada a interpolação dos dados por krigagem ordinária de forma a possibilitar a visualização dos padrões de distribuição espacial da entalpia no interior do galpão de frangos durante a fase de aquecimento. Para a análise geoestatística e para a plotagem dos mapas foi utilizado sistema computacional estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014), por meio do pacote geoR (RIBEIRO & DIGGLE, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Ao se realizar as análises geoestatísticas, observou-se que todos os dias em estudo apresentaram variabilidade espacial da entalpia (H) no interior do galpão avícola expressadas pelo semivariograma (Tabela 1). Isto implica em dizer que durante o período analisado o sistema de aquecimento não estava funcionando de forma a garantir a homogeneidade da distribuição espacial desta variável dentro do galpão.

TABELA 1. Dias de vida dos pintinhos, método, modelo e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para a entalpia o interior do galpão.

Dia	Método	Modelo	C ₀	C ₁	C ₀ +C ₁	a	GD	EM	DP _{EM}	ER	DP _{ER}
1	REML	Esférico	7,627	21,902	29,529	2,104	25,829	0,000	0,000	5,822	1,035
7	REML	Esférico	4,689	23,314	28,003	5,855	16,745	-0,024	-0,002	5,175	1,036
14	REML	Esférico	1,343	9,209	10,552	3,900	12,727	0,000	0,000	3,439	1,029

C₀ – Efeito Pepita; C₁ - Contribuição; C₀+C₁ – Patamar; a - alcance; GD – Grau de Dependência Espacial; EM - Erro Médio; DP_{EM} - Desvio Padrão do Erro Médio; ER - Erro Médio Reduzido; DP_{ER} - Desvio Padrão do Erro Médio Reduzido.

O efeito pepita (C₀) é um importante parâmetro do semivariograma, e indica variabilidade não explicada, considerando a distância de amostragem utilizada. De acordo com a Tabela 1 e Figura 1 e pela classificação de CAMBARDELLA et al. (1994) os semivariogramas ajustados para o dia 1 apresentam grau de dependência (GD) moderado, enquanto que os dias 7 e 14 apresentaram GD forte.

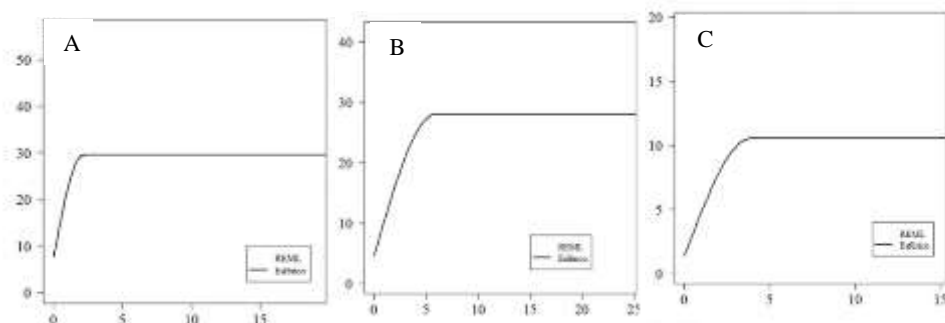


FIGURA 1. Semivariogramas da entalpia no interior do galpão nos dias 1 (A), 7 (B), 14 (C), ajustados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) e pelo modelo esférico.

Os valores do alcance (a) relativos aos semivariogramas têm uma importância considerável na determinação do limite da dependência espacial, ou seja, indicam até onde a variável é influenciada pelo espaço. Neste trabalho, o alcance variou 2,014 m no primeiro dia, 5,855 no sétimo e 3,900 no décimo quarto dia.

A Figura 2 representa a distribuição espacial da H ($\text{kJ kg}_{\text{ar seco}}^{-1}$) do primeiro, sétimo e décimo quarto dia de vida dos pintinhos. Observou-se a grande variabilidade da H no interior do galpão ilustrando regiões com H baixa, caracterizadas pelas cores mais azuladas e maiores valores de H estão ilustradas pelas cores mais avermelhadas. Esta figura é um indicativo de uma ineficiência do sistema de aquecimento adotado, tanto em aquecer o ambiente, quanto em manter este aquecimento de forma uniforme.

Ao se fazer uma análise da condição térmica em que os pintinhos estavam submetidos durante o período de estudo, pode-se observar que no primeiro e sétimo dias de vida a H variou de 56 a 80 $\text{kJ kg}_{\text{ar seco}}^{-1}$. PONCIANO et al. (2012) afirmam que na primeira semana de vida, os valores ideais de H variam de cerca de 73 a aproximadamente 102 $\text{kJ kg}_{\text{ar seco}}^{-1}$. Sendo assim, pode-se afirmar que em todo o galpão no

primeiro dia de vida (Figura 2A), os pintinhos passaram grande parte do tempo sob condições diferentes das preconizadas como ideais para esta faixa etária. No entanto, os valores de H foram maiores e mais próximos do ideal no sétimo dia vida.

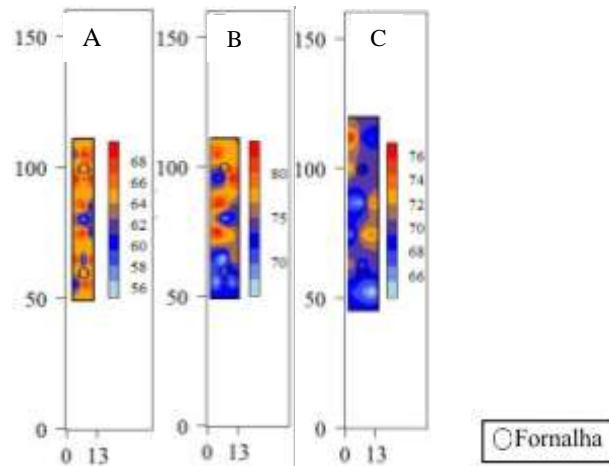


FIGURA 2. Distribuição Espacial da Entalpia nos dias 1 (A), 7 (B), 14 (C) ($\text{kJ kg}^{-1}_{\text{ar seco}}$).

Em relação a segunda semana de vida, de acordo com PONCIANO et al. (2012), os pintinhos devem ser mantidos a H de 60 a 101 $\text{kJ kg}^{-1}_{\text{ar seco}}$. De acordo com o observado na Figura 2C, os valores de H no décimo quarto dia variaram de 66 a 76 $\text{kJ kg}^{-1}_{\text{ar seco}}$. Ou seja, houve pontos dentro do galpão onde a H esteve abaixo do recomendado.

CONCLUSÕES: Os semivariogramas permitiram a caracterização da magnitude da variabilidade espacial da entalpia no interior do galpão avícola estudado, sendo possível confeccionar mapas de isolinhas que possibilitaram a observação da variabilidade espacial, a partir da interpolação por krigagem. Os mapas permitiram perceber a existência de falhas no sistema de aquecimento em regiões do galpão, que podem ser possíveis causadoras de desconforto para os animais, além de perdas produtivas e econômicas.

REFERÊNCIAS:

- ALBRIGHT L. D. **Environment control for animals and plants**. ASAE Textbook, 4. American Society of Agricultural Engineers Michigan, St. Joseph. 1990.
- BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O.; SILVA, M. A. N.; SILVA, C. J. M. **Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n.1, p. 93-99, 2007.
- CAMBARDELLA, C.A. ET AL. **Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils**. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.
- PONCIANO, P. F.; YANAGI JUNIOR, T.; LIMA, R. R. DE; SCHIASSI, L.; TEIXEIRA, V. H.. **Adjust of regression models to estimate the rectal temperature of broilers for the first 14 days of life**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 32, n. 1, 2012.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 22 ago. 2014.
- RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. **Geor: a package for geostatistical analysis**. R-News, New York, v. 1, n. 2, p. 14-18, 2001
- RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. **A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock**. International Journal Biometeorology, Berlim, v. 55, n. 3, p. 455-459, 2010.