



DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE TEMPERATURA DO GLOBO E UMIDADE EM GALPÃO DE FRANGOS NA PRIMEIRA SEMANA DE VIDA AQUECIDO POR FORNALHA INDUSTRIAL

Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz¹, Tadayuki Yanagi Junior², Gabriel Araujo e Silva Ferraz³ & Flávio Alves Damasceno⁴

RESUMO: O desenvolvimento do pintinho em condições ambientais de termoneutralidade é relevante para o desenvolvimento futuro do animal. Nos primeiros dias de vida, os pintinhos ainda não possuem sistema termorregulatório totalmente desenvolvido para se adaptarem a condições ambientais adversas, sendo assim, os animais submetidos a desafios térmicos podem não conseguir se recuperar até o fim do ciclo de produção. Este trabalho objetivou avaliar a variabilidade e a magnitude espacial do Índice da Temperatura do Globo Negro e Umidade (ITGU) em um galpão de frangos durante a primeira semana de vida, por meio da geoestatística e detectar as regiões no interior do galpão em que as aves estavam em situação de desconforto térmico. O experimento foi conduzido em um aviário comercial com pintinhos da linhagem Cobb e sistema de aquecimento constituído de uma fornalha industrial de aquecimento indireto do ar. Observou-se por meio dos semivariogramas que houve variabilidade espacial do ITGU sendo ajustada pelo modelo esférico e pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (MVR). Foram confeccionados mapas utilizando os dados interpolados por krigagem e pôde-se observar que a partir do quarto dia de vida, os animais ficaram todo o tempo submetidos a condições térmicas diferentes das recomendadas pela literatura. Além disso, um estudo a respeito de índices zootécnicos: massa corporal (MC) e ganho de peso (GP) das aves no mesmo período constatou que a partir do quarto dia de vida, as aves apresentaram desempenho inferiores aos recomendados pela literatura, o que pode ser um indicativo que as condições ambientais no interior do galpão estavam influenciando a produtividade das aves.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiência; avicultura; conforto térmico; pintinhos.

SPATIAL DISTRIBUTION OF BLACK GLOBE HUMIDITY INDEX IN A BROILER HOUSE DURING THE FIRST WEEK OF LIFE HEATED BY INDUSTRIAL FURNACE

ABSTRACT: The development of chicks under thermoneutral environmental conditions is relevant for the future development of the animal. In the first days of life, the chicks do not have their thermoregulatory system fully developed to adapt to adverse environmental conditions. This way, animals subjected to thermal challenges may not be able to recover until the end of the production cycle. The objective of this paper was to evaluate the variability and spatial magnitude of the Black Globe Humidity Index (ITGU) in a chicken house during the first week of life using geostatistics and to detect the regions inside the house that the chicks were in a situation of thermal discomfort. The experiment was conducted in a commercial broiler house with Cobb line chicks and a heating system consisting of an indirect air heating industrial furnace. It was observed using the semivariograms that there was spatial variability of the BGHI being adjusted by the Spherical Model and by the Residual Maximum Likelihood (MRV) method. Maps were generated based on the data interpolated by kriging and it was observed that from the fourth day of life, the animals were subjected to thermal conditions different from those recommended by the literature. In addition, a study on the zootechnical indexes: body mass (MC) and weight gain (GP) of chicks during the same period showed that, from the fourth day of life, the chicks presented a worst development than that recommended by the literature, which may be an indicative that the environmental conditions inside the chicken house were influencing their productivity.

KEYWORDS: Environment; poultry; thermal comfort; chicks.

1 INTRODUÇÃO

Frangos de corte na fase de crescimento sob aquecimento são muito sensíveis às condições térmicas que são submetidos pois não possuem sistema

termorregulatório totalmente desenvolvido, portanto, não são capazes de manter sua temperatura corporal constante. Fatores ambientais, como temperatura do bulbo seco (t_{bs}), umidade relativa (UR), velocidade do ar (V), entre outros, assumem relevante importância no processo de criação dos animais por comprometerem a

^{1 2 3 e 4} Universidade Federal de Lavras. E-mails:
patricia.ponciano@deg.ufla.br; yanagi@deg.ufla.br;
gabriel.ferraz@deg.ufla.br; flavio.damasceno@deg.ufla.br

função vital mais importante das aves, a homeotermia (VALE et al., 2016).

Para caracterizar o ambiente térmico de criação, pode-se avaliar a influência das variáveis ambientais de forma conjunta. Por exemplo, pode-se adotar o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), que atualmente é o índice mais difundido para prever as condições de conforto térmico em regiões quentes pelo fato de incorporar a t_{bs} , a UR, a V e a radiação na forma de temperatura de globo negro (t_{gn}) em um único valor (SANTOS et al., 2009).

A análise do ambiente térmico em que pintinhos estão alojados é de extrema importância, pois os aviários brasileiros são muitas vezes construídos sem isolamento térmico adequado. Além disso, equipamentos de aquecimento, tradicionalmente usados na fase inicial, podem ser ineficientes em termos de produção de energia e podem não serem capazes de garantir as condições térmicas adequadas no interior do galpão (CORADI et al., 2016). Desta forma, quando o ambiente térmico não é adequado pode acarretar prejuízos ao bem-estar e ao desenvolvimento produtivo das aves (FERRAZ et al., 2016; SCHIASSI et al., 2015).

Espera-se que em um ambiente de produção haja homogeneidade das variáveis ambientais no interior da instalação. Estas variáveis podem ser avaliadas por meio da espacialização e ferramentas geoestatísticas (MASSARI et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016). A geoestatística é uma ferramenta que permite o aprofundamento no conhecimento dos fatores que interferem no ambiente de criação, proporcionando maior precisão em correções e ajustes dos sistemas de exploração (CARVALHO et al., 2012; MASSARI et al., 2016).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi de analisar a magnitude e a variabilidade espacial do índice da temperatura do globo negro e umidade (ITGU) em um galpão de frangos durante a primeira semana de vida das aves, empregando técnicas geoestatísticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um galpão com frangos de corte numa granja comercial em Minas Gerais (20°11'58" de latitude sul e 45°02'08" de longitude oeste de Greenwich), durante a estação da primavera, entre os dias 27 de setembro a 04 de outubro de 2010. O clima na região é caracterizado como clima temperado suave, com temperaturas moderadas, verão quente e chuvoso, classificado por Köppen como Cwa (SÁ JÚNIOR et al., 2012).

As dimensões do galpão eram de 13 m de largura, 160 m de comprimento e 3 m de pé-direito, com orientação na direção nordeste – sudoeste (Figura 1). A vegetação circundante do galpão constituía-se de árvores de eucalipto plantadas a cerca de 15 m de distância do galpão. As árvores não sombreavam o galpão. A instalação era construída em concreto armado e tijolos maciços, cobertura de telhas de fibrocimento, piso de concreto, cama de casca de arroz. Na parte interna do galpão utilizou-se cortinas duplas (uma interna e outra externa) e forro de lona plástica amarela, posicionado a 2,45 m de altura. O manejo das cortinas era realizado diariamente de acordo com as condições térmicas no interior do galpão. No quinto dia de vida das aves, as cortinas externas foram removidas, permanecendo apenas as cortinas internas.

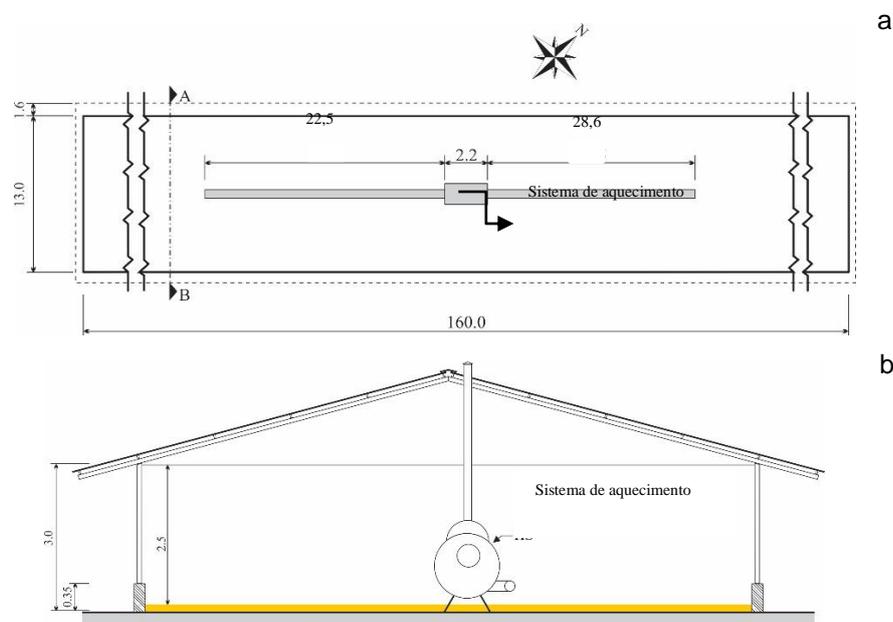


Figura 1 - Planta baixa (a) e corte transversal AB (b) do galpão experimental. Unidade das cotas em metros.

No galpão estavam alojados 28.000 pintinhos Cobb® machos de 1 a 8 dias de vida. Água e ração para as aves foi disponibilizada *ad libitum* durante todo o período experimental. As dietas fornecidas aos animais foram formuladas para suprir as exigências de nutrientes para a faixa etária.

No interior do galpão havia uma contenção de chapas de madeira compensada que restringia o espaço disponível para as aves e permitia que elas ficassem o mais próximo possível do sistema de aquecimento. À medida em que os animais cresciam, essas chapas foram movidas para que a área disponível para os animais fosse aumentada. Houve alteração na posição das chapas no sexto dia do experimento. A área útil do galpão aumentou de modo a reduzir a densidade de alojamento, sendo que durante o período experimental a densidade foi de 52 aves.m⁻².

O sistema de aquecimento do galpão consistia de uma fornalha industrial de material metálico com queima indireta de biomassa, com comprimento de 2,23 m, largura de 1,23 m e 1,85 m de altura. O ar aquecido era insuflado por um motor trifásico de corrente alternada, potência 2206 W, 1725 RPM e distribuído por aproximadamente 28,6 m de tubulação metálica do lado nordeste e 22,45 m do lado sudoeste instalada na parte interna central do galpão. A tubulação possuía 23 cm de

diâmetro e orifícios de 5 cm de diâmetro a cada 1,0 m, localizados alternadamente em cada lado para a saída do ar aquecido.

Diariamente, 60 pintinhos eram selecionados aleatoriamente e pesados por meio de uma balança digital (precisão de $\pm 0,010$ kg) para que fosse possível determinar a massa corporal média do lote e acompanhar do ganho de massa do lote. A pesagem foi realizada de forma a tentar alterar o mínimo possível o funcionamento da granja.

Para caracterizar o ambiente térmico, foram tomadas as medidas diárias de temperatura do bulbo seco (t_{bs}), temperatura de ponto de orvalho (t_{po}), umidade relativa (UR) e temperatura de globo negro (t_{gn}). A posição dos sensores era alterada quando mudava o posicionamento das chapas de compensado. Ou seja, a posição dos sensores não foi fixa durante todo o período experimental porque durante a primeira semana de vida a área disponível para os animais variou e a posição dos sensores acompanhou esta alteração para que os sensores registrassem sempre a condição em que o pintinho estava submetido. Sendo que L é a largura da área disponível para aves e C é o comprimento, conforme ilustrado na Figura 2.

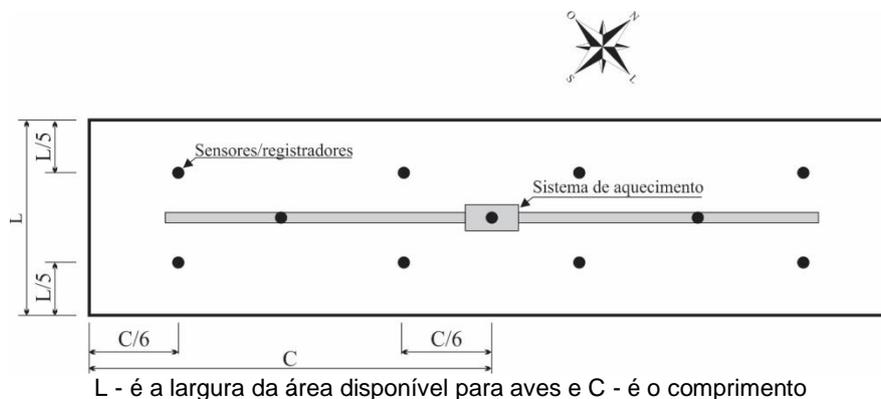


Figura 2 - Esquema da distribuição dos sensores/registradores no interior do galpão de frango.

As medições das variáveis ambientais foram realizadas a uma altura compatível com a zona de ocupação dos pintinhos, a 10,0 cm da cama (CORDEIRO et al., 2010), em intervalos de cinco minutos, durante 24 horas durante todo o período experimental. Foram utilizados sensores/registradores de t_{ar} , t_{gn} , t_{po} , UR (Hobo Pro Series, modelo H08 – Onset®, precisão de $\pm 3\%$ da leitura), mantidos em gaiolas de malha de arame a fim de que os animais não os danificassem.

Em seguida, foi calculado o ITGU por meio da seguinte equação:

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

em que:

t_{gn} - temperatura de globo negro (K); e

t_{po} - temperatura do ponto de orvalho (K).

A dependência espacial do 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 $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h .

O semivariograma foi ajustado pelo método da máxima verossimilhança restrita (MVR), este que resulta em estimativas menos tendenciosas. O modelo matemático utilizado para o ajuste do semivariograma foi o esférico, que é amplamente utilizado em estudos geoestatísticos. Para a análise geoestatística e para a plotagem dos mapas foi utilizado sistema computacional estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 está apresentada a estatística descritiva do ITGU dentro do galpão de frangos para os primeiros sete dias de vida das aves.

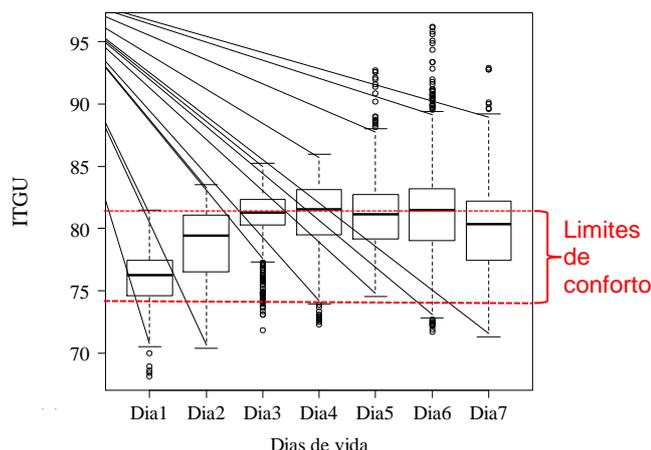


Figura 3 - Boxplot do índice da temperatura do globo negro e umidade (ITGU) ao longo dos dias de vidas dos pintinhos e intervalo ideal de ITGU recomendado pela literatura para a primeira semana de vida das aves (linhas tracejadas).

A partir da Figura 3 é possível observar que houve variabilidade nos dados de ITGU ao longo do tempo analisado, porém estes dados não indicam onde estas variações ocorreram no interior da instalação. Para se avaliar a estrutura e a magnitude da variabilidade espacial do ITGU realizou-se a análise geoestatística dos dados ao longo dos sete dias experimentais.

Por meio da Tabela 1 e Figura 4 observa-se que os dias 1, 2, 3, 5, 6 e 7 apresentaram variabilidade espacial do ITGU no interior do galpão avícola expressadas pelos semivariogramas. Isto implica em dizer que nesses dias, o sistema de aquecimento e o isolamento das cortinas não estavam funcionando de forma a garantir a homogeneidade desta variável dentro do galpão. Apenas o quarto dia de vida dos pintinhos não apresentou variabilidade espacial, ou seja, somente neste dia, ao longo de todo o galpão o ITGU foi aproximadamente o mesmo, não havendo regiões com condições térmicas diferentes de acordo com os semivariogramas.

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	Classificação GD
1			2,67	2,34	5,01	1,32	53,30	Moderado
2			0,79	1,77	2,56	3,45	30,90	Moderado
3	MVR	Esférico	0,00	5,01	5,01	5,41	0,00	Forte
5			0,66	0,58	1,25	1,35	53,04	Moderado
6			1,53	1,45	2,98	1,87	51,48	Moderado
7			1,99	1,92	3,91	2,09	50,92	Moderado

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

Para a escolha do melhor ajuste do semivariograma foi utilizado os critérios da validação cruzada. Desta maneira, os seis dias que apresentaram variabilidade espacial, tiveram seus semivariogramas ajustados pelo modelo esférico.

O efeito pepita (C_0) é um importante parâmetro do semivariograma, que indica variabilidade não explicada (FERRAZ et al., 2017), considerando a distância de amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros.

O efeito pepita encontrado para a variável ITGU no dia 1 foi de 2,67, no dia 2 foi de 0,79, no dia 3 foi de 0,0 para o dia 5 foi de 0,66, para o dia 6 foi de 1,53 e para o dia 7 foi de 1,99. Como é impossível quantificar a contribuição individual do efeito pepita, na literatura são propostos alguns índices para se estudar este efeito, tal qual o proposto pela classificação de Cambardella et al. (1994). De acordo com esta classificação, o grau de dependência espacial (GD) foi moderado para a maioria dos dias analisados, exceto o dia 3 que apresentou GD forte.

Para a determinação do limite da dependência espacial relativos aos semivariogramas, utilizaram-se os valores do alcance (a), indicando até onde a variável é influenciada pelo espaço. Os valores do alcance (a) relativos aos semivariogramas tem 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 de 1,32 m (no primeiro dia) a 5,41 m (no terceiro dia).

A partir do conhecimento da existência de variabilidade espacial, a geoestatística ainda possibilita a confecção de mapas, a fim de possibilitar o conhecimento das áreas de maior e menor valor da variável em estudo e o gerenciamento preciso das intervenções necessárias nas áreas onde a técnica é aplicada (FERRAZ et al., 2017). Desta forma a Figura 5 representa a distribuição espacial do ITGU no 1º, 2º, 3º, 5º, 6º e 7º dias de vida dos pintinhos obtida por meio de dados interpolados por krigagem.

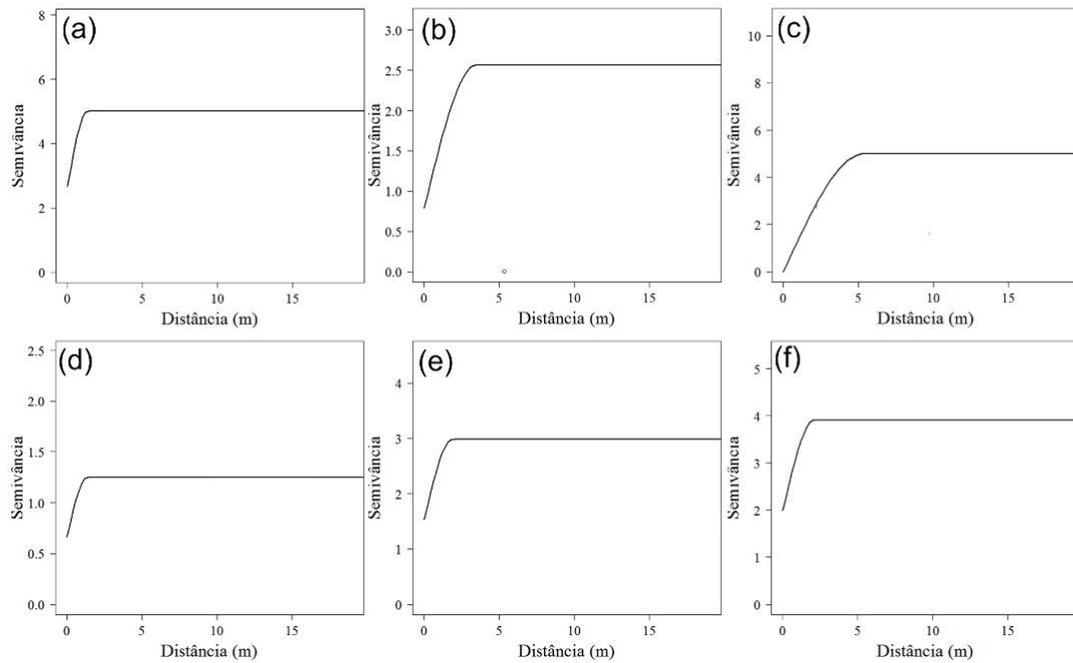


Figura 4 - Semivariogramas do ITGU no interior do galpão nos dias 1 (a), 2 (b), 3 (c), 5 (d), 6 (e) e 7 (f) ajustados pelo método REML e pelo modelo esférico.

Na Figura 5 está apresentada a grande variabilidade do ITGU no interior do galpão ilustrando regiões com ITGU baixo, caracterizados pelas cores mais azuladas e maiores valores de ITGU pelas cores mais avermelhadas. Na Figura 5b, 5c, 5d, 5e e 5f é possível perceber um indicativo de uma ineficiência do sistema de aquecimento adotado para manter a homogeneidade do ITGU no galpão. Estas falhas podem ser devidas ao fato de que o sistema de aquecimento era abastecido por funcionários da granja, que levavam em consideração apenas suas experiências na atividade na hora de colocar mais ou menos biomassa dentro do sistema de aquecimento, sendo, portanto, uma decisão empírica e passível de erros. Nos dias 1, 2, 3 e 5 (Figura 5a, 5b, 5c e 5d, respectivamente) a parte sem cores (branca) dos mapas representa a parte do galpão que não havia pintinhos devido a posição das chapas de contenção. Nos dias 6 e 7 (Figura 5e e 5f, respectivamente) a contenção já havia sido totalmente removida e os animais já ocupavam a totalidade do galpão.

Ao se fazer uma análise da condição térmica em que os pintinhos estavam submetidos durante o período experimental, pode-se observar que o ITGU variou de 73,0 a 96,0. De acordo com Cândido et al. (2016), valores de ITGU variando entre 74,8 e 81,3 são considerados ideais para a primeira semana de vida das aves. Dessa forma, pode-se destacar que durante o período observado, somente no primeiro dia de vida, os pintinhos estiveram submetidos a condições de conforto ao longo de todo o galpão. No segundo e terceiro dia, as aves estiveram em condições acima do considerado ideal em algumas regiões do galpão. A partir do quarto dia de vida, já se observa que na maior parte do galpão os animais foram submetidos a condições térmicas diferentes das consideradas ideais.

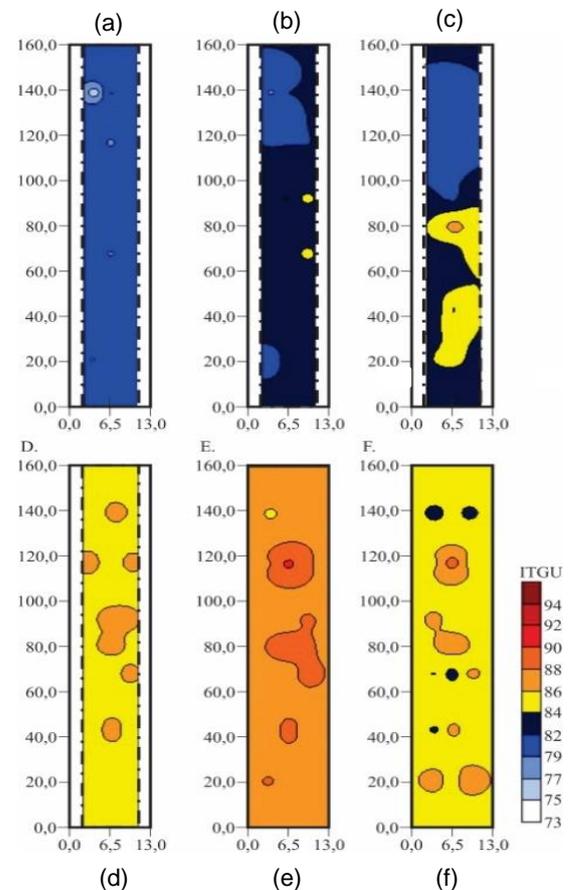


Figura 5 - Distribuição espacial do índice da temperatura do globo e umidade (ITGU) nos dias: 1 (a), 2 (b), 3 (c), 5 (d), 6 (e) e 7 (f).

A partir da análise de existência de regiões com condições térmicas fora do ideal, torna-se interessante avaliar a frequência que as aves foram submetidas a condições de conforto e desconforto. Desta forma está ilustrado na Figura 6 a frequência de ocorrência dos valores de ITGU obtidos por meio da interpolação por krigagem da geoestatística.

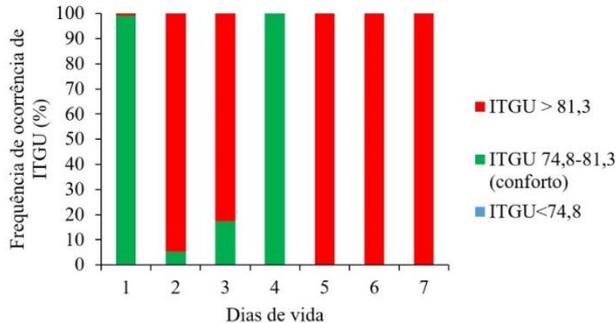


Figura 6 - Frequência de ocorrência (%) do índice da temperatura do globo e umidade (ITGU) no interior do galpão de frangos durante a primeira semana de vida das aves.

Além das condições térmicas no interior do galpão não estarem uniformes, observa-se também que somente nos dias 1 e 4 as aves estiveram a maior parte do tempo, em grande parte do galpão submetidas ao ITGU considerado dentro do conforto pela literatura (Figura 6).

Estudos têm demonstrado que a interação entre a idade das aves e as variáveis ambientais influenciam o desempenho produtivo, alteram o consumo de água, consumo de ração e consequentemente o ganho de peso

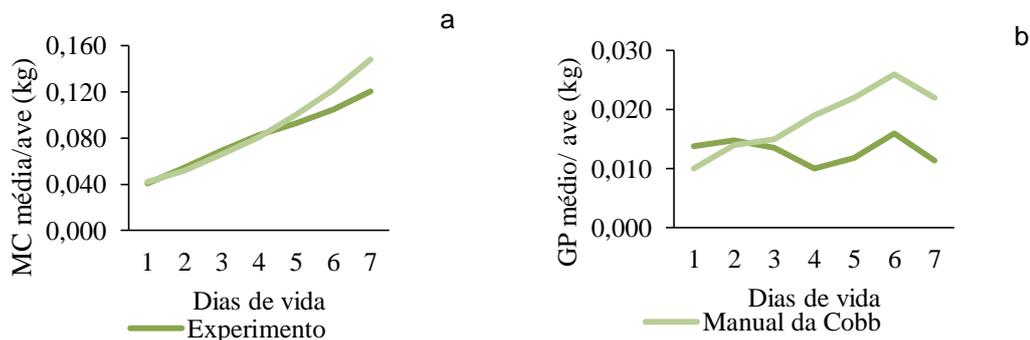


Figura 7 - Massa corporal média por ave (kg) (a) e ganho de peso médio por ave (kg) (b) na primeira semana de vida.

Segundo Castilho et al. (2015), se as aves são submetidas a temperaturas muito acima da sua termoneutralidade, a principal troca térmica para dissipação de calor é através da evaporação. Esta forma de dissipação constitui um dos mais importantes mecanismos latentes de transferência térmica e propicia um gasto energético para o animal, podendo inclusive afetar seu desempenho zootécnico, como causar redução do consumo e a conversão alimentar e em consequência há uma baixa taxa de crescimento, aumento no consumo de água, além de alterar as respostas fisiológicas. De

(GP) e a conversão alimentar (MARQUES et al., 2016). Na Figura 7a pode-se comparar qual o foi a massa corporal média (MC) das aves durante o período experimental em comparação com o recomendado pelo manual da linhagem Cobb® (COBB, 2013). Fica evidente que nos primeiros quatro dias de vida, a massa corporal experimental foi maior que o recomendado pelo manual. A partir do quarto dia, apesar da MC continuar aumentando com o passar dos dias, esse aumento não se deu na mesma proporção do recomendado. Esta diminuição do crescimento da MC a partir do quinto dia de vida coincide com o período em que as aves estiveram todo o tempo ao longo de todo o galpão com o ITGU acima do recomendado por Cândido et al. (2016) (Figuras 4 e 5). Dessa forma, esta análise pode indicar que as condições térmicas no interior do galpão influenciaram a produtividade animal. Sabe-se que o sistema de criação intensivo possui influência direta na condição de conforto e bem-estar e na expressão dos comportamentos naturais dos animais, afetando o desempenho produtivo das aves (VIGODERIS et al., 2010). Daí a importância de se adaptar o ambiente as condições ideais de bem-estar para as aves mais jovens.

Na Figura 7b estão apresentados o GP médio das aves para o mesmo período analisado em comparação com a recomendação do manual da linhagem. Observa-se a mesma tendência de redução do desempenho das aves a partir do quinto dia de vida. Valores de t_{bs} abaixo e, principalmente, acima da temperatura de termoneutralidade podem resultar em alterações metabólicas, com consequente queda do desempenho das aves (KODAIRA et al., 2015).

acordo com Ponciano et al. (2012) se as aves fossem criadas em condições ambientais ideais na primeira semana de vida, o GP médio semanal deveria ser de 0,117 kg por ave. De acordo com os dados apresentados na figura 7b, os pintinhos apresentaram GP médio de 0,091 kg por ave. Considerando que no galpão estavam alojados 28 mil aves, o adicional de GP por ave na primeira semana de vida seria de 0,026 kg, o que resultaria no aumento de 728 kg de massa corporal dos animais somente na primeira semana de alojamento. Segundo Cordeiro et al. (2010), as primeiras semanas de

vida das aves são as mais críticas, pois erros cometidos nesta fase não poderão ser corrigidos a contento no futuro. Sendo assim, o ambiente térmico nesta fase deve ser muito bem controlado para não afetar negativamente o desempenho final das aves e consequentemente a produtividade do lote.

4 CONCLUSÕES

Os semivariogramas e os mapas permitiram caracterizar a magnitude e a variabilidade espacial do índice da temperatura do globo e umidade (ITGU) no interior do galpão avícola de forma eficiente. Foi possível identificar a desuniformidade na distribuição espacial do ITGU, o que pode indicar a existência de falhas no sistema de aquecimento em regiões do galpão. Animais submetidos a condições térmicas adversas apresentaram uma menor massa corporal e um menor ganho de peso que o recomendado, conforme os diferentes dias de idade.

5 AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro ao projeto.

6 REFERÊNCIAS

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARTEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. 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.
- CÂNDIDO, M. G. L.; TINÔCO, I. F. F.; PINTO, F. A. C.; SANTOS, N. T.; ROBERTI, R. P. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 5, p. 760-767, Oct. 2016.
- CARVALHO, T. M. R.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; SOURA, G. S.; BUENO, L. G. B.; LIMA, K. A. O. Use of geostatistics on broiler production for evaluation of different minimum ventilation systems during brooding phase. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 194-202, 2012.
- CASTILHO, V. A. R.; GARCIA, R. G.; LIMA, N. D. S.; NUNES, K. C.; CALDARA, F. R.; NÄÄS, I. A.; BARRETO, B.; JACOB, F. G. Bem-estar de galinhas poedeiras em diferentes densidades de alojamento. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 9, n. 2, p.122-131, 2015.
- COBB. **Suplemento: desempenho e nutrição para frangos de corte**. Massachusetts, 2013. 14 p. Disponível em: <www.cobb-vantress.com/docs/.../cobb.../cobb500_bpn_portugueses.pdf> Acesso em: 17 jan. 2017.
- CORADI, P. C.; MARTINS, M. A.; DA COSTA, D. R.; VIGODERIS, R. B.; TINÔCO, I. F. F. Computational Fluid Dynamics (CFD) simulating heated air from wood burning inside a poultries barn. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 5, p. 768-778, 2016.
- CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; SILVA, J. N.; VIGODERIS, R. B.; PINTO, F. A. 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.
- FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. M.; OLIVEIRA, M. S.; CUSTÓDIO, A. A. P.; FERRAZ, P. F. P. Variabilidade espacial dos atributos da planta de uma lavoura cafeeira. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 81-91, 2017.
- FERRAZ, P. F. P.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, G. A. S.; SCHIASSI, L.; CAMPOS, A. T. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 6, p. 570-575, 2016.
- KODAIRA, V.; PEREIRA, D. F.; SOARES, N.M.; BUENO, L. G. F. Concentração de glicose sanguínea e relação heterófilo: linfócito podem ser utilizados como indicadores de estresse térmico para aves poedeiras. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 182-190, 2015.
- MARQUES, J. I.; LOPES NETO, J. P.; LOPES, F. F. M.; FURTADO, D. A.; ARAÚJO, T. G. P. Fuzzy modeling in the prediction of climate indices and productive performance of quails kept in climate chamber. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 604-612, 2016.
- MASSARI, J. M.; MOURA, D. J.; CURTI, T. M. R. C.; VERCELLINO, R. A.; MEDEIROS, B. B. L. Zoning of environmental conditions inside a wean-to-finish pig facility. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 5, p. 739-748, 2016.
- PONCIANO, P. F.; YANAGI JÚNIOR, 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, p. 10-20, 2012.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 22 ago. 2016.
- RIBEIRO, P. A. P.; YANAGI JUNIOR, T.; OLIVEIRA, D. D.; FERRAZ, G. A. S.; LOURENÇONE, D. Análise geoestatística das iluminâncias em aviários para poedeiras equipados com lâmpadas fluorescentes compactas e de led. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, p. 11-21, 2016.

SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M.C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Viena, v. 108, p. 1-7, 2012.

SANTOS, P. A.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, p. 172-180, 2009.

SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; FERRAZ, P. F. P.; CAMPOS, A. T.; SILVA, G. R.; ABREU, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 390-396, 2015.

VIGODERIS, R. B.; CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; MENEGALI, I.; SOUZA JÚNIOR, J. P.; HOLANDA, M. C. R. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 6, 2010.

VALE, M. M.; MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; CURI, T. M. R. C.; LIMA, K. A. O. Effect of a simulated heat wave in thermal and aerial environment broiler-rearing environment. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, n. 36, v. 2, p. 271-280, 2016.