



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Variabilidade espacial do índice da temperatura do globo e umidade (ITGU) de um galpão avícola aquecido por fornalha industrial



Maria Alice Junqueira Gouveia Silva¹; Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz²; Gabriel Araújo e Silva Ferraz³; Tadayuki Yanagi Junior⁴, Jaqueline de Oliveira Castro⁵

¹Zootecnista, Graduanda, UFLA, Lavras-MG, Fone: (35)8431-3984, alicejunqueira.6@gmail.com

²Zootecnista, Professora Doutora do Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, patricia.ponciano@deg.ufla.br

³Engenheiro Agrícola. Professor Doutor do Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, gabriel.ferraz@deg.ufla.br

⁴Engenheiro Agrícola. Professor Doutor Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, yanagi@deg.ufla.br

⁵Zootecnista, Professora Doutora do Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, jaqueline.castro@deg.ufla.br

RESUMO: Nos primeiros dias de vida, as variáveis ambientais exercem grande influência no desenvolvimento dos pintinhos. O objetivo dessa pesquisa foi de analisar a estrutura e a magnitude da variabilidade espacial do Índice da Temperatura do Globo e Umidade (ITGU) em um galpão de frangos durante o 2º, 7º e 14º dias de vida de pintinhos. O experimento foi conduzido na primavera, em um galpão comercial com sistema de aquecimento constituído de uma fornalha industrial de aquecimento indireto do ar. A análise dos dados foi feita por ferramentas da geoestatística, análises de semivariograma e a confecção de mapas de isolinhas por meio da interpolação por Krigagem ordinária. Com base nos resultados, os três dias em estudo apresentaram variabilidade espacial de ITGU no interior do galpão avícola, expressas pelo semivariograma que foram ajustados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) e pelo modelo esférico. Ao se fazer uma análise de condição térmica em que os pintinhos estavam submetidos, pode-se afirmar que os pintinhos passaram grande parte do tempo sob condições diferentes das ideais para esta faixa etária. Os mapas permitiram ainda, perceber a existência de falhas no sistema de aquecimento em regiões do galpão, que podem ter causado desconforto aos animais além de perdas produtivas e econômicas.

PALAVRAS-CHAVE: conforto térmico, geoestatística, avicultura

Spatial variability of the black globe humidity index (BGHI) in a poultry house heated by an industrial heating system

ABSTRACT: In the firsts days of life, the environmental variables exert great influence on the development of broiler chickens. Thus, the objective of this research was to analyze the structure and the magnitude of the spatial variability of black globe humidity index (BGHI) in a poultry house during the 2nd, 7th, 14th days of chick's life. The experiment was conducted in the spring season, in a commercial poultry house with an industrial heating system made up of an indirect heating furnace air. The data analysis were done by geostatistical tools, semivariogram analysis and the preparation of maps through interpolation by ordinary kriging. Based on the results, the three days studied showed spatial variability of BGHI inside the poultry house. This spatial variability was expressed by semivariogram that were adjusted by the method of Restricted Maximum Likelihood (REML) and the spherical model. When the thermal condition that the chicks were submitted is analyzed, it is possible to affirm that the chicks spent most of the time under conditions different from the ideal for their age. Based on the maps it is also allowed to observe problems in the heating system in some regions in the poultry house, and it might cause discomfort of the animals and production and economic losses.

KEYWORDS: thermal comfort, geostatistics, poultry science



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas a indústria avícola brasileira, como forma de manter a competitividade, passou a buscar nas instalações e no ambiente possibilidades de melhoria de desempenho das aves e redução de custos de produção, adicionalmente aos antigos investimentos já realizados em genética, nutrição e manejo (Tinôco, 2001). Entre os fatores ambientais, os fatores térmicos, representados, principalmente, pela temperatura e pela umidade relativa do ar, são os que afetam mais diretamente a ave, pois comprometem sua função vital mais importante, que é a manutenção de sua homeotermia, sendo esta alcançada por meio de processos sensíveis e latentes de perda de calor. Segundo Tinôco (2001), durante as fases iniciais de vida o fornecimento de calor para as aves é essencial, quando existe risco de estresse por frio.

Nos primeiros dias após a eclosão, os pintinho possuem seus sistemas termorregulatórios pouco desenvolvidos e reserva energética insuficiente para se adaptarem às condições adversas do ambiente. Isto faz com que grande parte da energia consumida na dieta, que poderia ser utilizada para a produção, seja desviada para a manutenção de sua temperatura interna. De acordo com Cordeiro et al. (2010), erros cometidos nesta fase não poderão ser corrigidos a contento no futuro, e isto fará com que o desempenho final das aves seja afetado. Por isso, é importante adaptar o ambiente as condições ideais de bem estar para as aves mais jovens.

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981), é considerado mais adequado na avaliação do ambiente térmico em condições de climas tropicais. Este índice considera, em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco (t_{bs}), da umidade relativa do ar (UR), da radiação (R) e da velocidade do ar (V) (Menegali et al., 2009). De acordo com Teeter (1990), a análise conjunta da t_{bs} e a UR são importantes para explicar algumas situações de conforto ou estresse térmico a que os animais estão submetidos.

Espera-se que em um ambiente de produção haja homogeneidade das variáveis no interior da instalação, e segundo Yanagi Jr. et al. (2011), 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). Esta ferramenta permite, ainda, visualizar, por meio de mapas de isolinhas, a distribuição das variáveis no interior de um galpão avícola.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi de analisar a estrutura e a magnitude da variabilidade espacial do Índice da Temperatura do Globo e Umidade (ITGU) em um galpão de frangos durante o 2º, 7º e 14º dias de vida de pintinhos. Para isto, utilizou-se as ferramentas da geoestatística por meio de análises de semivariogramas e a confecção de mapas de isolinhas por meio de interpolação por krigagem.

MATERIAIS 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. As coordenadas geográficas médias do galpão utilizado são 20°12'02" de latitude sul e 45°02'08" de longitude oeste de Greenwich.

Para que o ambiente interno do galpão fosse aquecido, utilizou-se um sistema de aquecimento constituído de um forno industrial de material metálico com queima de biomassa indireta, com 2,23 m comprimento, 1,23 m de largura e 1,85 m de altura. A fornalha estava localizada exatamente no centro do galpão e o ar aquecido era expelido por um motor AC, com potência de 2206 W, 1725 RPM e distribuído por 28,6 m de tubos de metal para o lado nordeste e de 22,45 m no lado sudoeste do galpão.

O tubo utilizado era de 23 cm de diâmetro com furo de 5 cm diâmetro a cada, 1,0 m de cada lado para a saída de ar aquecido por todo o galpão.

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, as medições de temperatura do bulbo seco (t_{bs}), temperatura do globo negro (t_{gn}) e umidade relativa (UR) foram feitas a uma altura compatível com a zona de ocupação das aves, a 10,0 cm da cama, em intervalos de cinco minutos, no período das 8 às 10 horas da manhã. Utilizou-se sensores registradores de temperatura e umidade relativa modelo Hobo Pro Series, da fabricante Onset®, com precisão de $\pm 3\%$ da leitura. Posteriormente, esses valores foram convertidos em valor único - Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), segundo Buffington et al. (1981), para caracterização ambiental, segundo a equação:

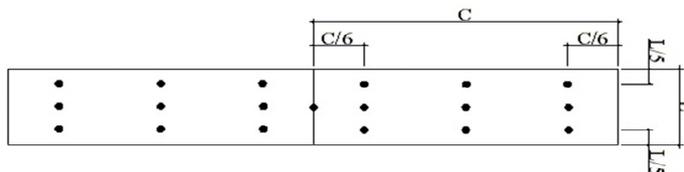
$$ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} - 330,08 \quad (1)$$

em que,

t_{gn} = Temperatura de globo negro (K)

t_{po} = Temperatura de ponto de orvalho (K).

A posição dos sensores mudava à medida que o posicionamento das chapas de compensado era alterado, para que os sensores registrassem sempre a condição em que as aves estavam submetidas, conforme ilustrado na Figura 1. Sendo que L é a largura da área disponível para aves e C é o comprimento.



- Sensores/registradores de t_{bs} , t_{gn} , e UR

Figura 1. Esquema de posicionamento dos sensores/registradores de t_{bs} , t_{po} , t_{gn} , e UR nos galpões de frango.

A variabilidade espacial do índice da temperatura do globo e umidade (ITGU) 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 $Z(x_i)$,

$Z(x_i + h)$ separados por uma distância h .

O semivariograma foi ajustado pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML - Residual Maximum Likelihood), que, segundo DIGGLE & RIBEIRO JR. (2007) e KERRY & OLIVER (2007), 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 do ITGU no interior do galpão avícola expressadas pelo semivariograma (Tabela 1 e Figura 2). 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.

O efeito pepita (C_0) é um importante parâmetro do semivariograma, e indica variabilidade não explicada, considerando a distância de amostragem utilizada. Como é impossível quantificar a contribuição individual desses erros, o efeito pepita pode ser expresso como porcentagem do patamar facilitando, assim, a comparação do grau de dependência espacial (GD) das variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985) (Tabela 1 e Figura 2).

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

Dia	Método	Modelo	C_0	C_1	C_0+C_1	a	GD
2	REML	Esférico	0,792	1,772	2,564	3,45	30,90
7	REML	Esférico	1,991	1,919	3,91	2,09	50,92
14	REML	Esférico	4,09	3,094	7,184	4,36	56,93

C_0 – Efeito Pepita; C_1 - Contribuição; C_0+C_1 – Patamar; a - alcance; GD – Grau de Dependência Espacial.

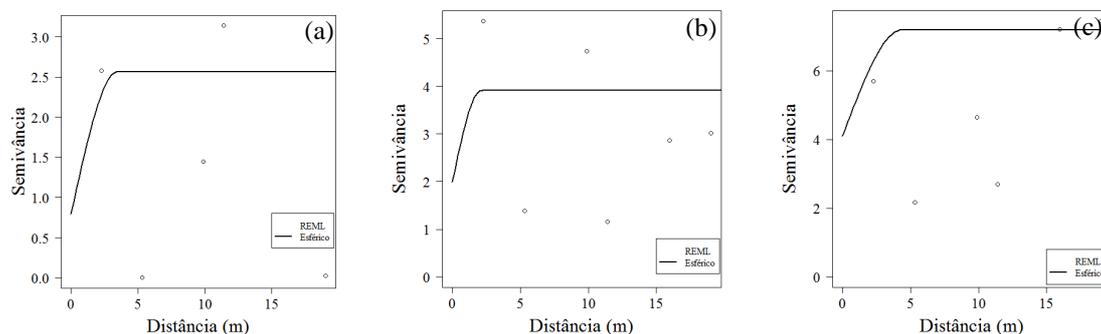


Figura 2. Semivariogramas do ITGU no interior do galpão nos dias 2 (a), 7 (b), 14 (c), ajustados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) e pelo modelo esférico.

Pela classificação de CAMBARDELLA et al. (1994) os semivariogramas ajustados para os dias 2, 7 e 14 apresentaram GD moderado. Os valores do alcance (a) relativos aos semivariogramas têm uma importância considerável na determinação do limite da dependência espacial, ou seja, indicam até onde

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

a variável é influenciada pelo espaço. Neste trabalho, o alcance variou 3,45 m no segundo dia, 2,09 m no sétimo e 4,36 m no décimo quarto dia.

A Figura 3 representa a distribuição espacial do ITGU no 2º, 7º e 14º dias de vida dos pintinhos. Observou-se a grande variabilidade do ITGU no interior do galpão ilustrando regiões com ITGU baixa, caracterizadas pelas cores mais azuladas e maiores valores de ITGU 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.

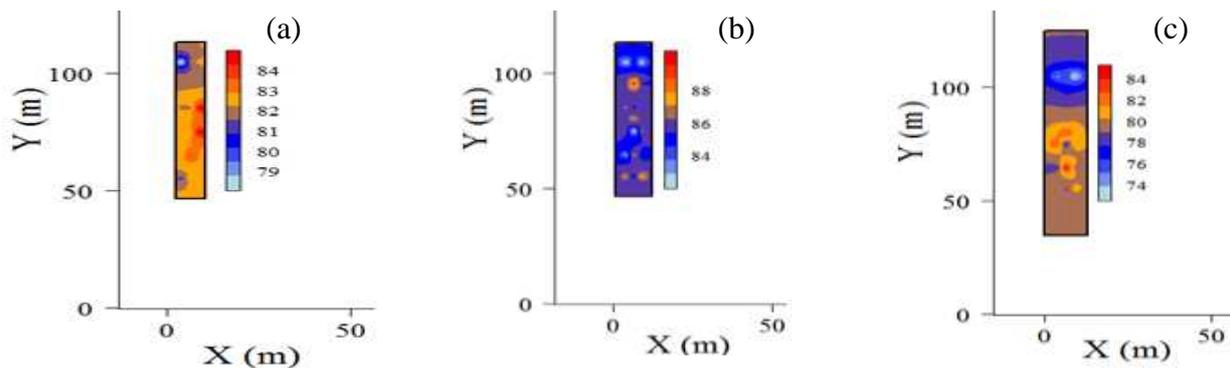


Figura 3. Distribuição Espacial do ITGU nos dias 2 (A), 7 (B), 14 (C).

Segundo Oliveira et al. (2006), valores de ITGU variando entre 80,99 - 81,61 no 1º dia de idade, correspondente à fase de aquecimento para frangos de corte, indicam condições de conforto. Ao se fazer uma análise da condição térmica em que os pintinhos estavam submetidos durante o 1º dia de estudo, pode-se observar que o ITGU variou de 82 a 84, mostrando que os pintinhos passaram grande parte do tempo sob condições térmicas superiores das preconizadas nessa faixa etária observadas na região 50 a 90 m (considerando o comprimento) do galpão das aves (Figura 3a).

Em relação a segunda semana de vida, de acordo com Oliveira et al. (2006) a faixa indicativa de conforto térmico das aves do 7º ao 14º dias de vida, compreende-se entre valores de 73,25 - 76,55. De acordo com o observado no 7º e 14º dias de vida (Figuras 3b e 3c), a variação do ITGU foi de 84 a 88 e 74 a 84, respectivamente. Indicando um desconforto para as aves. Para este período estudado, apesar de ser observada uma grande variabilidade dos dados, somente no 14º dia de vida (Figura 3c), houve pontos dentro do galpão onde o ITGU esteve próximo do recomendado, região 95 a 130 m, sendo que grande parte do tempo, na maior parte do galpão, os pintinhos estiveram em uma situação de desconforto.

CONCLUSÕES

Os semivariogramas permitiram a caracterização da magnitude da variabilidade espacial do ITGU no interior do galpão avícola estudado. Portanto, a partir da interpolação por krigagem, foi possível confeccionar mapas de isolinhas que possibilitaram a observação da variabilidade espacial. Identificou-se no interior do galpão grande desuniformidade na distribuição do ITGU. Os mapas permitiram ainda, 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 BIBLIOGRÁFICA

BUFFINGTON, DE; COLLASSO-Arocho, A. ; CANTON, **GH índice Preto globo e umidade (ITGU) como equação de conforto para as vacas leiteiras.** *Transação da Sociedade Americana de Engenharia*



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Agrícola, v.24, p.711-714, 1981. Black índice de globo e umidade (ITGU) como equação de conforto para vacas leiteiras. *Transação da ASAE*, St. Joseph, v.24, p.711-714, 1981.

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.

CORDEIRO, M.B.; TINÔCO, I. DE F.F.; SILVA, J.N DA; VIGODERIS, R.B.; PINTO, F. DE A. DE C.; CECON, P.R. **Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa v.39, n.1, p.217-224, 2010.

DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JR., P. J. **Model based geostatistics.** New York: Springer. 2007. 230 p.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics.** New York: Oxford University, 1989. 561 p.

KERRY, R.; OLIVER, M. A. **Sampling requirements for variograms of soil properties computed by the method of moments and residual maximum likelihood.** Geoderma. v. 140, p. 383–396, 2007.

MENEGALI, I.; TINÔCO, I. de F. F. ; BAÊTA, F. DA C. ; CECON, PAULO R. ; GUIMARÃES, M. C. DE C. ; CORDEIRO, M. B.. (2009). **Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 13(Suppl.), 984-990.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. **Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.3, p.797-803, 2006.

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.

TEETER, R. G. **Estresse calórico em frangos de corte.** In: Conferência Apinco De Ciência e Tecnologia Avícolas. SP, Campinas, p. 33–44, 1990.

TINÔCO, I. DE F. F. **Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros.** Revista Brasileira de Ciência Avícola, v.3, p.1-26, 2001.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. **Application of geostatistics to spatial studies of soil properties.** Advances in Agronomy, New York, v.38, n.1, p.45-94, 1985.

YANAGI JR., T; AMARAL, A. G.; TEIXEIRA, V. H. LIMA, R. R. **Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte.** Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.31, n.1, p.1-12, 2011.