

# USO DA GEOESTATÍSTICA PARA AVALIAR A CAPTAÇÃO AUTOMÁTICA DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM INSTALAÇÕES DE CRECHE PARA SUÍNOS

GISELLE BORGES<sup>1</sup>, KESIA O. DA S. MIRANDA<sup>2</sup>, VALÉRIA C. RODRIGUES<sup>3</sup>,  
NATALIA RISI<sup>4</sup>

**RESUMO:** Este trabalho teve o objetivo de estudar a influência da distribuição de decibelímetros na captação automática dos níveis de pressão sonora, em ambiente de produção intensiva de suínos. O experimento foi conduzido em sala do setor de creche de uma granja comercial de suínos situada no município de Monte Mor, Estado de São Paulo. A sala foi dividida em dez quadrantes idênticos, e os decibelímetros foram instalados no centro geométrico de cada quadrante. Utilizou-se a geoestatística para avaliar a dependência espacial entre os decibelímetros e para prever os níveis de pressão sonora em locais onde estes não foram instalados. Os dados foram analisados pela correlação entre os decibelímetros e por intermédio da geoestatística, que possibilitou afirmar que não houve dependência espacial entre os pontos de registro dos níveis de pressão sonora. Por intermédio da interpolação dos pontos de captura utilizando o processo de krigagem, foi possível prever os níveis de pressão sonora nos locais onde não havia decibelímetros no interior da instalação. Verificou-se homogeneidade de propagação dos níveis de pressão sonora no interior da instalação, concluindo que, para o ambiente avaliado, o uso de somente um equipamento para o registro automático dos níveis de pressão sonora é suficiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** níveis de ruídos, suínos, vocalização, metodologia, decibelímetros.

## GEOSTATISTICS TO EVALUATE THE AUTOMATIC ACQUISITION OF SOUND PRESSURE LEVELS IN PIG NURSERY FACILITIES

**ABSTRACT:** The objective of this work was to study the influence of decibelimeters distribution in the automatic acquisition of sound pressure levels in pig nursery facilities. The experiment was conducted in a nursering room of a commercial swine's facility situated in the city of Monte Mor, State of São Paulo, Brazil. The room was divided in ten identical quadrants and the geometrical center of each quadrant was installed the decibelimeters. Geostatistics was used to evaluate the spatial dependence among the decibelimeters and to predict sound pressure levels in the places that they were not installed. Data were analyzed by the correlation among decibelimeters and through geostatistics, being possible to affirm that there was no spatial dependence between recording points of the sound pressure levels. Through interpolation of registration points using kriging process, was possible to predict sound pressure levels in places with no decibelimeters inside the facility. It was verified homogeneity in the sound pressure levels propagation inside the facility, concluding that to the evaluated environment, the use of only one equipment to the automatic registration of sound pressure levels is enough.

**KEYWORDS:** noise levels, swine, vocalization, methodology, decibelimeter.

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup> Agrícola, Pesquisadora do NUPEA, Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ-USP, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba - SP, Fone (0XX19) 3447.8566, giborges.mg@gmail.com

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup> Agrícola, Profa. Dra., Departamento de Engenharia de Biosistemas, Vice-Coordenadora do NUPEA, ESALQ-USP.

<sup>3</sup> Física Teórico Experimental, Pesquisadora do NUPEA, ESALQ-USP.

<sup>4</sup> Médica Veterinária, Pesquisadora do NUPEA, ESALQ-USP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 25-8-2008

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 4-1-2010

## INTRODUÇÃO

Para melhor avaliar o ambiente de produção animal, têm-se buscado o auxílio de métodos inovadores, ferramentas não invasivas de avaliação e controle do bem-estar em ambiente confinado.

Dentre os diferentes mecanismos de avaliação, desponta como tecnologia inovadora de indicativo comportamental os registros e estudos dos níveis de pressão sonora emitidos por um grupo de animais. Com isso, o uso de metodologia adequada e confiável para registro dos dados torna-se imprescindível para uma análise com maior exatidão.

O estudo dos níveis de pressão sonora emitidos por um grupo de animais confinados e a vocalização vem sendo utilizado como alternativa de se estabelecerem alguns padrões de sons emitidos pelos animais, de forma individual, com a finalidade de caracterizar alguma situação, como, por exemplo, identificar a ocorrência de tosse em suínos na fase de terminação, a fim de se estabelecer um critério sanitário mais adequado (HIRTUM & BERCKMANS, 2003). JENSEN & ALGERS (1984) estudaram a vocalização de leitões para expressar os diferentes tipos de comportamento durante o período de amamentação, e, conseqüentemente, WEARY et al. (1999) avaliaram a vocalização dos leitões, durante o processo de separação de suas mães. Outro comportamento bastante estudado é o da porca liberando o leite aos leitões, e a vocalização emitida pela mesma (ILLMANN et al., 1999; RISI, et al., 2007) e o comportamento de dor (MARX et al., 2003).

Os trabalhos buscam uma resposta não invasiva do animal, seja por pressão sonora (ruído), seja pela vocalização, com o intuito de utilizá-lo futuramente como um “biossensor”. Utiliza-se da somatória dos comportamentos dos animais, frente às adversidades em um sistema de produção intensiva, como ferramenta auxiliar na tomada de decisão a fim de se atingirem níveis produtivos satisfatórios, proporcionando aos animais condições ideais de bem-estar.

Após uma vasta revisão na literatura, não foram encontradas metodologias que captam, de forma automática, os níveis de pressão sonora dos animais, porém alguns autores que desenvolveram pesquisas utilizando a pressão sonora descreveram o uso do decibelímetro como um equipamento utilizado no experimento, mas não foi realizado um estudo prévio para afirmar se a utilização de apenas um equipamento seria relevante e preciso para capturar o nível sonoro em todo ambiente.

SAMPAIO et al. (2007) instalaram, no centro geométrico de galpões de creche e terminação de suínos, um medidor de pressão sonora (decibelímetro) para captar os níveis de ruídos no interior da instalação e avaliar o risco de exposição ocupacional do trabalhador envolvido na atividade.

SILVA et al. (2007) objetivaram estudar a estimativa de ruídos em um galpão de creche de suínos e sua correlação com dados de temperatura e umidade relativa. Os autores dividiram o galpão em células quadrantes (de 2 x 2 m<sup>2</sup>), e os dados de pressão sonora (ruído) foram registrados, manualmente, no centro geométrico de cada quadrante, sendo conduzido de forma não simultânea. Os autores não conseguiram encontrar correlação entre os níveis de pressão sonora e as variáveis climáticas, porém conseguiram estabelecer um perfil do nível de pressão sonora para o ambiente estudado. A metodologia de registro talvez tenha influenciado para que não houvesse correlação entre as variáveis estudadas, devido à presença humana no ambiente dos suínos, alterando o modo normal de os animais expressarem seu comportamento.

São escassas as metodologias para a captação automática dos níveis de pressão sonora dos animais durante sua fase de criação, não existindo afirmações concretas para número e tipo de decibelímetro ideal, que devam ser utilizados para registro do nível sonoro emitido pelos animais, podendo assim comprometer dados de pesquisa encontrados.

Sabe-se que, para avaliar o nível de pressão sonora no ambiente de produção, os decibelímetros devem possuir um sistema de armazenamento dos dados (*datalogger*), facilitando sua inserção no ambiente produtivo, sem a necessidade de o pesquisador manusear o equipamento

para adquirir os dados e alterar o modo como os animais respondem ao ambiente ao qual está inserido. Isto se deve ao fato de estudos dos níveis de pressão sonora emitidos por um grupo de animais serem recentes no meio científico, e a busca por uma metodologia adequada de aquisição de medidas de pressão sonora (captação) é de fundamental importância para o registro dos dados com maior precisão. Com base nas informações apresentadas, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da distribuição de decibelímetros na aquisição automática dos níveis de pressão sonora, em ambiente de produção intensiva de suínos, na fase de creche.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada durante o mês de setembro de 2007, em uma granja comercial de produção de suínos (Granja Mamy), localizada no município de Monte Mor - SP, situado a 22°33' de latitude sul e a 47°11' de longitude oeste (Greenwich) e altitude média de 560 m, com a predominância do clima Cwa pela classificação de Köppen. Durante o período de 10 dias, foi testada a distribuição de dez decibelímetros para a captação dos níveis de pressão sonora (ruídos), em decibéis (dB), em uma sala de creche de suínos, conforme descrito de acordo com o croqui apresentado na Figura 1.

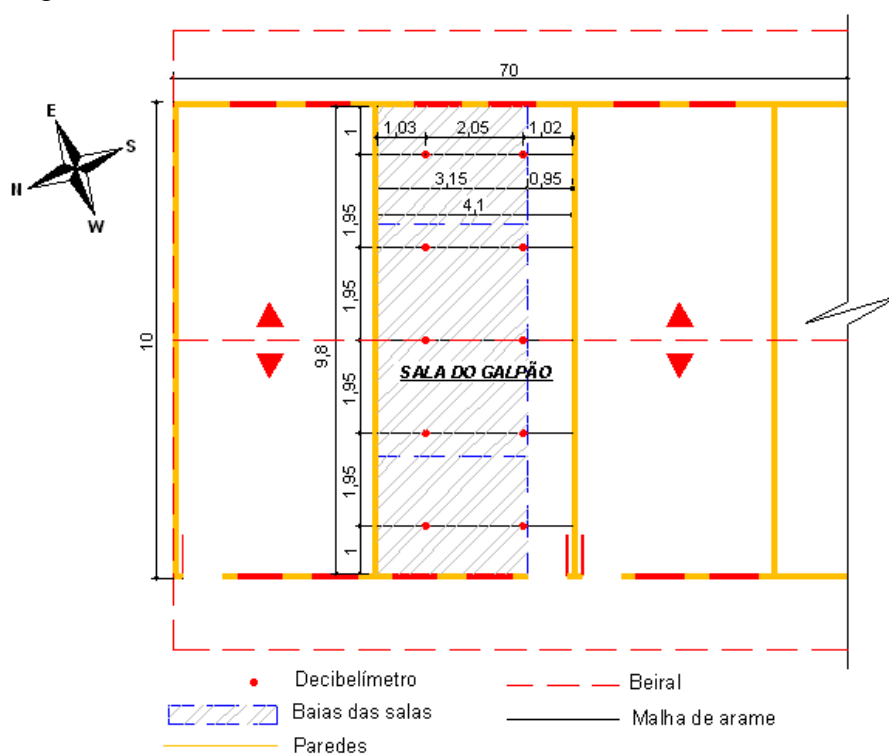


FIGURA 1. Croqui de distribuição e a posição dos decibelímetros na sala de creche. **Layout's sketch of distribution and location of decibelimeters in the nursering room.**

A sala de creche utilizada para o experimento (Figura 2a) apresenta dimensões de 9,80 m de comprimento por 4,10 m de largura (medidas internas), pé-direito de 3,60 m, telhado estruturado em madeira e cobertura de telhas de cimento amianto (sem forro), quatro janelas metálicas de 1m de largura por 1m de altura, uma porta metálica de 0,85 m de largura por 2,10 m de altura.

A sala possui um corredor lateral de 0,95 m de largura em toda sua extensão, quatro baias suspensas a uma altura de 0,60 m do piso da sala, e o galpão é subdividido em 16 salas individuais, sem comunicação lateral entre as mesmas.



(a)

(b)

FIGURA 2. (a) Experimento instalado no interior da sala de creche. Detalhe para os decibelímetros armazenando o nível de ruído dos animais de forma automática. (b) Foto do interior da sala de creche utilizada no experimento. Detalhe das baias suspensas e dos tipos de piso. **(a) Experiment installed within nursering room. Detail for decibelimeters recording automatically the animal noise levels. (b) Inside the nursering room used for the experiment. Detail for the high pens and types of floor.**

Os leitões eram criados da idade de 21 a 55 dias, em grupos de 48 animais, separados em 12 por baia. As baias possuem dimensões de 3,15 m de largura por 2,45 m de comprimento, sendo separadas por grades metálicas com 0,65 m de altura, e o piso das mesmas era subdividido em concreto áspero, ripado de material plástico e lâmina d'água em toda a extensão da sala, conforme ilustrado na Figura 2b.

### Instalação e programação dos equipamentos

O decibelímetro utilizado foi da marca Minipa<sup>®</sup>, modelo MSL 1352C, tipo *datalogger*, com capacidade de armazenamento de 32.000 registros (MINIPA, 2002). Para a distribuição dos decibelímetros no interior da sala, uma malha suspensa foi instalada, sendo composta por cinco fios em arame liso a uma altura de 1,40 m do piso das baias. A instalação da malha suspensa fez-se necessária para a locação dos equipamentos que foram utilizados no experimento, para que os mesmos não estivessem acessíveis e, ao mesmo tempo, próximos aos animais, para maior precisão no registro dos dados. Foi necessária a instalação de pontos de energia elétrica (tomadas) no interior das salas para o funcionamento adequado dos decibelímetros, pois sua bateria interna não foi suficiente para mantê-los funcionando durante 10 dias de registros ininterruptos.

No interior da sala de creche, a área interna foi dividida em 10 quadrantes idênticos de 2,05 m de largura por 1,96 m de comprimento (Figura 3) para a instalação dos decibelímetros no centro geométrico dos quadrantes, a uma distância mínima de 1 m de quaisquer superfícies, como paredes, teto, pisos (ABNT, 2000).

Os decibelímetros foram programados para armazenar os dados a cada minuto (leitura espontânea), pois o equipamento não fornece outra opção de intervalo de registro dos dados. Foi adotada como configuração do equipamento à captura dos dados sonoros, utilizando o nível de ponderação "C", ou seja, com esta configuração, é possível captar os dados de pressão sonora sem a utilização dos filtros que estão inseridos nos decibelímetros, podendo, assim, captar sons de baixa frequência (FERNANDES, 2000; GERGES, 2000). Os decibelímetros utilizados neste experimento também possuem, em sua configuração, o nível de ponderação "A", porém esta é mais utilizada para captar os ruídos de forma similar à que é audível pelo ouvido humano. A escala do nível sonoro adotada foi a automática, na faixa de 30dB a 130dB, e a seleção do tempo de resposta da leitura adotada foi o modo "SLOW", pois capta os níveis de ruídos contínuos ou intermitentes, conforme discrimina a Norma Regulamentadora NR-15 (BRASIL, 1978).

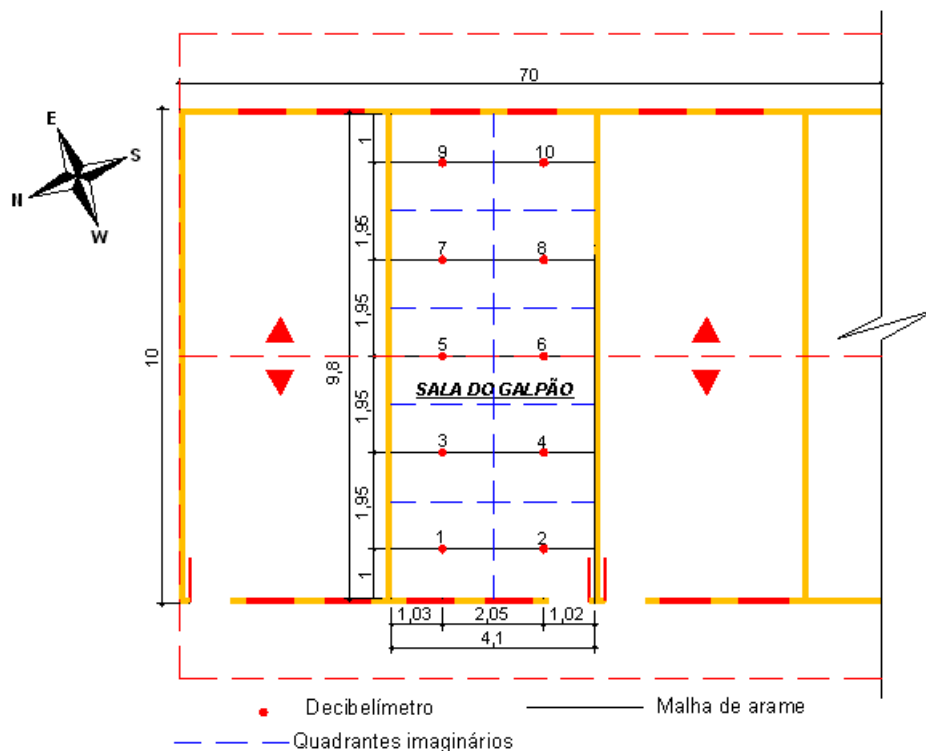


FIGURA 3. Disposição dos decibelímetros no interior da sala de creche. **Decibelimeters location in the nursering room.**

### Análise estatística

Para os dados adquiridos, foi utilizada a geoestatística (DIGGLE & RIBEIRO JÚNIOR, 2006) para a busca de informação quanto à dependência espacial entre os pontos de registro dos níveis de pressão sonora (ruído) e predição dos níveis de pressão sonora em toda a sala de creche, baseando-se em dados registrados nos pontos preestabelecidos por coordenadas no interior da sala. Os dados foram analisados utilizando o software estatístico R (R DEVELOPMENT TEAM, 2006).

Os modelos adotados para a posterior predição de dados de pressão sonora, em toda a sala de confinamento dos suínos foram: modelo linear; modelo linear de primeira ordem, sem efeito de direção leste-oeste; modelo linear de segunda ordem, sem efeito de direção norte-sul.

O semivariograma referente ao último modelo apresentou maior estabilidade de curva de modo descendente para todos os dias analisados. Esse modelo, *a priori*, poderá apresentar um padrão de dependência espacial. Conforme DIGGLE & RIBEIRO JÚNIOR (2006), apesar da análise feita, convém outras análises para a escolha do modelo. Assim, foi empregado o método da Máxima Verossimilhança para a adoção de um modelo que caracterize a dependência espacial dos dados apresentados. Os valores para os modelos 1; 2 e 3, foram, respectivamente: -8,48; -8,47 e -6,20. O modelo 3 foi escolhido por apresentar o maior valor, e isto se repetiu para os demais dias de registro de dados. Para que o modelo 3 pudesse predizer os dados, os parâmetros encontrados pelo programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006) foram adotados. A sala de creche foi delimitada por coordenadas X e Y, bem como a distribuição dos decibelímetros no interior da sala (Figura 4).

As análises de correlação foram elaboradas utilizando o software estatístico SAS<sup>®</sup> (SAS INSTITUTE, 2004) entre os pontos de registro, ou decibelímetros, para avaliar o quanto os níveis de pressão sonora (ruído) se mostravam desiguais em cada equipamento.

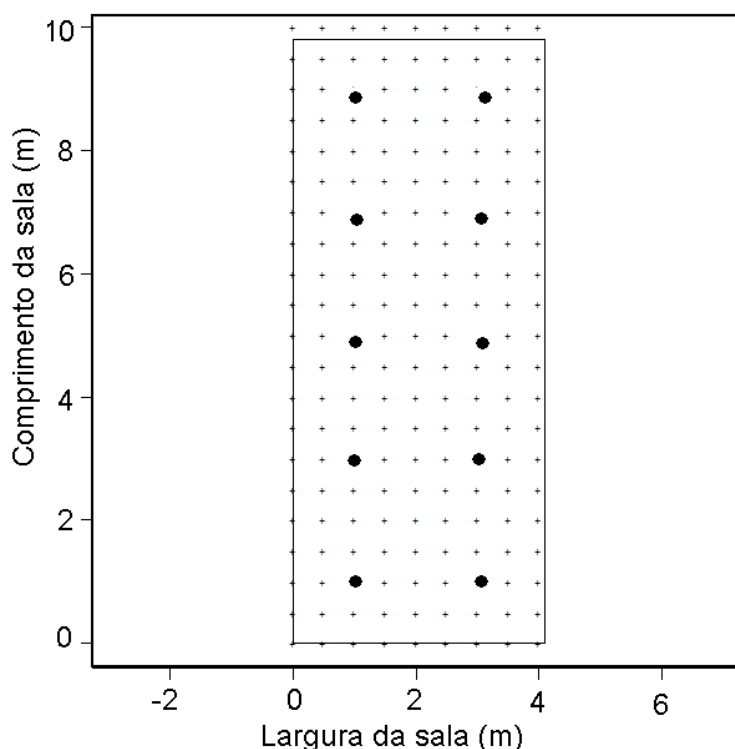


FIGURA 4. Malha de pontos, gerada para definir os limites da área da sala de creche e definir os pontos de registro de dados, para posterior krigagem. **Mesh points to define the area limits of the nursering room and define the record point's data for subsequent kriging.**

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise da distribuição espacial dos decibelímetros

Os valores preditos de pressão sonora (Figura 5) situaram-se na faixa de 56,28 e 56,82 dB, a diferença de 0,60 dB entre o valor mínimo e o máximo registrado no interior da sala mostra a homogeneidade dos dados no sentido do comprimento da instalação, podendo ser um indicativo de ausência de dependência espacial entre os pontos de registro.

Os dados apresentaram uma distribuição homogênea quanto à pressão sonora em toda a sala, o que era esperado, devido à sala apresentar dimensões relativamente pequenas, e os decibelímetros situaram-se próximos uns dos outros.

A partir dos pontos de captura dos dados, foi possível prever o nível de pressão em toda a sala estudada, por intermédio da krigagem desses pontos. Foi possível distinguir visualmente, na Figura 5, os locais de maior concentração de animais nas baias devido ao maior nível de pressão sonora encontrado.

A krigagem foi uma técnica fundamental para ilustrar os padrões de distribuição dos níveis de pressão sonora pela sala, sendo um auxiliar para verificar de forma visual o quanto os registros de dados em cada decibelímetro diferiram entre si.



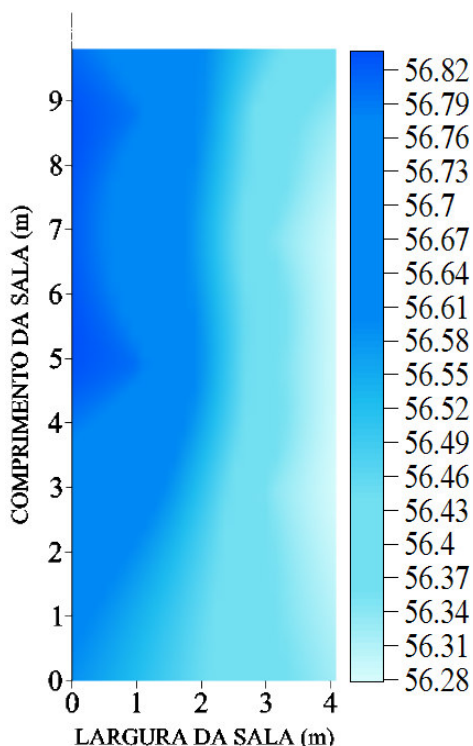


FIGURA 5. Mapa de Krigagem gerado a partir dos dados de pressão sonora (ruído) captados pelos decibelímetros. **Kriging map generated from the sound pressure (noise) data recording by decibelimeters.**

### Análise de correlação entre os decibelímetros

Com a utilização da geoestatística, não foram encontradas dependências espaciais entre os pontos de registro, o que permite a análise dos dados de maneira clássica, utilizando a estatística convencional.

Os dados foram analisados com o auxílio do software estatístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2004), utilizando a rotina de procedimento de correlação (*procCORR*) para a análise da correlação de Pearson. Os resultados são apresentados na Tabela 1. Com a análise de correlação, foi possível verificar a igualdade entre os dados registrados em cada decibelímetro no interior da sala de creche de suínos.

Verificou-se elevada correlação entre o decibelímetro na posição de nº 1 e os demais locais nas posições de nº 2 a 10, apresentando valores na faixa de 0,74 – 0,99, sendo os valores captados individualmente pelos decibelímetros, significativos a 5% de probabilidade.

Essa relação foi devido ao fato da homogeneidade de distribuição do som num ambiente relativamente de pequenas dimensões, o que possibilita o uso de um número menor de decibelímetros para o mesmo fim, e descarte dos que apresentarem defeitos.

Dentre todas as correlações, as mais baixas foram representadas pelo decibelímetro na posição de nº 5, em relação aos demais, fato ocorrido devido a problemas no equipamento, após sua instalação no campo, pois essa diferença não foi constatada em testes feitos em laboratório antes de levá-los para o campo. O posicionamento de cada decibelímetro foi apresentado na Figura 5 e, apesar de a distância entre os equipamentos variar de 1,95 a 8,0 m, pôde-se perceber que, para a instalação estudada, a propagação da pressão sonora captada em cada equipamento apresentou valores próximos entre si, o que pode ser um indicativo para se reduzir a quantidade de equipamentos para a perfeita captação dos níveis de pressão sonora no interior da instalação.

TABELA 1. Correlação entre os níveis de pressão sonora registrados nos decibelímetros.  
**Correlation between sound pressure levels recorded by decibelimeters.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1									
2	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	1								
3	0,97** < 10 <sup>-4</sup>	0,98** < 10 <sup>-4</sup>	1							
4	0,95** < 10 <sup>-4</sup>	0,96** < 10 <sup>-4</sup>	0,99 < 10 <sup>-4</sup> **	1						
5	0,79** 0,007	0,78** 0,0081	0,63* 0,0496	0,59 NS 0,0739	1					
6	0,75* 0,0129	0,76* 0,0103	0,88** 0,0009	0,90** 0,0004	0,19 NS 0,5984	1				
7	0,84** 0,0023	0,85** 0,0016	0,94** < 10 <sup>-4</sup>	0,95** < 10 <sup>-4</sup>	0,34 NS 0,3278	0,98** < 10 <sup>-4</sup>	1			
8	0,98** < 10 <sup>-4</sup>	0,98** < 10 <sup>-4</sup>	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	0,66* 0,0385	0,86** 0,0014	0,93** < 10 <sup>-4</sup>	1		
9	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	0,97** < 10 <sup>-4</sup>	0,75* 0,0134	0,79** 0,006	0,88** 0,0008	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	1	
10	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	0,93** < 10 <sup>-4</sup>	0,91** 0,0003	0,87* 0,0012	0,65* 0,0415	0,76* 0,0102	0,94** < 10 <sup>-4</sup>	0,98** < 10 <sup>-4</sup>	1

NS - não significativo; \* - significativo a 5% de probabilidade; \*\* - significativo a 1% de probabilidade.

Dessa forma, torna-se possível limitar o número de decibelímetros empregados em experimentos para a captação dos níveis sonoros dos animais, devido à homogeneidade de aquisição. Pôde-se afirmar que a quantidade de decibelímetros utilizada não influenciou na captação homogênea dos níveis de pressão sonora. Faz-se, então, suficiente, o uso de apenas um decibelímetro para a aquisição dos dados de pressão sonora dos animais em ambiente de produção intensiva.

## CONCLUSÕES

Pela análise geoestatística, não houve dependência espacial entre os pontos de captura dos níveis de pressão sonora, visto que se verificou uma distribuição homogênea do som em toda a extensão da sala estudada. Contudo, faz-se suficiente a utilização de apenas um decibelímetro para a captação automática dos níveis de pressão sonora em sistemas intensivos de produção de suínos.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo financiamento da pesquisa; à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos; à proprietária da Granja Mamy, Sra. Rosa Hyguchi, por ceder as instalações e os animais para a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR10151: acústica: avaliação do ruído em áreas habitadas, visando ao conforto da comunidade - procedimento*. Rio de Janeiro, 2000.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria 3.214 de julho 1978. *Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho - NR-15: atividades e operações insalubres*. Brasília, 1978.



- DIGGLE, P.J.; RIBEIRO JÚNIOR, P.J. *Model-based geostatistics*. New York: Springer, 2006. 230 p.
- FERNANDES, J.C. *Acústica e ruídos*: apostila do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Bauru: UNESP, 2000.
- GERGES, S.N.Y. *Ruído: fundamentos e controle*. 2.ed. Florianópolis: DEM, UFSC, 2000. 696 p.
- HIRTUM, A. Van; BERCKMANS, D. Considering the influence of artificial environmental noise to study cough time-frequency features. *Journal of Sound and Vibration*, London, v.266, p.667-675, 2003.
- ILLMANN, G.; ŠPINKA, M.; ŠTEKOVÁ, Z. Predictability of nursings without milk ejection in domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v.61, p.303-311, 1999.
- JENSEN, P.; ALGERS, B. An ethogram of piglet vocalizations during suckling. *Applied Animal Ethology*, Amsterdam, v.11, p.237-248, 1984.
- MARX, G.; HORN, T.; THIELEBEIN, J.; KNUBEL, B.; BORELL, E. Von. Analysis of pain-related vocalization in young pigs. *Journal of Sound and Vibration*, London, v.266, p.687-698, 2003.
- MINIPA. *Manual de instruções do decibelímetro digital: modelo MSL - 1352C*. São Paulo, 2002. 30 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2006. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 14 mar. 2008.
- RISI, N.; LOMBARDI, L.O.; SILVA, K.O.; SILVA, I.J.O. Análise de espectros vocais entre matrizes suínas de duas diferentes raças. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. *Anais...* Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2007. 1 CD-ROM.
- 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.
- SAS INSTITUTE. *SAS OnlineDoc 9.1.3*. Cary, 2004.
- 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.
- WEARY, D.M.; APPLEBY, M.C.; FRASER D. Responses of piglets to early separation from the sow. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v.63, p.289-300, 1999.