

Relato de caso

Conforto térmico em galpão cunícula em dias com e sem precipitação

Thermal comfort in rabbit shed on days with and without rain

Comodidad térmica en una instalación de conejos en días con y sin lluvia

Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz¹, Gabriel Araújo e Silva Ferraz², Raquel Silva de Moura³, Daiane Cecchin⁴, Daniela Rodrigues da Silva⁵, Verónica González Cadavid⁶

¹Professora Adjunta do Departamento de Engenharia (DEA) – UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: patricia.ponciano@ufla.br

²Professor Adjunto do Departamento de Engenharia (DEA) – UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: gabriel.ferra@ufla.br

³Professora Adjunta do Departamento de Zootecnia (DZO) – UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: raquelmoura@ufla.br

⁴ Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Fluminense (UFF), E-mail: daianececchin@yahoo.com.br

⁵Graduanda em Zootecnia (DZO) – UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: rodriguesdaniela005@gmail.com

⁶Professora e integrante do Grupo de Investigación en Biodiversidad y Genética Molecular (BIOGEM), Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Carrera 65 No. 59 A-110, Código, 050034, Colombia, E-mail: vgonzal@unal.edu.co

RESUMO

A preocupação com o bem-estar e conforto térmico animal vem ampliando a cada ano. Deve-se buscar instalações que proporcionem condições ambientais que mantenham os animais em conforto. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é utilizado para caracterizar o microclima onde o animal se encontra, avaliando conforto térmico. O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição espacial do ITU em galpão de coelhos comparando dias com e sem precipitação. O experimento foi conduzido em um galpão cunícula, localizado no Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Lavras, ao longo de dois dias (com e sem precipitação) durante o verão. O galpão utilizado possui dimensões de 5,80 x 7,70m e 3,40m de pé direito, orientação Leste/Oeste, telhado com duas águas e lanternim. Foram realizadas três coletas de temperatura do bulbo seco (t_{bs} , °C), umidade relativa (UR, %) e temperatura do ponto de orvalho (t_{po} , °C) nos horários de 6, 12 e 18 horas. Nos três horários, os dados foram coletados em 48 pontos, em malha de 1m². Posteriormente, calculou-se o ITU para cada ponto amostrado, de modo a possibilitar a utilização da geoestatística (semivariograma e interpolação por Kirgagem). Foi possível caracterizar a variabilidade espacial do ITU, possibilitando

identificar a desuniformidade na distribuição espacial no interior do galpão e observar que durante o dia sem precipitação os animais se encontravam fora da faixa de conforto térmico.

Palavras chave: ambiência, bem estar, coelhos, geoestatística

ABSTRACT

The concern about animal welfare and thermal comfort has been increasing every year. We should build facilities that provide environmental conditions that keep animals in comfort. The Temperature and Humidity Index (THI) is used to characterize the microclimate where the animals are raised, evaluating their thermal comfort. This study aimed to analyze the spatial distribution of THI in a rabbit shed comparing days with and without rain. The experiment was conducted in a rabbit house in the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras, during two days during the summer. The rabbit house has dimensions of 5.80 x 7.70m and 3.40m of right foot, orientation East / West, roof with two waters and lantern. Three dry bulb temperature (t_{db} , °C), relative humidity (RH,%), and dew point temperature (t_{dp} , °C) were collected at 6, 12, and 18 hours at 48 points in a grid of 1m². Then the THI was calculated for each sampling points in order to allow the use of geostatistics (semivariogram and interpolation by Krigagem). So, it was possible to characterize the spatial variability of the THI and identify the spatial distribution inside the shed and to observe that during the day without rain, the animals were not in the thermal comfort.

Keywords: environment, geostatistics, rabbits, welfare

RESUMEN

La preocupación por el bienestar animal y confort térmico se viene ampliando cada año. Se debe buscar instalaciones que proporcionen condiciones ambientales que mantengan a los animales en confort. El índice de temperatura y humedad (ITU) se utiliza para caracterizar el microclima donde el animal se encuentra, evaluando el confort térmico. El objetivo de este trabajo fue analizar la distribución espacial del ITU en un galpón de conejos comparando días con y sin precipitación. El experimento fue conducido en un galpón cunícola, ubicado en el Departamento de Zootecnia, de la Universidad Federal de Lavras, a lo largo de dos días (con y sin precipitación) durante el verano. El galpón utilizado posee dimensiones de 5,80 x 7,70m y 3,40m de altura, orientación Este / Oeste, techo con dos aguas y caballete. Se realizaron tres colectas de temperatura del bulbo seco (t_{bs} , °C), humedad relativa (UR, %) y temperatura del punto de rocío (t_{po} , °C) en los horarios de 6, 12 y 18 horas. En los tres horarios, los datos fueron recolectados en 48 puntos, en malla de 1m². Posteriormente, se calculó el ITU para cada punto muestreado, para posibilitar la utilización de la geoestadística (semivariografía e interpolación por Krigagem). Fue posible caracterizar la variabilidad espacial del ITU, posibilitando identificar la desuniformidad en la distribución espacial en el interior del galpón y observar que durante el día sin precipitación los animales se encontraban fuera del rango de confort térmico.

Palabras clave: ambiente, bienestar, conejos, geoestadística.

Introdução

De acordo com os dados do sistema Food And Agriculture Organization Of The United Nations - FAO (2014), a produção de carne de coelhos no Brasil é de até 1635 kg/carne/ano, podendo ser estimado um consumo de 0,008 Kg/hab/ano. Apesar do baixo consumo, a criação de coelhos de corte é uma promissora atividade zootécnica que visa a produção do coelho doméstico, a fim de oferecer para a sociedade uma opção de carne altamente digestível e saudável, especialmente por possuir menor teor de gordura, colesterol e sódio quando comparada a outros tipos de carne (NISTOR *et al.*, 2013; LUCIANO *et al.*, 2017). Para que a criação de coelhos seja eficiente é necessário determinar a interação entre fatores genéticos, nutricionais e, principalmente, os relacionados ao ambiente de produção (ZEFERINO, 2009).

De acordo com Camps (2002), o coelho é um dos animais mais sensíveis ao estresse dentre todos os animais domésticos. Segundo Ferreira *et al.*, (2017) isto se dá por seu agregarismo, territorialismo, sua recente domesticação, sua vida em baixa intensidade luminosa, além da facilidade

para descargas adrenalínicas. Em uma produção comercial de coelhos deve-se propiciar um ambiente de criação adequado visando as necessidades dos animais, seus instintos etológicos, seu conforto e o manejo.

Para coelhos, a temperatura do bulbo seco (t_{bs}) ideal para criação, a partir do desmame varia de 15 a 20°C e a Umidade Relativa (UR) varia de 60 a 70% (JARUCHE *et al.*, 2012). De acordo com Martin (2012), para que os animais atinjam seu maior potencial produtivo, é importante que a instalação ofereça condições térmicas adequadas de acordo com a zona de conforto térmico do mesmo.

As variáveis ambientais podem ser avaliadas no interior da instalação por meio da espacialização e geoestatística. O emprego da geoestatística possibilita caracterizar a magnitude da variabilidade espacial das variáveis ambientais no interior do galpão permitindo a observação da dependência espacial por meio de mapas de krigagem (FERRAZ *et al.*, 2016). A geoestatística permite que se interprete os resultados de acordo com sua verdadeira variabilidade, evitando interpretações de dados tendenciosas, segundo Yanagi Junior *et al.* (2011).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar e comparar a distribuição espacial do índice de temperatura e umidade (ITU) de um galpão cunícula ao longo de dois dias, sendo um com a ocorrência de precipitação e o outro sem.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, UFLA, Minas Gerais, Brasil, nas coordenadas geográficas 21° 14'S e 45° 00' WGr e 918 m de altitude, e o clima, de acordo com a classificação de Köppen, é caracterizado como Cwa

(Clima subtropical húmido). A coleta de dados foi realizada durante o verão de 2015. Foram tomados como dias de coleta um dia sem precipitação (02/03/2015) e o dia em que ocorreu precipitação (05/03/15).

O galpão utilizado é orientado na direção leste-oeste, com dimensões de 5,80 x 7,70m, pé-direito de 3,40m e as laterais possuem muretas de alvenaria medindo 0,50m de altura. O galpão possui duas valas coletoras cimentadas de 1,50 x 6,00m e 0,70m de profundidade. A cobertura do galpão é feita por telhas coloniais de barro em duas águas, com lanternim (Figura 1).



Figura 1 - Galpão cunícula do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras.

Para caracterização do ambiente térmico no interior desta instalação cunícula, realizou-se três coletas de dados de temperatura do bulbo seco (t_{bs} ,

°C), umidade relativa (UR, %) e temperatura do ponto de orvalho (t_{po}), em 48 pontos, em malha de 1 x 1m no interior do galpão. Os horários das

coletas de dados foram às 06, 12 e 18 horas. Com os dados coletados foi possível calcular o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), de modo a caracterizar o ambiente interno do galpão cunícula. O ITU de todos os pontos coletados foi calculado por meio da equação 1, proposta por (THOM, 1959).

$$\text{ITU} = \text{tbs} + 0,36 * (\text{tpo}) + 41,2$$

(1)

De modo a realizar o mapeamento da variabilidade espacial do ITU no interior da instalação cunícula em três horários e em dois dias (com e sem precipitação), utilizou-se as análises geoestatísticas, em que primeiramente foi realizado o estudo da dependência espacial das variáveis, por meio de ajustes de semivariograma clássico estimado pela Equação 2.

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

(2)

sendo: 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 é representado pelo gráfico $\hat{\gamma}(h)$ versus h. Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$, são estimados os

coeficientes do modelo teórico para o semivariograma denominado de efeito pepita, C₀; contribuição, C₁; patamar, C₀+C₁; e o alcance, a, conforme descrito por Bachmaier e Backes (2008).

O ajuste dos semivariogramas foi realizada por meio do método dos mínimos quadrados ordinários (OLS – Ordinary least square) e pelo modelo esférico. De acordo com Webster e Oliver (2007), o modelo matemático esférico é o mais frequentemente utilizado em Geoestatística. Em estudos de variabilidade espacial em galpão de criação animal este modelo já foi utilizado por Ponciano *et al.* (2013), Ferraz *et al.* (2016), Oliveira *et al.* (2016), Ribeiro *et al.* (2016) e Ferraz *et al.* (2017).

A interpolação dos dados foi realizada pela krigagem ordinária de forma a possibilitar a visualização dos padrões de distribuição espacial da variável em estudo.

Os graus da dependência espacial dos atributos em estudo foram analisados por meio da classificação de Cambardella *et al.* (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um efeito pepita < 25% do patamar, moderada quando está entre 25 e 75% e fraca > 75%.

De acordo com Isaaks e Srivastava (1989), a validação é a técnica de avaliação de erros de estimativa que permite comparar valores preditos com os amostrados. O valor da amostra, em certa localização $Z(s_i)$, é temporariamente descartado do conjunto de dados e, então, é feita uma previsão por krigagem (ordinária) no local $\hat{Z}(s_{(i)})$, usando-se as amostras restantes. Desta forma, é possível retirar alguns valores que serão muito úteis para a observação dos erros apresentados por cada malha, tais como o Erro Médio (EM).

Os critérios de escolha baseados na validação devem atender ao valor do Erro Médio (EM), Equação 3, mais próximo de zero, demonstrando assim a qualidade da análise.

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z(S_i) - \hat{Z}(S_{(i)})) \quad (3)$$

As análises geoestatísticas foram realizadas por meio do sistema

computacional estatístico R e sua biblioteca geoR (RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, 2001) e para a confecção dos mapas foi utilizado o software Surfer, versão 14.0.599.

Resultados e Discussão

As análises descritivas do ITU no interior do galpão obtido em um dia com e outro sem precipitação em três horários do dia podem ser observadas na Tabela 1. Com estes dados foi possível observar como o ITU variou ao longo dos dias, contudo, somente o conhecimento desta variação não é suficiente para identificar os locais onde se encontram os altos e baixos valores de ITU no interior da instalação. Nesse caso, torna-se necessário utilizar a geoestatística, para que se possa identificar a estrutura de variabilidade espacial dos dados, bem como para realizar a confecção de mapas, a fim de possibilitar o gerenciamento mais preciso das intervenções necessárias.

Tabela 1 - Estatística descritiva do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) para o dia sem precipitação (DSP) coletados as 6h, 12h e 18h e para o dia com precipitação (DCP) coletados as 6h, 12h e 18h.

Valores de Índice de Temperatura e Umidade (ITU)						
Variável	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo
DSP 6h	70,50	70,80	71,00	71,15	71,43	72,00
DSP 12h	75,30	76,50	77,05	76,98	77,63	78,50
DSP 18h	75,60	76,20	76,60	76,60	76,80	77,20
DCP 6h	70,70	71,00	71,10	71,34	71,63	72,40
DCP 12h	71,30	72,28	72,80	72,99	73,78	75,00
DCP 18h	72,30	72,60	73,35	73,30	74,03	74,50

Com base na metodologia de dependência espacial de todas as análises geostatística, foi possível variáveis em estudo (Tabela 2). quantificar a magnitude e a estrutura de

Tabela 2 - Parâmetros estimados para o semivariograma experimental das variáveis em estudo

Variável	Efeito Pepita (C ₀)	Contribuição (C ₁)	Patamar (C ₀ +C ₁)	Alcance (a)	Grau de Dependência Espacial (GDE)		Erro Médio (EM)
DSP 6h	0	0,256	0,256	6,110	0,00	Forte	0,005
DSP 12h	0	1,073	1,073	6,766	0,00	Forte	0,003
DSP 18h	0	0,055	0,055	0,912	0,00	Forte	0,032
DCP 6h	0	0,155	0,155	0,912	0,00	Forte	-0,245
DCP 12h	0	0,294	0,294	0,934	0,00	Forte	-0,194
DCP 18h	0	0,160	0,160	0,961	0,00	Forte	0,000

O efeito pepita (C₀) 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 (GDE) das variáveis em estudo (TRANGMAR; YOST; UEHARA, 1985). Pela classificação Cambardella *et al.* (1994) todas as variáveis apresentaram GDE forte. Observou-se ainda que todas as variáveis estudadas apresentaram erro médio próximo de

zero, sendo possível inferir que a análise foi eficiente.

Após o ajuste do semivariograma (Tabela 2), foram estimados os valores de o ITU em cada dia e horário em estudo, por meio da krigagem ordinária. Desta maneira, foi possível confeccionar mapas de distribuição espacial (isocores) para todas elas (Figura 1), que permitiram visualizar a variabilidade espacial desta variável no interior do galpão cunícula. Sendo assim, foi possível verificar que houve variabilidade da distribuição espacial do ITU ao longo do galpão durante todos os períodos analisados. Na Figura 2, cores avermelhadas representam maiores valores de ITU e cores azuladas

representam menores valores de ITU, sendo que os valores de ITU variaram de

70,5 a 78,5 durante o período experimental.

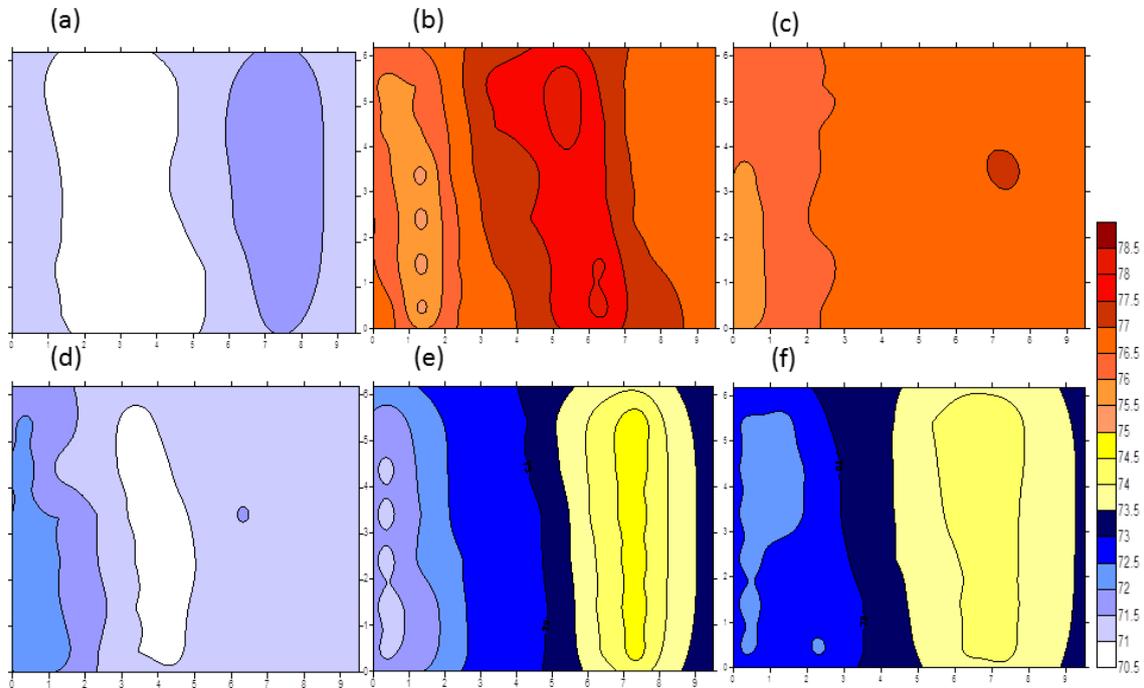


Figura 2 - Distribuição espacial do ITU, nos horários de 6h (a), 12h (b) e 18h (c) do dia sem precipitação e nos horários de 6h (d), 12h (e) e 18h (f) no dia com precipitação, respectivamente.

Calculou-se a faixa de ITU para o conforto térmico de coelhos baseada nas recomendações de t_{bs} e UR recomendados pela literatura (JARUCHE *et al.*, 2012) e constatou-se que o ideal é que o ITU fosse mantido entre 59 a 74. Ou seja, houve momentos durante o período experimental que os animais foram submetidos a condições térmicas diferentes da preconizada como conforto.

Em ambos os dias analisados, fica evidente que o horário das 6h da manhã, as condições térmicas no interior do galpão estavam mais amenas, o que

está indicado por meio das cores mais azuladas da Figura 2a e 2d. No dia sem precipitação, tanto no horário das 12h e das 18h (Figura 2b e 2c, respectivamente), observa-se que ao longo de todo o galpão os animais estavam em condições de ITU acima do considerado como conforto. Segundo Verga; Luzi; Carenzi (2007) para coelhos em crescimento, o clima pode atuar como poderoso fator estressor, prejudicando a produção, por exemplo, através da queda do consumo alimentar devido ao calor. Animais mantidos em espaço confinado devem estar

submetidos à mínima faixa de variação diária de temperatura para, deste modo, evitar o aumento das exigências metabólica e comportamental em compensação às mudanças térmicas ambientais (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996).

No dia em que ocorreu precipitação (Figura 2d, 2e e 2f), observa-se que o ITU foi menor nos três horários, quando comparado ao dia sem chuva (Figura 2a, 2b e 2c) devido à ocorrência de temperaturas mais baixas, porém as 12 horas nota-se que uma parte do galpão se encontrava no limite da faixa de conforto. Além disso, observa-se também no horário de 12 horas (Figura 2e) que houve grande variabilidade dos valores de ITU ao longo do galpão, ou seja, os dentro de uma mesma instalação os animais estavam sendo mantidos em condições térmicas diferentes. Deve-se ressaltar que os coelhos são mais sensíveis ao calor do que ao frio e as variações bruscas de temperatura são mais nocivas do que uma mudança gradual na temperatura fora da zona de conforto (FERREIRA *et al.*, 2012).

Conclusões

Foi possível caracterização a variabilidade espacial do ITU ao longo

de um dia com e um dia sem precipitação.

Por meio da análise geoestatística e dos mapas de krigagem possibilitou identificar a desuniformidade na distribuição espacial do ITU no interior do galpão, ou seja, observou-se que coelhos criados na mesma instalação estavam submetidos a condições ambientais diferentes.

Além disso, observou-se também que ao longo do dia, houve grande variação das condições ambientais no interior do galpão, indicados pelos valores de ITU. Sendo que durante o horário das 06 horas o ITU no interior do galpão propõe que os animais estariam conforto nos dois dias analisados e nos horários das 12 e 18 horas, tanto no dia com precipitação quanto no dia sem precipitação, os valores encontrados de ITU propõem que os animais estavam em desconforto térmico.

Ficou evidente que nos dias com precipitação, as condições ambientais no interior do galpão foram mais amenas que no dia sem precipitação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, Fapemig e Universidade Federal de Lavras pelo apoio à realização desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

- BACHMAIER, M.; BACKERS, M. Variogram or semivariogram? Understanding the variances in a variogram. **Precision Agriculture**, n.9, p. 173-175, 2008.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p 1501-1511, 1994
- CAMPS, J. Mínimos de conforto para cunicultura industrial. In: Simposium de Cunicultura, 27, 2002, Réus. **Asociacion espanõla de cunicultura**. p.57-64
- FERRAZ, P. F. P. et al. Distribuição espacial do índice de temperatura do globo e umidade em galpão de frangos na primeira semana de vida aquecido por fornalha industrial. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 4, p. 356-363, 2017.
- FERRAZ, P. F. P. et al. Spatial variability of enthalpy in broiler house during the heating phase. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n. 6, p. 570-575, 2016.
- FERREIRA, R. A. et al. Estresse agudo por calor em coelhos. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v. 12, n. 1, 2017.
- FERREIRA, W. M. et al. Manual prático de cunicultura. Bambuí - MG. **Ed. do autor**, p.75, 2012.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Faostat – Production: livestock primary: rabbit meal, 2012.** <<http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/download/Q/QA/E>> - Acesso em 02/07/2016.
- ISAACS E.H.; SRIVASTAVA, R.M. 1989. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 561p.
- JARUCHE, Y. G. et al. Efeito da densidade de alojamento sobre a homeostase térmica em coelhos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v. 1, n. 1, 2012.
- LUCIANO, A. P. et al. Glicerina na alimentação de coelhos. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v. 12, n.1, 2017.
- MARTIN, W.R. **Effects of heat stress on thermoregulation, reproduction and performance of different parity sows**. 2012. 154f. Thesis (Master of Science) - Faculty of the Graduate School University of Missouri, Missouri, 2012.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Guide for the care and use of laboratory animals**. Washington, D. C.: National Academy Press, 1996. 128 p.
- NISTOR, E. et al. Nutrient content of rabbit meat as compared to chicken, beef and pork meat. **Journal of Animal Production Advances**, v.3, n.4. p.172-176, 2013.
- OLIVEIRA, C. E. A. et al. Geoestatística aplicada a distribuição espacial das condições térmicas e ruído em instalações Compost Barn com diferentes sistemas de ventilação. **Ciência ET Praxis**, v.9, n.18, p.41-48, 2017.
- PONCIANO, P. F. et al. Spatial variability of air dry bulb temperature and black globe humidity index in a broiler house during the heating phase.

Engenharia Agrícola, v.33, n. 3, p.433-444, 2013.

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.

RIBEIRO, P. A. P. et al. Spatial illuminances variability and energy consumption in aviaries for laying hens equipped with compact fluorescent lamps and light emitting diode. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 11-21, 2016.

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

VERGA, M.; LUZI, F.; CARENZI, C. Effects of husbandry and management systems on physiology and behaviour of farmed and laboratory rabbits. **Hormones and Behavior**, v. 52, p. 122-129, 2007.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. 2007 **Geostatistics for Environmental Scientists**. Chichester: John Wiley and Sons. Brisbane, Australia.

YANAGI JUNIOR, T. et al. Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.31, n.1, p.1-12, 2011.

ZEFERINO, C.P. **Indicadores fisiológicos, desempenho, rendimento ao abate e qualidade de carne de coelhos puros e mestiços submetido ao estresse pelo calor intenso ou moderado**. Dissertação (Mestre em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Campus de Botucatu. Botucatu, SP, 2009.