

## **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM UMA MATERNIDADE DE SUÍNOS UTILIZANDO A GEOESTATÍSTICA**

**CARLOS EDUARDO ALVES OLIVEIRA<sup>1</sup>, FLÁVIO ALVES DAMASCENO<sup>2</sup>,  
GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ<sup>3</sup>, JOÃO ANTÔNIO COSTA DO  
NASCIMENTO<sup>4</sup>, LUCAS HENRIQUE PEDROZO ABREU<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Graduando em Eng. Agrícola, Depto. de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, carloseoliveira@hotmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Prof. Dr., Depto. de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, flavio.damasceno@deg.ufla.br

<sup>3</sup> Eng. Agrícola, Prof. Dr., Depto. de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, gabriel.ferraz@deg.ufla.br

<sup>4</sup> Graduando em Zootecnia, Depto. de Zootecnia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829-1231, jacostadonascimento@gmail.com

<sup>5</sup> Eng. Agrícola, Prof. Dr., Depto. de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, (35) 3829.1481, lhpabreu@gmail.com

Apresentado no

XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar os níveis de ruído numa maternidade de suínos durante as três primeiras semanas de vida dos animais. O experimento foi realizado no Centro Experimental em Suinocultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. Os níveis de ruídos foram medidos manualmente utilizando um decibelímetro digital. A maternidade foi dividida internamente em 36 pontos equidistantes. A coleta dos níveis de ruído foi realizando sempre no período da tarde. Para avaliar a dependência espacial entre os pontos de coleta, utilizou-se a geoestatística. Mapas de distribuição espacial dos níveis de ruído foram gerados para o interior do galpão, usando o método da krigagem. Com base nos resultados, observou-se que as maiores frequências dos níveis de ruído concentram-se entre 60 e 70 dB, sendo que os maiores valores de ruído foram observados próximo aos ventiladores. A espacialização dos níveis de ruído proporciona a obtenção de informações mais detalhadas sobre o sistema estudado.

**PALAVRAS-CHAVE:** suinocultura, bem-estar animal, distribuição espacial

### **SPATIAL DISTRIBUTION OF NOISE LEVELS IN THE FARROWING HOUSE USING GEOSTATISTICS**

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the noise levels in farrowing house during the first three weeks of life of piglets. The experiment was conducted in the Swine Sector of the Federal University of Lavras, Minas Gerais. The noise levels were measured manually using a digital sound level meter. The farrowing house was internally divided into 36 equidistant points. The collection of noise levels was always performing in the afternoon. The geostatistic was used to evaluate the spatial dependence of the collection points. Spatial distribution maps of noise levels were generated into the facility, using the method of kriging. Based on the results, the highest frequencies of noise levels are concentrated between 60 and 70 dB, which are being higher noise values were observed close to the fans. Noise levels of spatial a provides to obtain more detailed information about the system studied.

**KEYWORDS:** pig farming, animal welfare, spatial distribution

## **INTRODUÇÃO:**

A necessidade a nível mundial do aumento na produção de alimentos tem levado a adoção de sistemas intensivos de produção animal. A intensificação na produção de suínos no Brasil a partir da década de 1970, caracterizada pela redução de espaço, de movimentação e interações entre os animais, tem ocasionado como desvantagem a redução do bem-estar dos animais (Carvalho et al., 2013). Nesse âmbito, é cada vez mais importante e necessário que se busque o desenvolvimento e adequação de tecnologias voltadas ao bem-estar e conforto nessas instalações, bem como sejam desenvolvidos mecanismos de avaliação das mesmas.

Os níveis de pressão sonora emitidos pelos animais vêm sendo estudados por diversos pesquisadores, que buscam maneiras de estabelecer padrões de sons emitidos pelos mesmos conforme as situações experimentadas por estes. Conforme BORGES et al. (2010), esses trabalhos almejam uma resposta não invasiva do animal, visando a sua futura utilização como “biossensor”, que atrelado aos comportamentos dos animais pode funcionar como um método auxiliar para a tomada de decisão, buscando obterem-se níveis produtivos satisfatórios, e proporcionar condições ideais de bem-estar aos animais.

SAMPAIO et al. (2007) avaliaram o nível de ruído emitido pelos animais em galpões de creche e terminação, buscando estimar os riscos de exposição ocupacional. SILVA et al. (2007) examinaram a estimativa de ruídos em um galpão de creche de suínos, determinando sua correlação com dados de temperatura e umidade relativa do ar. BORGES et al. (2010) estudaram a influência da distribuição de decibelímetros na aquisição automática dos níveis de pressão sonora em uma creche de suínos. SILVA-MIRANDA et al. (2012) analisaram o efeito das variáveis ambientais nos níveis de ruídos emitidos por suínos. CASTRO et al. (2013) avaliaram o ruído em celas de maternidade para suínos com divisórias de alvenaria ou com rochas de ardósia.

Conforme YAMAMOTO & LANDIM (2013), os métodos geostatísticos fornecem um conjunto de técnicas necessárias para entender a aparente aleatoriedade dos dados, podendo estes apresentar, porém, uma estruturação espacial, estabelecendo dessa forma, uma função de dependência espacial. De acordo com MEDEIROS et al. (2014), a geoestatística é uma ferramenta que possibilita a interpretação dos resultados baseada em sua variabilidade espacial, com a utilização da modelagem de dependência espacial das variáveis através da semivariância.

Esta ferramenta vem sendo utilizada em diversos trabalhos voltados à caracterização e espacialização dos níveis de pressão sonora emitidos pelos animais em instalações. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar os níveis de ruído em uma maternidade de suínos durante as três primeiras semanas de vida dos animais, utilizando a técnica de geoestatística.

## **MATERIAL E MÉTODOS:**

Este trabalho foi realizado numa Maternidade do Centro Experimental de Suínos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, no período de outubro a novembro de 2015, compreendendo um ciclo completo dos leitões na maternidade. A instalação localiza-se na Mesorregião do Vale das Vertentes, latitude 21° 14' S longitude 45° 00' O e altitude 920 m, com clima, de acordo com a classificação de Köppen, classificado como Cwa (temperado úmido, com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com inverno seco e temperatura do mês mais quente maior que 22 °C).

A instalação de maternidade utilizada neste experimento apresentava as seguintes características construtivas: dimensões de 8,26 m de largura e 8,40 m de comprimento (medidas internas), pé-direito de 2,15 m, telhado em duas águas, estruturado em madeira e coberto com telhas cerâmicas. No interior da mesma estavam instaladas 05 baias, com 1,80 m

de comprimento por 1,35 m de largura, ligadas a escamoteadores de 1,00 m de comprimento por 0,68 m de largura.

No interior da maternidade, a área interna foi dividida em 36 pontos equidistantes de coleta do ruído. Durante o período de 21 dias, correspondente a um ciclo completo dos leitões na maternidade, foram coletados dados pontuais de níveis de pressão sonora, em decibéis – dB (A), sendo utilizado um decibelímetro digital com precisão de  $\pm 0,01$  dB (A). As medições foram realizadas em intervalos regulares de três dias durante todo o ciclo de maternidade, manualmente e sempre no período tarde, aproximadamente às 14:00 horas. Para cada ponto foram realizadas três repetições em cada coleta, sendo utilizada a média aritmética na composição dos dados amostrais. Definiu-se como 1,00 m a altura de coleta dos níveis de ruído, sendo esta compatível com a altura do centro geométrico dos animais adultos no interior de cada baia, buscando interferir ao mínimo no comportamento dos animais. A malha de coleta dos níveis de pressão sonora é apresentada na Figura 1.

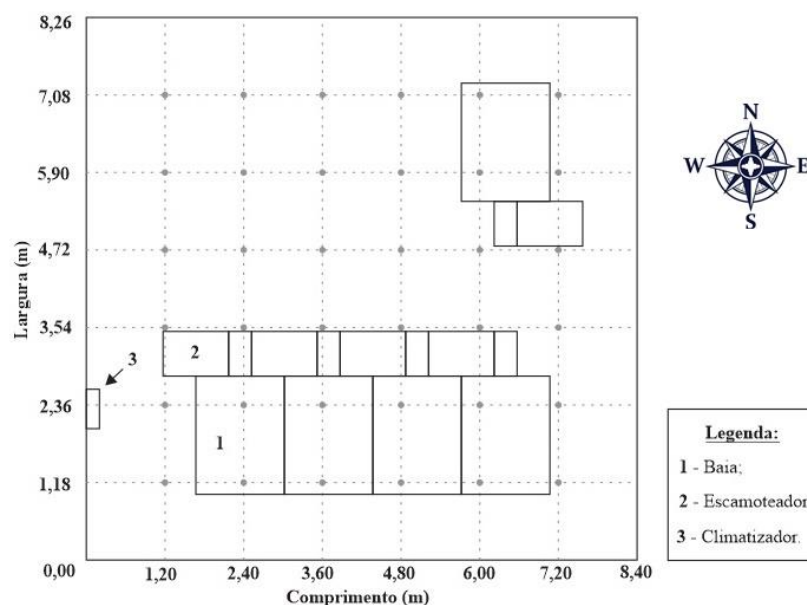


Figura 1: Pontos de coleta do nível de ruído no interior da maternidade de suínos

Para verificar a distribuição espacial dos níveis de ruído no interior da instalação, prever os níveis de ruído e verificar se havia dependência entre os pontos de coleta, foi utilizada a técnica da geoestatística. A análise geoestatística foi realizada utilizando o sistema computacional R Development Core Team (2015), por meio da biblioteca geoR (RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, 2001).

A dependência espacial do nível de ruído no interior da instalação durante a fase de maternidade foi averiguada por ajustes de semivariograma e interpolação por krigagem ordinária. A estimação do semivariograma foi realizada através da Equação 1 (BACHMAIER & BACKERS, 2008):

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

Onde:  $N(h)$  corresponde ao número de pares experimentais de observações  $Z(X_i)$  e  $Z(X_i + h)$  separados por uma certa distância  $h$ .

A partir do ajuste de um modelo matemático para os valores calculados de  $\hat{\gamma}(h)$ , foram obtidos os coeficientes do modelo teórico para semivariograma chamados de efeito pepita -  $C_0$ , patamar -  $C_0 + C_1$ , e o alcance -  $a$ , conforme retratado por BACHMAIER & BACKERS (2008).

A dependência espacial do nível de ruído foi determinada pelo produto entre o efeito pepita ( $C_0$ ) e o patamar ( $C_0 + C_1$ ), multiplicando por 100. A análise desta dependência foi realizada utilizando a classificação de CAMBARDELLA et al. (1994). Em tal classificação considera-se com forte dependência espacial os semivariogramas que têm efeito pepita inferior a 25% do patamar, moderado entre 25% e 75% e baixo quando superior a 75%.

O método utilizado para ajuste do semivariograma foi o de Máxima Verossimilhança Restrita (REML), sugerida para pequenos agrupamentos de dados. Neste método, em vez de serem trabalhados os dados originais, são utilizadas combinações de dados e conforme MARCHANT & LARK (2007), os componentes aleatórios e determinísticos de variação são calculados com menor tendência através do uso do mesmo. Para o ajuste do semivariograma experimental, foram testados os modelos Gaussiano e Esférico.

Para a visualização da espacialização dos níveis de ruído no interior da instalação, foi realizada a interpolação ordinária dos dados, por intermédio da técnica de krigagem. Este método foi utilizado para prever os níveis de ruído em locais não amostrados no interior da maternidade de suínos. A partir dos dados interpolados foram gerados mapas de superfície de resposta, utilizando-se o programa SigmaPlot®, versão 12.0.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

De posse dos dados coletados e por intermédio da técnica de krigagem, possibilitou-se prever os níveis de ruído em toda a instalação. A partir desses dados, foram gerados mapas de distribuição dos níveis de pressão sonora, em dB (A), para os sete dias de coleta realizados durante o ciclo em que os animais permaneceram na instalação, conforme apresentado na Figura 2.

Pela Figura 2, pode-se visualizar que para todos os dias de coleta houve grande variabilidade do nível de ruído no interior da instalação. Deste modo, foram encontrados valores de pressão sonora com intervalo de variação entre o valor máximo e o valor mínimo registrados não superiores à 8,5 dB (A), havendo mesmo dias com intervalo de variação próximo à 3,5 dB (A). Ademais, pode-se verificar que nos locais da instalação onde se encontravam as baias com os animais foram encontrados valores mais elevados de níveis de pressão sonora. Isso se deve ao fato de que durante a maioria do tempo dessas coletas, os leitões estavam mamando ou interagindo entre si, provocando uma certa concentração do nível de ruído nas proximidades. Conforme observado por Ferreira et al. (2007) ao avaliar o comportamento de leitões nas primeiras 24 horas de vida, os animais passaram mais da metade do tempo de seu primeiro dia de vida mamando.

Os mapas apresentados na Figura 2 mostram ainda que, ao longo do ciclo, alguns outros locais apresentaram níveis médios de pressão sonora mais elevados ou próximos aos encontrados nos locais onde se encontravam as baias, destacando-se as proximidades da localização do climatizador de ar centrifugo. Em função da elevada temperatura no período tarde, para a maioria dos dias do ciclo de maternidade, o climatizador de ar centrifugo instalado no local precisou ser ligado, buscando proporcionar aos animais condições de conforto térmico favoráveis. Conforme pode ser observado pelas Figuras 2a, 2c, 2e e 2f, o climatizador de ar centrifugo apresentava-se ligado, contribuindo para a elevação dos níveis de ruído em suas proximidades e ao longo de sua linha de atuação.

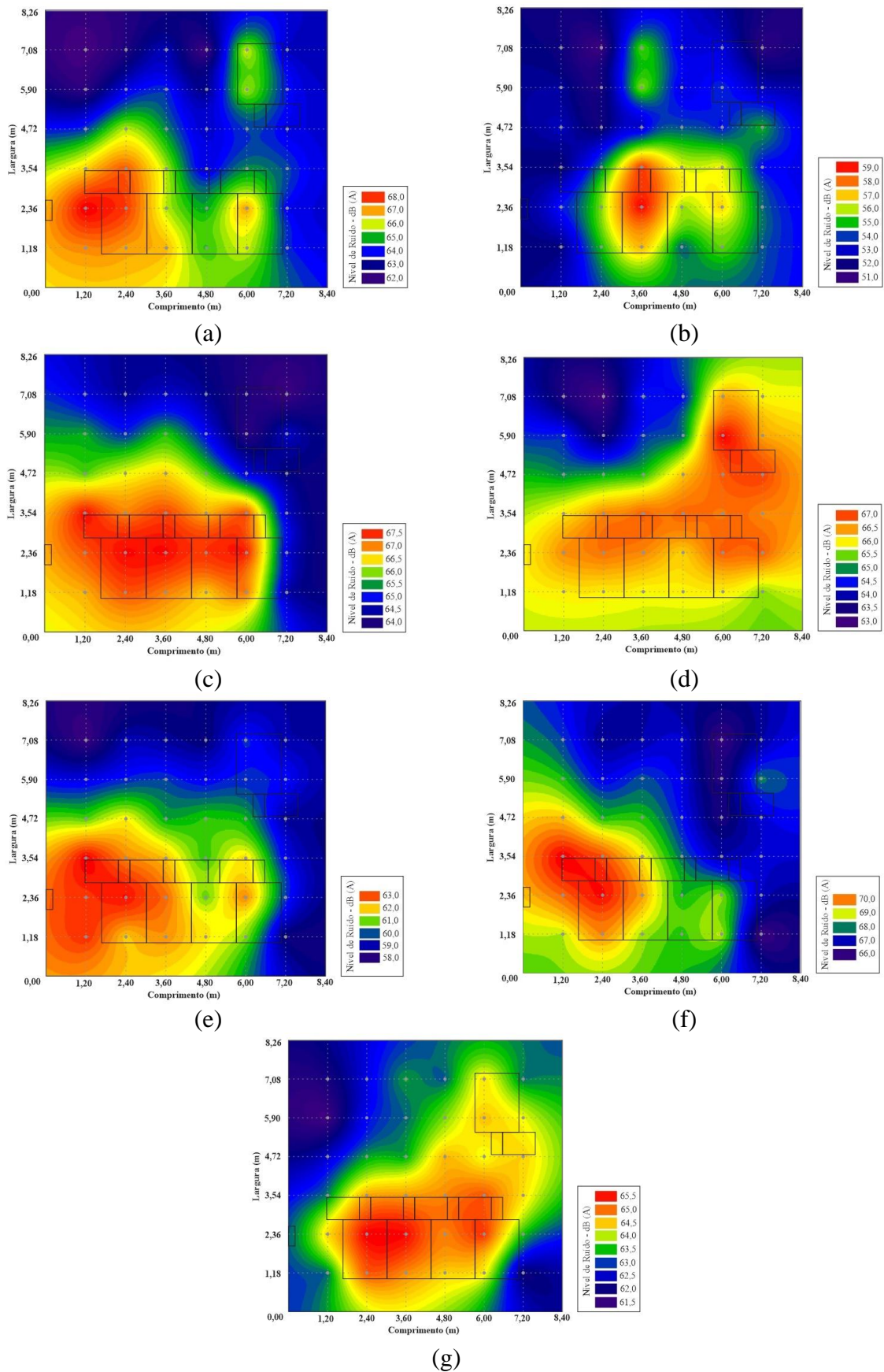


Figura 2: Distribuição espacial do nível médio de ruído, em dB (A), no: (a) 1°, (b) 4°, (c) 7°, (d) 10°, (e) 13°, (f) 16° e (g) 19° dias de vidas dos animais.

Para a maioria dos dias de coleta os semivariogramas se ajustaram ao Modelo Esférico, diferindo apenas o 7º dia, cujo semivariograma ajustou-se ao Modelo Gaussiano (Tabela 1). Conforme a classificação sugerida por CAMBARDELLA et al. (1994) para o grau de dependência espacial (GDE), foi observado que houve forte dependência espacial entre os pontos de coleta para todos os dias em que foram realizadas coletas. Ao analisar o alcance, que se refere à extensão espacial sobre o qual a variável está correlacionada (CRESSIE, 1993), pode-se verificar que em para todos os dias em que foram amostrados dados de ruído pontos se correlacionaram com outros pontos a distâncias consideráveis de sua localização. Os maiores valores de alcance encontrados referiram-se ao 7º e 13º dias, com alcances de 8,2135 m e 8,4010 m, respectivamente. Observa-se ainda que houve uma variação considerável, variando entre 3,6400 m para o 16º dia de coleta e 8,4010 m para o 10º dia de amostragem.

TABELA 1. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para o nível de ruído no interior da instalação de maternidade de suínos ao longo do ciclo de maternidade.

Dia	Método	Modelo	C0	C1	C0 + C1	a	GDE
1	REML	Esférico	0,0000	4,4800	4,4800	6,7060	0,000
4	REML	Esférico	0,7700	4,0500	4,8200	5,5960	15,98
7	REML	Gaussiano	0,2517	2,7601	3,0118	8,2135	8,360
10	REML	Esférico	0,0000	0,9908	0,9908	5,7556	0,000
13	REML	Esférico	0,0000	3,1640	3,1640	8,4010	0,000
16	REML	Esférico	0,0000	1,2570	1,2570	3,6400	0,000
19	REML	Esférico	0,0000	1,1820	1,1820	5,8560	0,000

C0 – Efeito Pepita; C1 – Contribuição; C0+C1 – Patamar; a – Alcance prático; e GDE – Grau de dependência espacial.

## CONCLUSÕES:

A utilização da geoestatística possibilitou a verificação da existência de dependência espacial forte entre os pontos em que foi realizada a coleta dos níveis de ruído. A interpolação por krigagem viabilizou a plotagem de mapas de distribuição espacial dos níveis médios de ruído no interior da instalação para todo o ciclo dos animais na maternidade, possibilitando observar expressiva variabilidade espacial do nível de ruído no interior da instalação. Os níveis de ruído mais elevados foram observados para o período de amamentação dos leitões ou nos locais próximos onde se encontravam as baias com os animais e nas proximidades do climatizar de ar.

## AGRADECIMENTOS:

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.

## REFERÊNCIAS:

- BACHMAIER, M; BACKERS, M. Variogram or semivariogram? Understanding the variances in a variogram. *Precision Agriculture*, Dordrecht, v. 9, fev. 2008.
- BORGES, G.; MIRANDA, K. O. S.; RODRIGES, V. C.; RISI, N. Uso da geoestatística para avaliar a captação automática dos níveis de pressão sonora em instalações de creche para suínos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.3, p.377-385, 2010.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, 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.
- CARVALHO, C. M. C., ANTUNES, R. C., CARVALHO, A. P., CAIRES, R. M. Bem Estar na Suinocultura. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 11, nº 2, p. 2272, 2013.
- CASTRO, J. O., CAMPOS, A.T., FERREIRA, R.A., YANAGI JUNIOR, T., TADEU, H.C. Uso de ardósia na construção de celas de maternidade para suínos: II - ambiente térmico e avaliação dos ruídos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 33, p. 37-45, 2013.
- CRESSIE, N. *Statistics for spatial data*. New York: J. Wiley, 1993. 900 p.
- FERREIRA, R. A.; CHIQUIERI, J.; MENDONÇA, P. P.; MELO, T. V.; CORDEIRO, M. D.; SOARES, R. T. R. Comportamento e parâmetros fisiológicos de leitões nas primeiras 24 horas de vida. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1845-1849, 2007
- MARCHANT, B. P.; LARK, R. M. Robust estimation of the variogram by residual maximum likelihood. *Geoderma*, Amsterdam, v. 140, n. 1-2, p. 62–72. abr. 2007.
- MEDEIROS, B. B. L., MOURA, D. J., MASSARI, J. M., CARVALHO, T. M. R., MAIA, A. P. A. Uso de geoestatística na avaliação de variáveis ambientais em galpão de suínos criados em sistema 'wean to finish' na fase de terminação. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 34, n.5, p.800-811, 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.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 13 mai. 2015.
- SAMPAIO, C.A.P.; NÄÄS, I.A.; SALGADO, D.D.; QUEIRÓS, M.P.G. Avaliação do nível de ruído em instalações para suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.4, p.436-440, 2007.
- SILVA, K.O.; NÄÄS, I.A.; TOLON, Y.B.; CAMPOS, L.S.L.; SALGADO, D.D. Medidas do ambiente acústico em creche de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.3, p.339-344, 2007.
- SILVA-MIRANDA, K. O., BORGES, G., MENEGALE, V. L. C., SILVA, I. J. O. Efeito das

condições ambientais no nível de ruído emitido por leitões. Engenharia Agrícola Jaboticabal, v. 32, n.3, p.435-445, 2012.

YAMAMOTO, J. K., LANDIM, P.M.B. Geoestatística: conceitos e aplicações. 1.<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2013. v. 1. 215p