

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Utilização da pressão sonora (ruído) como indicativo de bem-estar  
animal na produção industrial de suínos**

**Giselle Borges**

**Dissertação apresentada para obtenção do título  
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:  
Física do Ambiente Agrícola**

**Piracicaba  
2008**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Giselle Borges  
Engenheira Agrícola**

**Utilização da pressão sonora (ruído) como indicativo de bem-estar animal na  
produção industrial de suínos**

Orientadora:  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> **KÉSIA OLIVEIRA DA SILVA MIRANDA**

**Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Física  
do Ambiente Agrícola**

**Piracicaba  
2008**

*“Criar o que não existe ainda deve ser a pretensão de todo sujeito que está vivo”*

**Paulo Freire**

**Aos meus pais, Patrícia e Jorge, pelo apoio, compreensão, por me ensinarem a lutar e buscar pelos meus ideais; aos meus irmãos e familiares pelo apoio; aos meus amigos que conquistei ao longo desta jornada, pelo carinho, pelas conversas, conselhos, as quais foram valiosas para a realização deste sonho.....**

**OFEREÇO E DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, ser supremo e único, meu guia, meu conselheiro em minhas horas de sono, por dar-me forças para a realização de mais esta etapa de minha vida;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao curso de pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola, pelas oportunidades oferecidas;

À Professora Dra. Késia Oliveira da Silva Miranda, pela orientação, ensinamentos, paciência e amizade durante a realização deste trabalho, o meu, muito obrigada;

Ao Professor Dr. Iran José Oliveira da Silva, pela oportunidade, credibilidade, ensinamentos e amizade durante o convívio no NUPEA;

Aos Professores da Física, Dr. Jarbas H. Miranda e Dr. Sérgio Oliveira de Moraes, pelos ensinamentos, conselhos e amizade durante o curso de Mestrado;

À Professora Sônia Maria de Stéfano Piedade, pela contribuição e sugestões quanto à elaboração das análises estatísticas deste estudo;

Aos Professores e grandes Amigos, que deixei na Universidade Federal de Lavras, Dr. Tadayuki Yanagi Junior, sua esposa Silvia Yanagi, e Dr. Carlos Eduardo da Silva Volpato, pelo carinho e amizade que permaneceu entre nós, pelos ensinamentos, conselhos, e, que mesmo longe de mim não deixaram de participar na minha trajetória da vida profissional;

Aos meus grandes parceiros de trabalho, Sr. Paulo Micheloni e à Rosângela, pelo esforço e dedicação desempenhados para a realização deste trabalho;

À Dona Rosa, proprietária da Granja Mami, pela oportunidade de realização deste estudo, ao gerente da Granja, Adriano, e sua esposa Gisele, pelo esforço e dedicação empenhados para a realização deste trabalho.

Aos demais funcionários da Granja, gostaria de agradecer, pelo aprendizado adquirido no convívio com vocês.

Aos estagiários que não mediram esforços para me acompanhar nesta jornada;

Aos meus grandes amigos, Natália Risi, Valéria Rodrigues, Sheila Tavares, Frederico Vieira, Claiton Zotti, pelo esforço incondicional e por estarem ao meu lado durante esta conquista, muito obrigado pela ajuda, incentivo e sugestões;

Aos amigos, Fabiana Komatsu, José Antônio, Maria Luísa, Elisabete Mellace e Maristela, pela amizade e auxílio durante todo ou parte deste tempo;

À Professora Waded Antônio, pelas correções gramaticais de português;

Aos secretários do curso de Física do Ambiente Agrícola, Ângela, Fernando e Chiquinho; em especial à minha amiga Ângela, pelas boas conversas, risadas, cumplicidade durante este período de curso;

Aos meus amigos, sempre presentes na minha vida, Alan Fernandes, Leandro Ferreira, Augusto Maciel, Carlos Fráguas, Flávio Damasceno, Lorena, Tatiana, pela amizade sincera e verdadeira ao longo destes anos;

À minha grande amiga, Sabrina Pama, apareceu na minha vida, para me ensinar a ser forte, corajosa e encarar os meus problemas sempre de maneira positiva, muito obrigada.

Aos funcionários da Divisão de Biblioteca e Documentação da ESALQ – USP, pela atenção e esclarecimentos prestados;

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo financiamento da pesquisa, e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal do Ensino Superior pela concessão da bolsa de estudos;

## SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT .....	12
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE TABELAS .....	17
1 INTRODUÇÃO .....	18
Referências .....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
2.1 Situação atual da Suinocultura no Brasil e no mundo .....	24
2.2 Bem-estar animal .....	26
2.3 Índices de conforto térmico .....	27
2.4 Nível de pressão sonora (nível de ruído).....	31
2.4.1 Conceitos .....	31
Referências .....	35
3 USO DA GEOESTATÍSTICA PARA AVALIAR A CAPTAÇÃO AUTOMÁTICA DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA.....	38
Resumo.....	38
Abstract.....	39
3.1 Introdução .....	40
3.2 Material e Métodos.....	42
3.2.1 Descrição geral.....	42
3.2.2 Características da sala de creche .....	43
3.2.3 Instalação dos equipamentos.....	44
3.2.4 Programação dos decibelímetros .....	46
3.2.5 Captação dos níveis de pressão sonora .....	46
3.2.6 Análise Estatística .....	48
3.2.6.1 Geoestatística .....	48
3.2.6.2 Análise de Correlação .....	50
3.3 Resultados e Discussão.....	50
3.3.1 Análise descritiva dos dados para os <i>layout 1</i> e <i>layout 2</i> .....	50
3.3.1.1 Descrição do <i>layout 1</i> (quadrantes completos) .....	50
3.3.1.2 Descrição do <i>layout 2</i> (quadrantes incompletos – Forma “Zigue-zague”) .....	54
3.3.2 Análise de correlação dos dados para os <i>layout 1</i> e <i>layout 2</i> .....	58



3.4 Conclusões.....	62
Referências .....	63
4 EFEITO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA EMISSÃO DE PRESSÃO SONORA DE SUÍNOS EM FASE DE CRECHE EM CONDIÇÕES DE CÂMARA CLIMÁTICA.....	65
Resumo.....	65
Abstract .....	65
4.1 Introdução .....	66
4.2 Material e Métodos.....	69
4.2.1 Descrição geral.....	69
4.2.2 Características da câmara climática.....	70
4.2.3 Escolha dos animais.....	71
4.2.4 Instalação e programação dos equipamentos.....	72
4.2.4.1 Câmara climática.....	72
4.2.4.2 Variáveis ambientais .....	72
4.2.4.3 Níveis de pressão sonora.....	74
4.2.4.4 Nível de Atividade.....	75
4.2.4.5 Variável fisiológica.....	77
4.2.5 Delineamento experimental e análise estatística.....	78
4.3 Resultados e Discussão .....	79
4.3.1 Análise exploratória e descritiva dos dados .....	79
4.3.1.1 Variáveis ambientais e pressão sonora dos leitões.....	79
4.3.2 Análises de correlação .....	83
4.3.3 Análise de regressão.....	86
4.4 Conclusões.....	87
Referências .....	88
5 EFEITO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA EMISSÃO DE RUÍDOS DE SUÍNOS EM FASE DE CRECHE EM CONDIÇÕES DE GRANJA DE PRODUÇÃO INTENSIVA	92
Resumo.....	92
Abstract .....	92
5.1 Introdução .....	93
5.2 Material e Métodos.....	96
5.2.1 Descrição Geral.....	96
5.2.2 Escolha das fases .....	97

5.2.3 Manejo na Granja Mami .....	98
5.2.4 Tipologia da Instalação.....	99
5.2.4.1 Características da Sala de creche.....	100
5.2.5 Instalação e programação dos equipamentos.....	101
5.2.5.1 Níveis de pressão sonora (NPS) .....	101
5.2.5.2 Variáveis Ambientais .....	103
5.2.5.3 Faixas de temperaturas e dos índices de conforto .....	103
5.2.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	104
5.3 Resultados e Discussão.....	105
5.3.1. Nível de pressão sonora dos leitões ao longo dos dias de experimento para a fase de pré-creche .....	105
5.3.2. Variáveis ambientais e emissão dos níveis de pressão sonora dos leitões nas fases de pré-creche e creche .....	107
5.3.3 Índices de conforto e nível de pressão sonora dos leitões para as fases de pré-creche e creche.....	112
5.3.4 Análises de correlação .....	115
5.3.4.1 Fase de pré-creche .....	116
5.3.4.2 Fase de creche.....	117
5.3.5 Análise de regressão.....	119
5.4 Conclusões.....	121
Referências .....	122
6 CONCLUSÕES FINAIS.....	125
ANEXOS .....	128

## RESUMO

### **Utilização da pressão sonora (ruído) como indicativo de bem-estar animal na produção industrial de suínos**

Objetivou-se, com esta pesquisa, inserir no mercado de produção intensiva de suínos, um método não invasivo para quantificar o bem-estar animal, por intermédio dos níveis de pressão sonora (ruídos) emitidos por suínos em fases de pré-creche e creche. Foram realizados três experimentos, a fim de estudar a utilização da pressão sonora (ruído) emitida por um grupo de suínos como resposta às condições ambientais as quais foram submetidos, em ambiente controlado e de produção intensiva, e estabelecer as faixas de pressão sonora de acordo com as faixas de temperatura e umidade para conforto e estresse. No experimento I o objetivo foi estudar a influência da distribuição dos decibelímetros na captação automática dos níveis de pressão sonora em ambiente de produção intensiva. Foi conduzido em uma granja comercial de suínos, sendo utilizada uma sala do galpão, que foi dividida em dez quadrantes idênticos, e os decibelímetros instalados no centro geométrico de cada quadrante. Os níveis de pressão sonora do ambiente foram registrados em todos os equipamentos, ao mesmo tempo, e, por intermédio da análise geoestatística, foi possível verificar que os decibelímetros não apresentaram dependência espacial entre si, e essa afirmação pôde ser confirmada pela análise de correlação entre cada decibelímetro testado para cada um dos *layouts* avaliados. No experimento II avaliou-se a influência das variáveis ambientais no nível de pressão sonora emitido por leitões em ambiente controlado. Os leitões foram confinados em uma câmara climática e submetidos à variação da temperatura e umidade do ambiente. O comportamento foi avaliado por intermédio do nível de atividade dos leitões, utilizando análise de imagens. Os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões foram registrados utilizando decibelímetros, e a extração do ruído de fundo foi possível após a retirada dos leitões da câmara. Foi possível concluir que os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões em câmara climática apresentaram correlação negativa com a variável temperatura e com o índice de conforto entalpia. Foi possível prever as faixas de níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões, em relação às faixas de conforto e estresse existentes para a temperatura e o índice de conforto entalpia para as condições do presente experimento. O experimento III foi conduzido em uma granja comercial de produção de suínos, tendo como objetivo avaliar a influência das variáveis ambientais nos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões em confinamento intensivo. Foram instalados decibelímetros para a captação automática dos níveis de pressão sonora e loggers para coletar dados de temperatura e umidade do ar em uma sala do galpão de suínos. Para a captação do nível de pressão sonora de fundo, foram instalados, na área externa à sala de creche, decibelímetros para posterior subtração. Os dados foram submetidos à análise correlação e regressão entre as variáveis estudadas. Verificou-se que os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões apresentaram tendência de acréscimo, quando em desconforto térmico, sendo possível prever as faixas de pressão sonora emitidas pelos leitões em relação às condições ambientais.

Palavras-chave: Método não-invasivo; Vocalização; Geoestatística; Ambiente térmico; Leitões; Decibelímetro

## ABSTRACT

### **Utilization of sound pressure (noise) as an animal welfare indicative on industrial swine's production**

The objective of this research was to insert in the market of intensive swine production, a non invasive method to quantify animal welfare, through sound pressure levels (noises) emitted by swine in pre-nursing and nursing phases. Were realized three experiments to study the appliance of sound pressure (noise) emitted by a group of swine as an answer to the environment conditions that they were submitted in a controlled and in a intensive production environment, and to establish the bands of sound pressure according to the bands of temperature and humidity to comfort and stress. In experiment I, the objective was to study the influence of the distribution of the decibelimeters on the automatic capturing of sound pressure levels in a intensive production environment. It was conducted in a commercial swine farm, where a shed's room was used, which was divided in ten identical quadrants and the decibelimeters installed in the geometric centre of each quadrant. Environment's sound pressure levels were registered in all equipments, at the same time, and through geostatistical analysis, it was possible to verify that the decibelimeters did not show spatial dependence amongst, and this affirmation could be confirmed by correlation analysis between each decibelimeter tested to each of the evaluated layouts. In experiment II the influence of environment variables on sound pressure levels emitted by piglets in a controlled environment was evaluated. Piglets were confined in a climatic chamber and submitted to a variation of environment's temperature and relative humidity. Behaviour was evaluated through piglets' activity level using image analysis. Sound pressure levels emitted by piglets were registered by decibelimeters, and background's noise extraction was possible after the removing of piglets of the chamber. It was possible to conclude that sound pressure levels emitted by piglets in a climatic chamber showed a negative correlation with temperature variable and with the enthalpy comfort index. It was possible to predict sound pressure levels bands emitted by piglets, related to comfort and stress bands existents to temperature and enthalpy comfort index to the conditions of the present experiment. Experiment III was conducted in a farm of swines commercial production, and the objective was to evaluate the influence of environment variables on sound pressure levels emitted by piglets in a intensive confinement. Decibelimeters were installed to the automatic capture of sound pressure levels and loggers to collect temperature and air humidity data in a room of swine's shed. To the capturing of background's sound pressure level, were installed decibelimeters in the external área to nursing's room to a posterior subtraction. Data were submitted to correlation and regression analysis among the studied variables. It was verified that sound pressure levels emitted by piglets showed a raise tendency when in thermal discomfort, and it was possible to predict bands of sound pressure emitted by piglets in relation to environmental conditions.

Keywords: Non-invasive method; Vocalization; Geostatistics; Thermal environment; Piglets; Decibelimeter

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dado de produção total de carne suína no Brasil, nos anos de 2004 a 2007	24
Figura 2 - Dados de produção industrial de carne suína no Brasil, nos anos de 2004 a 2007 .....	25
Figura 3 - Curvas de ponderação A, B, C e D .....	35
Figura 4 - Vista superior da Granja Mami – Monte Mor – SP .....	42
Figura 5 - Croqui dos <i>Layouts</i> de distribuição e a posição dos decibelímetros na sala do galpão de creche - <i>Layouts</i> 1 e 2, respectivamente .....	43
Figura 6 - Equipamento utilizado para captar os dados de pressão sonora (ruído) dos animais - Decibelímetro (a) e equipamento utilizado para calibrar os decibelímetros - Calibrador de Nível Sonoro (b).....	44
Figura 7 - Etapas da instalação dos decibelímetros no interior da sala de creche: (a) instalação da malha de arame, instalação elétrica (tomadas de energia), (b) (c) (d) locação e instalação dos decibelímetros.....	45
Figura 8 - Programação dos decibelímetros em campo .....	46
Figura 9 - Fotos da instalação dos 10 decibelímetros ( <i>layout</i> 1) no interior da sala de creche de suínos. Fotos da direita e da esquerda representam, respectivamente, o lado direito e esquerdo da instalação.....	47
Figura 10 - Fotos da instalação dos 5 decibelímetros ( <i>layout</i> 2) no interior da sala de creche de suínos, na distribuição em zigue-zague.....	47
Figura 11 - Representação gráfica da análise descritiva dos níveis de pressão sonora (ruído) no interior da sala, para o <i>layout</i> 1 .....	51
Figura 12 - Malha de pontos, gerada para definir os limites da área da sala de creche e definir os pontos de coleta de dados, para posterior krigagem .....	53
Figura 13 - Mapa de Krigagem gerado a partir dos dados de pressão sonora (ruído) coletados pelos decibelímetros para o <i>layout</i> 1 .....	54
Figura 14 - Representação gráfica de dois dias de análise descritiva dos níveis de ruído no interior do galpão utilizando o <i>layout</i> 2 .....	55
Figura 15 - Malha de pontos, gerada para definir os limites da área da sala de creche e definir os pontos de coleta de dados, para posterior krigagem .....	56

Figura 16 - Mapa de krigagem gerado a partir dos dados coletados pelos decibelímetros para a configuração 2.....	57
Figura 17 - Detalhe da fonte de emissora de calor (a), da porta (b) e do revestimento (a e b) das paredes internas da câmara climática .....	70
Figura 18 - Vista interna da câmara climática com o boxe pronto e instalado para receber os leitões e instalar os equipamentos.....	71
Figura 19 - Leitões utilizados no experimento, em período de adaptação ao novo ambiente.....	71
Figura 20 - Sensor coleta de dados de temperatura e umidade do ar, utilizado para aferir as variáveis climáticas – <i>datalogger</i> HOBO .....	72
Figura 21 - Instalação do <i>datalogger</i> para coletar dados das variáveis ambientais .....	73
Figura 22 - Termômetro digital utilizado para aferir a temperatura interna na câmara climática.....	73
Figura 23 - Instalação e fixação de fontes de energia elétrica para os decibelímetros (a). Disposição dos decibelímetros no interior da câmara climática (b) .....	74
Figura 24 - Detalhe da câmera (a) utilizada para capturar as imagens dos leitões no interior da câmara climática (b) e detalhe de uma fotografia (c) retirada pela câmera já instalada e o programa utilizado para armazenar as imagens (d) .....	75
Figura 25 - Exemplo de binarização das imagens (a, b, c) e como foi executada a subtração das imagens, imagem posterior (a) subtraindo imagem anterior (b) restando a mudança de uma imagem para a outra (c).....	76
Figura 26 - Fotografias da coleta da temperatura timpânica e da superfície de pele dos leitões aos 38°C de temperatura no interior da câmara climática.....	77
Figura 27 - Detalhe do termômetro de infravermelho utilizado para coletar a temperatura de superfície de pele dos leitões .....	78
Figura 28 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitidos pelos suínos em relação à temperatura do ambiente.....	79
Figura 29 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação à Entalpia do ambiente .....	80
Figura 30 - Dispersão dos Níveis de Atividade dos suínos em relação à temperatura ambiente.....	81

Figura 31 - Representação da migração dos leitões, posição no início do experimento (à esquerda) e no final do experimento (à direita) .....	83
Figura 32 - Croqui da instalação dos <i>loggers</i> (cotas em metros) utilizados para coletar dados de temperatura e umidade do ar e dos decibelímetros utilizados para captação da pressão sonora .....	97
Figura 33 - Aplicação das Vacinas – Rinite e Micoplasma no desmame (a) e o desmame dos leitões (b) .....	99
Figura 34 - Vista frontal de parte da instalação .....	100
Figura 35 - Detalhe do telhado no interior da instalação .....	100
Figura 36 - Detalhe interno das salas de creche com detalhes do tipo de piso e separação das baias .....	101
Figura 37 - Disposição do decibelímetro (a) e do <i>datalogger</i> (b) no interior da sala de creche de suínos .....	102
Figura 38 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação aos horários dos dias de experimento para as fases de pré-creche e creche.....	106
Figura 39 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitidos pelos suínos em relação à temperatura do ambiente na fase de pré-creche .....	108
Figura 40 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitidos pelos suínos em relação à umidade do ar no ambiente na fase de pré-creche.....	109
Figura 41 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitidos pelos suínos em relação à temperatura do ambiente na fase de creche .....	110
Figura 42 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitido pelos suínos em relação à umidade do ar do ambiente na fase de creche.....	111
Figura 43 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação à entalpia do ambiente na fase de pré-creche.....	112
Figura 44 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação à entalpia do ambiente na fase de creche .....	113
Figura 45 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação ao índice de temperatura e umidade (ITU) do ambiente na fase de pré-creche .....	114



Figura 46 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação ao índice de temperatura e umidade (ITU) do ambiente na fase de creche.....115

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatística descritiva dos dados captados pelos decibelímetros, para o <i>layout</i> 1 (quadrantes completos).....	58
Tabela 2 – Estatística descritiva dos dados captados pelos decibelímetros, para o <i>layout</i> 2 (quadrantes incompletos) .....	59
Tabela 3 – Correlação entre os níveis de pressão sonora coletados no <i>layout</i> 1 de distribuição dos decibelímetros .....	60
Tabela 4. Correlação entre os níveis de pressão sonora coletados no <i>layout</i> 2 de distribuição dos decibelímetros. ....	61
Tabela 5 – Níveis de correlação entre as variáveis explicativas (temperatura, umidade do ar, entalpia e nível de atividade) e a variável resposta nível de pressão sonora emitida pelos leitões .....	84
Tabela 6 – Modelos de regressão para a estimativa do nível de pressão dos leitões....	87
Tabela 7 – Níveis de correlação entre as variáveis explicativas (temperatura, umidade do ar e entalpia) e a variável resposta nível de pressão sonora emitida pelos leitões na pré-creche .....	116
Tabela 8 – Níveis de correlação entre as variáveis explicativas (temperatura, umidade do ar e entalpia) e a variável resposta nível de pressão sonora emitida pelos leitões na fase de creche.....	118
Tabela 9 – Modelos de regressão para a estimativa do nível de pressão dos leitões em função das variáveis ambientais e dos índices de conforto, para as fases de pré-creche e creche.....	120

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar da crescente produção e exportação de carne, o sistema intensivo de produção de suínos confronta-se com desafios constantes, quando são levantadas questões relacionadas ao conforto térmico e bem-estar dos animais confinados nas instalações. Nos países de clima tropical, como o Brasil, os fatores ambientais atuantes nas instalações são limitantes para o bem-estar e para o ótimo desempenho dos animais.

Fatores relacionados ao ambiente físico, social e à qualidade do manejo são determinantes para a eficiência produtiva, principalmente nas fases iniciais (pós-desmame e creche) período em que os leitões sofrem com o processo de adaptação ao novo ambiente, socialização e estabelecimento de dominância entre os grupos.

A interação entre os ambientes térmico, aéreo e acústico define a ambiência no século XXI (NÄÄS, 2007) e questões relacionando a ambiência na produção animal são amplas, uma vez que está presente em todas as fases de desenvolvimento de qualquer animal, seja em ambiente de confinamento intensivo ou extensivo. Devido a isso, deve-se ter atenção quanto à influência direta nos animais, facilitando ou prejudicando sua máxima expressão genética (ESMAY, 1978).

O ambiente térmico se caracteriza pela quantidade de calor trocado entre o animal e o meio, o aéreo pela dissipação de gases e poeiras afetando a qualidade do ar, e o acústico pelo nível sonoro emitido pelos animais em confinamento, e pelo ambiente à sua volta (NÄÄS, 2007).

Para quantificar e analisar essas variáveis ambientais, faz-se necessária a utilização de técnicas associadas à Zootecnia de Precisão (Suinocultura de Precisão), com auxílio de equipamentos e sensores que possibilitem a coleta de informações como um modo prático e preciso, a fim de monitorar o sistema de produção constantemente.

Zootecnia de precisão, atualmente, é definida como a gestão dos sistemas intensivos de produção animal, utilizando princípios e tecnologias nos processos de Engenharia. Funciona como um conjunto de processos interligados, que atuam juntos em uma rede complexa, processos esses que incluem o crescimento animal, produção

de carne, leite e ovos, doenças, comportamento animal, bem como o microclima no interior das instalações (WATHES et al., 2008), podendo-se utilizar técnicas especiais e de ferramentas que possibilitem manejos específicos em situações de campo, de forma a facilitar na tomada de decisão (BANDEIRA FILHO, 2003).

A avaliação da resposta dos animais aos diferentes níveis de estresse e bem-estar ainda é pouco difundida entre os pesquisadores da área, sendo de extrema importância sua caracterização, pois pode ser um indicativo, caso o ambiente e as condições de manejo não estejam propícios ao animal.

Neste contexto, as formas de se avaliar e quantificar o bem-estar do animal em ambiente de produção intensiva vem se destacando como tema mais importante entre os pesquisadores da área (NÄÄS et al., 2008).

Dentre os diferentes mecanismos de avaliação, despontam como metodologia inovadora de indicativo comportamental os registros e estudos do nível de pressão sonora (nível de ruído de um grupo de animais) e da vocalização.

Segundo Boissy et al. (2007), a análise do comportamento e de vocalizações dos animais serão os indicadores promissores para avaliar respostas positivas dos animais estudados tanto em laboratório quanto em ambiente de produção intensiva.

Destaca-se o nível de pressão sonora na avaliação do grupo de animais, cujos dados são expressos na escala de decibéis e a vocalização utilizada para caráter individual do animal. A vocalização origina-se da geração ativa de sons mediante a utilização de órgãos específicos, podendo caracterizar uma resposta do animal frente a uma situação interna (fisiológica ou psicológica) ou algum evento externo (por uma expressão do animal a um evento externo) (SILVA; NÄÄS, 2006).

O nível de pressão sonora, também chamado de nível de ruído ou nível sonoro do grupo, tem sido utilizado para qualificar a situação do ambiente para o trabalhador envolvido com a atividade (GUSTAFSSON, 1997; SAMPAIO, 2004; MIRAGLIOTTA, 2005; SAMPAIO; NÄÄS; NADER, 2005; SAMPAIO et al., 2007), entretanto, o ruído de instalações zootécnicas não afeta apenas os seres humanos envolvidos com a atividade, mas também os animais em confinamento.

O nível de pressão sonora (ruído) a que os animais confinados são expostos não é controlado, nem tampouco conhecido. Têm-se na literatura pesquisas envolvendo o

ruído animal, porém tais pesquisas avaliam em sua maioria o comportamento dos animais quando expostos a determinados níveis de ruídos.

Talling et al. (1998) avaliaram o nível de ruído recebido pelos suínos durante todo processo de produção, desde a granja, transporte e abate. Os autores relataram altos níveis de ruídos, principalmente no transporte desses animais, e propõem que medidas devam ser tomadas para proporcionar bem-estar aos animais nesta fase final do ciclo de produção.

De acordo com Kanitz et al. (2005), uma alteração hormonal ocorre em suínos machos, quando expostos a níveis de ruídos variáveis, e, a partir disso constataram que a exposição prolongada na faixa de 90 dB ocasionou estado de estresse crônico, podendo prejudicar a produtividade, saúde e bem-estar dos animais.

O nível de pressão sonora (ruído) emitido por um grupo de animais também pode se tornar uma resposta e/ou maneira de eles se expressarem, em função do meio ao qual estão confinados (SAMPAIO et al., 2007; SILVA et al., 2007; AMARAL et al., 2008; BORGES et al., 2008; NÄÄS et al., 2008) ou para expressar situações de injúrias (RISI, et. al. 2008).

Os sons emitidos pelos animais indicam também uma situação indesejável, pois através dos diferentes tipos de chamadas expressam sofrimento, fome, medo, desconforto, estado emocional, doença, e, conseqüentemente, os gritos podem indicar distúrbios no seu bem-estar (WEARY et al., 1999).

Tanto o nível de pressão sonora como a vocalização de suínos tem-se mostrado uma abordagem interessante, pois fornecem dados do animal de forma não invasiva.

Devido à carência de informações, relacionadas com os estudos voltados para a bioacústica animal ser recente e inovadora para animais de produção, trata-se, de uma nova tendência mundial em função das exigências internacionais, cada vez mais rigorosas quanto às boas práticas ligadas ao bem-estar animal.

A presente pesquisa é apresentada no sentido de estabelecer os primeiros padrões e faixas de pressão sonora emitidos por suínos em fase inicial de crescimento.

Dessa forma, faz-se cada vez mais necessário que pesquisas sejam direcionadas para a identificação e estabelecimento de padrões indicadores, não-invasivos, bem como o estabelecimento de novas variáveis comportamentais. Tais contribuições

poderão subsidiar futuramente produtores e também fornecer dados para que sistemas inteligentes, utilizados na zootecnia de precisão, possam agregar essa variável como um indicativo de bem-estar animal, utilizando o próprio animal como um bio-sensor tornando-se uma ferramenta promissora em diagnóstico e, conseqüentemente, uma possibilidade de olhar, monitorar e rastrear o animal de maneira individual.

Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi buscar estabelecer um novo indicativo de bem-estar animal, utilizando-se o nível de pressão sonora emitido pelos animais como resposta às variações climáticas no ambiente de produção.

E quanto aos objetivos específicos, buscou-se:

- estudar a influência da distribuição dos decibélmeters na captação automática dos níveis de pressão sonora, em ambiente de produção intensiva.
- avaliar a influência das variáveis climáticas no nível de pressão sonora emitida por leitões em fase de creche, em ambiente controlado.
- estudar a emissão de pressão sonora de suínos relacionando com variáveis ambientais em ambiente de produção intensiva;
- estabelecer faixas de pressão sonora em relação às variáveis ambientais para a produção de suínos.

## Referências

AMARAL, P.I.S.; CAMPOS, A.T.; SABINO, L.A.; SOUSA JUNIOR, V.R.; GONÇALVES, S.A.; SILVA, B.M. Avaliação do nível de ruídos em instalações para suínos em um sistema intensivo de criação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras, 2008. 1 CD-ROM.

BANDEIRA FILHO, J.J. **Sistema de interconexão de equipamentos eletroeletrônicos para Zootecnia de Precisão**. 2003. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BOISSY, A.; MANTEUFFEL, G.; JENSEN, M.B.; MOE, R.O.; SPRUIJT, B.; LINDA J. KEELING, L. J.; WINCKLER, C.; FORKMAN, B.; DIMITROV, I.; LANGBEIN, J.; BAKKEN, M.; VEISSIER, I.; AUBERT, A. Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. **Physiology & Behavior**, Elmsford, v. 92, p. 375–397, 2007.

BORGES, G.; SILVA, K.O.; RODRIGUES, V.C.; RISI, N.; SILVA, I.J.O.; ZOTTI, C.A. Effect of climatic conditions on noise emissions and nursery pigs behavior. In: BRAZILIAN CONGRESS OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 37., 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008. 1 CD-ROM.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. West Port: Avi Publ., 1978. 325 p.

GUSTAFSSON, B. The health and safety of workers in a confined animal system. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 49, p. 191-202, 1997.

KANITZ, E.; OTTEN, W.; TUCHSCHERER, M. Central and peripheral effects of repeated noise stress on Hypothalamic–pituitary–adrenocortical axis in pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 94, p.213-224, 2005.

MIRAGLIOTTA, M.Y. **Avaliação das condições do ambiente interno em dois galpões de produção comercial de frangos de corte, com ventilação e densidade populacional diferenciados**. 2005. 244 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

NÄÄS, I.A. **Novas perspectivas da ambiência em relação ao bem-estar dos suínos e do trabalhador**. 2007. Disponível em: <<http://www.porkworld.com.br/index.php?documento=111>> Acesso em: 01 ago. 2008.

NÄÄS, I.A.; CAMPOS, L.S.L.; BARACHO, M.S.; TOLON, Y.B. Uso das redes neurais artificiais na identificação de vocalização de suínos. **Revista de Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v. 28, n. 2, p. 204-216, abr./jun. 2008.

RISI, N.; SILVA, K.O.; ZULATO, P.R.F.; GUIDO, R.C.; BORGES, G. Use of artificial intelligence to identify vocalizations emitted by sick and healthy piglets. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8, 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: ASABE, 2008. 1 CD-ROM.

SAMPAIO, C.A.P. **Caracterização dos ambientes térmico, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação**. 2004. 130 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SAMPAIO, C.A.P.; NÄÄS, I.A.; NADER, A. Gases e ruídos em edificações para suínos - aplicação das normas NR-15, CIGR E ACGIH. **Revista de Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v. 25, n. 1, p. 10-18, jan./abr. 2005.

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 e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 436-440, 2007.

SILVA, K.O.; NÄÄS, I.A. Utilização da vocalização como ferramenta para avaliação do comportamento dos suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4., 2006, Ribeirão Preto. Disponível em: <[http://www.sbbiomet.com.br/cbb/2006/Animal/ResumoIVCBB\\_113.pdf](http://www.sbbiomet.com.br/cbb/2006/Animal/ResumoIVCBB_113.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2008.

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.

TALLING, J.C.; LINES, J.A.; WATHES, C.M.; WARAN, N.K. The acoustic environment of the domestic pig. **Journal of Agricultural Engineering Research**, New York, v. 71, p. 1-12, 1998.

WATHES, C.M.; KRISTENSEN, H.H.; AERTS, J.M.; BERCKMANS, D. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 64, p. 2-10, 2008.

WEARY, D.M.; APPLEBY, M.C.; FRASER, D. Responses of piglets to early separation from the sow. **Applied Animal Behaviour Science**, London, v. 63, n.4, p. 289-300, 1999.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Situação atual da Suinocultura no Brasil e no mundo

Dentre os dez maiores produtores de carne suína do mundo, o Brasil é o único país da América do Sul a ocupar uma posição no setor, sendo sua posição crescente a cada ano, com previsões de, até o final de 2010, tornar-se membro seleta do grupo dos quatro maiores produtores mundiais (SILVA, 2008).

A produção total de suínos no Brasil, incluindo produtores industriais e de subsistência, cresceu nos últimos quatro anos 14,4%, aumentando de 2,62 milhões de toneladas em 2004 para 2,998 milhões em 2007 (Figura 1).

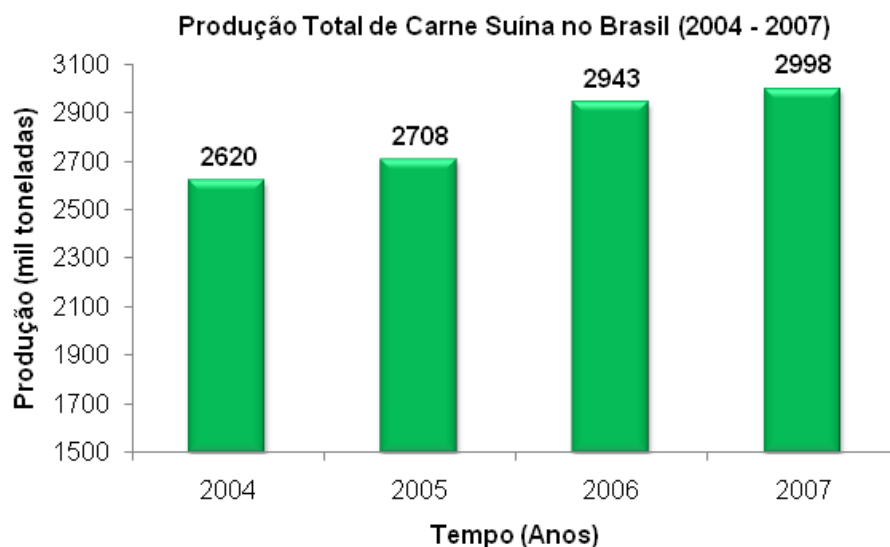


Figura 1 - Dado de produção total de carne suína no Brasil, nos anos de 2004 a 2007  
Fonte: Relatório da ABIPECS (2007)

De acordo com o relatório da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Carne Suína - ABIPECS, a produtividade influenciou o aumento da produção em 2007, tendo um impacto maior que o crescente alojamento de matrizes. Tal fato ocorreu em função da construção de granjas mais produtivas e com animais de excelente potencial genético, para substituir as granjas menos produtivas, além da implantação de novos projetos na região de fronteira agrícola. Com isso, o número de

animais abatidos por matriz alojada aumentou 12,5% nos últimos três anos, passando de 19,2 em 2004, para 21,6 unidades abatidas em 2007 (ABIPECS, 2007).

A produção industrial de suínos respondeu por 88,8% da produção total de suínos no Brasil, no ano de 2007, sendo responsável por 2,644 milhões dos 2,998 milhões de toneladas de carne suína produzida no ano (Figura 2).

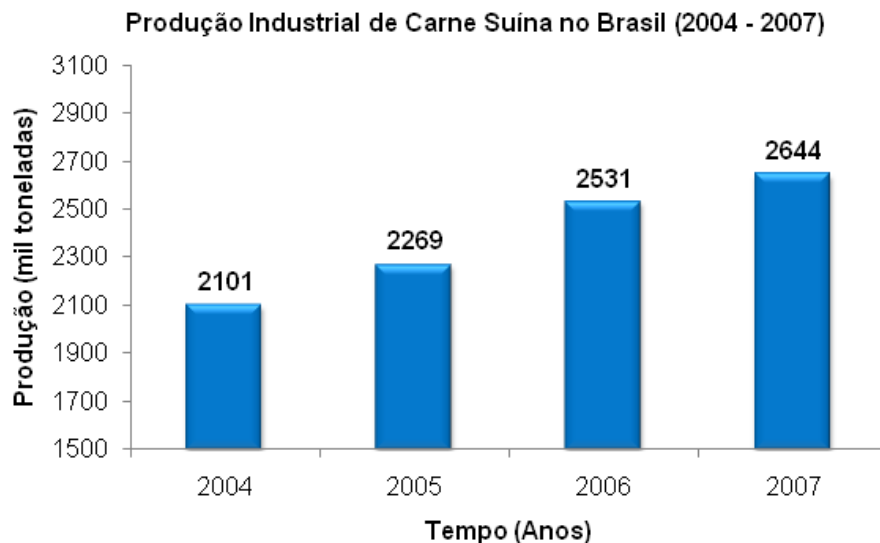


Figura 2 - Dados de produção industrial de carne suína no Brasil, nos anos de 2004 a 2007  
Fonte: Relatório da ABIPECS (2007)

Nos últimos sete anos (2000 – 2007), o consumo de carne suína no Brasil passou de 14,3kg para 13,0kg por habitante, o que representa um decréscimo de 6,3%. Já a produção e as exportações cresceram, respectivamente, 17,5% e 377%, sendo este último considerado o maior entre todas as carnes produzidas no Brasil (ROPPA, 2008).

O plantel de matrizes industriais avaliado em 1,48 milhões de cabeças, praticamente não cresceu em 2007, representando 63% do total, sendo ele responsável por 90% da produção. Por outro lado, o plantel de subsistência, avaliado em 887 mil cabeças (27% das fêmeas em produção), foi responsável apenas por 10% da produção (ABIPECS, 2007). Isso indica a forte modernização que está em curso no setor (produção em sítios, gestão de biossegurança, manejo, nutrição e sanidade, bem-estar, automação), cujo resultado têm sido os constantes aumentos na produtividade.

## 2.2 Bem-estar animal

O conceito de bem-estar animal, inicialmente, foi estabelecido dentro de parâmetros de natureza muito ampla e de aspectos pouco científicos, portanto, de difícil aceitação por países produtores (NÄÄS, 2005) e está relacionado à capacidade produtiva dos animais, resultando no fato de que consumidores do mundo todo estão se conscientizando dos métodos produtivos, exigindo novas formas de produção que venham a priorizar o bem-estar animal (VALE et al., 2006).

Para a sua definição, a FAWC (*Farm Animal Welfare Council*) determinou cinco liberdades que devem ser atendidas: liberdade psicológica (de não estar exposto a medo, ansiedade ou estresse), comportamental (de expressar seu comportamento normal), fisiológica (de não sentir fome ou sede), sanitária (de não estar exposto a doenças, injúrias ou dor) e ambiental (de viver em ambientes adequados, com conforto) (INGLATERRA, 2008).

Broom (1996) afirmou que o bem-estar de um animal é o seu estado no que diz respeito às suas tentativas de lidar com o seu meio ambiente. Porém, a conceituação de bem-estar envolve as questões físicas e reativas, e a maioria das preocupações está centrada em como o animal reage quando exposto a um determinado tipo de confinamento ou manejo, ou ainda a determinadas práticas (ex: castração, corte dos dentes, brincagem, corte de cauda ou aparo de bico).

De acordo com Swanson (1995), os conceitos de bem-estar encontram-se divididos em três aspectos: o legal, o público e o técnico. Os conceitos legais são estabelecidos pelo sistema legal/judicial, que define padrões mínimos de normas que possam ser seguidas e aceitas pela sociedade e corretamente interpretadas pelo sistema legal, no caso de disputas. O público envolve o conhecimento da sociedade civil, a empatia e o ativismo face às questões relacionadas aos animais, e o técnico é baseado em informações científicas que advêm de medidas efetivas de bem-estar, expressas por comportamento específico, aspectos fisiológicos e respostas produtivas.

Para se avaliar o ambiente de criação animal, utilizam-se fatores presentes no ambiente, sendo a qualidade do ar disponível próximo aos animais um fator e a

avaliação dos poluentes presentes que podem ser inalados e que eventualmente causam danos à saúde humana e animal (NÄÄS, 2005).

Em unidades de confinamento de animais, os riscos de contaminação por agentes físicos, químicos e biológicos estão sempre presentes e causam efeitos negativos sobre os animais e trabalhadores (SAMPAIO et al., 2006).

Com base nos conceitos de conforto térmico voltado para a criação intensiva de animais, torna-se necessário o conhecimento dos fenômenos termodinâmicos, bem como o desenvolvimento de técnicas específicas de construção e de manejo de equipamentos, que visem a esse conforto.

A intensidade de radiação incidente nas regiões tropicais, por ser elevada, em conjunto com altas temperaturas e umidade do ar, são condições que geram o desconforto térmico e levam, conseqüentemente, ao estresse calórico em lotes alojados em escala industrial de produção. O entendimento dos fenômenos biofísicos que regem as instalações precisa ser bem identificado, bem como, soluções alternativas, economicamente viáveis, devem ser desenvolvidas e avaliadas adequadamente.

Os fatores ambientais, os fisiológicos, ou os comportamentais, todos têm sua parte na compreensão do conforto animal. Estes sugerem estudos multidisciplinares para o entendimento, cada vez melhor, do bem-estar animal, seja para a obtenção de melhores desempenhos, seja para adaptar animais a regiões com clima diferente do de origem (SILVA, 2004).

É evidente a necessidade de determinação de padrões de bem-estar para que, no futuro, técnicos, pesquisadores e produtores estejam habilitados e inseridos em um sistema de produção animal no qual o bem-estar dos animais esteja completamente garantido.

### **2.3 Índices de conforto térmico**

Índices de conforto térmico foram desenvolvidos com o objetivo de expressar a situação do animal em relação a um dado ambiente (BAÊTA; SOUZA, 1997). Os fatores a serem considerados na determinação do conforto térmico e nas condições de adaptação dos animais a ambientes específicos são tais como o ambiente,

características corporais, respostas fisiológicas e a capa externa (NÄÄS, 1989). Dessa forma, o objetivo fundamental é combinar vários desses fatores, de modo que, os efeitos de diferentes ambientes possam ser comparados entre si, permitindo a avaliação dos animais e dos ambientes aos quais são expostos.

Segundo Moura e Nääs (1993), os índices de conforto térmico têm grande importância para os produtores, já que podem, por um único valor, quantificar o estresse térmico a que o animal está submetido num dado momento e local, de acordo com as condições meteorológicas existentes. Em sua maioria os índices se destinam à classificação de ambientes, mas há alguns que avaliam diretamente os animais, como os índices de adaptação ou de conforto térmico.

Constantes inovações nas áreas da genética, nutrição e manejo, têm sido introduzidas com objetivo de melhorar o rendimento na produção intensiva de suínos em países com clima tropical e subtropical como o Brasil. Os altos valores de temperatura de bulbo seco ( $t_{bs}$ ) e umidade do ar (UR), sobretudo no verão, constituem um fator limitante ao desenvolvimento, à produção e reprodução animal (TINÔCO et al., 2004).

Vários índices bioclimáticos foram propostos com o objetivo de avaliar as condições ambientais, como exemplo o índice de temperatura e umidade (ITU) proposto por Thom (1959) como um índice de conforto para humanos e tem sido utilizado para a produção animal e índice temperatura do globo negro e umidade (ITGU) proposto por Buffington et al. (1981), como uma adaptação do ITU. Porém esses índices foram propostos para condições de clima tropical e têm sido adaptados para as condições subtropicais.

Dentre os índices de conforto existentes tem sido utilizada por diversos pesquisadores da área de ambiência animal, a entalpia como uma propriedade física que quantifica a energia térmica sentida e produzida pelos animais em ambiente produtivo (MOURA, 1997; PANDORFI, 2002; PANDORFI, 2005; ALVES, 2006; BARBOSA FILHO et al., 2007).

A entalpia é uma propriedade termodinâmica definida como a soma da quantidade de calor sensível e calor latente do ar em um determinado ambiente, sendo então definida pela eq. (1):

$$h = Q_S + Q_L \quad (1)$$

em que:

$h$  = Entalpia,  $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco;

$Q_S$  = Calor sensível,  $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco;

$Q_L$  = Calor latente,  $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco.

Entalpia também pode ser definida como uma grandeza física que determina a quantidade de energia térmica de um ambiente. O calor sensível trata da energia térmica produzida em função das variações ambientais, e esta é “sentida” pelos animais, forçando-os a responder para o meio na forma de calor latente, sendo definido como a energia térmica produzida pelo animal em resposta ao seu ambiente (ESMAY, 1978).

Esta grandeza é utilizada como um índice de conforto que utiliza as propriedades termodinâmicas do ar como suas variáveis de entrada. Os índices de conforto quantificam os efeitos do estresse térmico sofridos pelos animais quando submetidos a situações climáticas adversas.

Albright (1990) reformulou a equação da entalpia descrita acima, utilizando, como variáveis do ar, temperatura de bulbo seco ( $t_{bs}$ ) e razão de mistura entre o ar seco e o ar úmido.

Pandorfi (2002) avaliou a eficiência térmica de sistema para aquecimento de escamoteadores para leitões na maternidade. O autor quantificou a entalpia em cada um dos sistemas testados (lâmpada incandescente, resistência elétrica, lâmpada de infravermelho, piso térmico) encontrando diferenças significativas entre os sistemas. Com a entalpia, pode-se concluir que, nenhum dos sistemas atendeu às exigências de condicionamento dos leitões nas primeiras duas semanas de vida, sendo os sistemas de lâmpada incandescente, resistência elétrica e lâmpada de infravermelho, eficientes somente a partir de 3ª semana, quando atenderam as exigências de conforto dos leitões.

Pandorfi (2005) utilizou a fórmula de entalpia proposta por Albright (1990), calculando seus valores com base nas condições de conforto dos suínos adaptadas por

Nääs et al. (1998) apud Silva (1999), para caracterizar o conforto térmico de matrizes suínas em gestação, quando confinadas em sistema individual ou baias coletivas encontrando diferença significativa entre os valores entálpicos em ambos os tratamentos, apresentando valores de 63,47 e 62,02 kJ.kg<sup>-1</sup> ar seco, respectivamente, não excedendo o valor limite para este índice e para esta fase de 73,80 kJ.kg<sup>-1</sup> ar seco.

Alves (2006) avaliou bem-estar de aves poedeiras comparando os sistemas cama e ninho em ambiente de produção intensiva, e, para caracterizar o ambiente térmico, utilizou o índice de conforto entalpia em comparação com as variáveis comportamentais e fisiológicas.

Barbosa Filho et al. (2007) avaliaram o comportamento de aves poedeiras em sistema cama ou ninho em substituição às gaiolas (sistema convencional), em câmara climática e utilizaram o índice entalpia para quantificar o ambiente térmico e caracterizar a situação de estresse ou conforto das aves.

Para calcular a entalpia foi utilizada a eq.(2) proposta por Albright (1990), sendo descrita abaixo:

$$h = 1,006t_s + W(2501 + 1,805t_s) \quad (2)$$

em que:

h = Entalpia, kJ kg<sup>-1</sup> ar seco;

t<sub>s</sub> = Temperatura de bulbo seco do ar, °C;

W = Razão de mistura, kg ar seco kg<sup>-1</sup> ar úmido.

Para a pesquisa, foi utilizada a entalpia como índice para quantificar a situação de conforto e estresse dos leitões, em função das faixas de conforto propostas por Nääs (1998) apud Silva (1999). Por se tratar de um índice que quantifica o ambiente ao redor dos animais, a entalpia vem contribuir para o estudo do nível de pressão sonora emitido pelos animais em ambiente controlado e de confinamento, a fim de se buscar uma associação entre a situação do ambiente e a resposta do animal a estas situações.

## 2.4 Nível de pressão sonora (nível de ruído)

### 2.4.1 Conceitos

O ruído na acústica ambiental, segundo Magrab (1975), equivale ao som que não é desejado pelo ouvinte, presumivelmente porque é desagradável ou importuno, interferindo na percepção do som desejado ou psicologicamente prejudicial. Por se considerar como sendo um som não desejado, não tem necessariamente nenhuma característica física particular para distingui-lo do som desejado, conseqüentemente, a palavra “ruído” é usada freqüentemente no lugar do “som” meramente para atentar para a sensação “desconforto”.

Para Almeida (1982), o termo expressa uma sensação subjetiva auditiva, originada por movimento vibratório e propagada através de meios sólidos, líquidos ou gasosos, com uma velocidade diferente, segundo o meio empregado em sua propagação; psicologicamente, entende-se por ruído uma sensação auditiva desagradável, podendo ser classificado de três maneiras: ruído contínuo, ruído flutuante e ruído de impacto (impulsivo). Ruídos contínuos são aqueles cuja variação de nível de intensidade sonora é muito pequena em função do tempo; ruídos flutuantes são aqueles que apresentam grandes variações de nível em função do tempo e ruídos de impacto (impulsivos) são aqueles que apresentam altos níveis de intensidade sonora, num intervalo de tempo muito pequeno.

Em linguagem técnica, o ruído é um som de grande complexidade, resultante da superposição desarmônica de sons provenientes de várias fontes. Seu espectro sempre será uma confusa composição de ondas harmônicas sem qualquer classificação ou ordem de composição (GERGES, 2000).

Em termos de definição, som, seja ele agradável ou não, é qualquer variação de pressão (no ar, água ou outro meio) devido a uma perturbação mecânica que estimule o sistema auditivo humano (FERNANDES, 2000), a esta variação de pressão atribui-se o termo pressão sonora. Qualquer fenômeno capaz de causar ondas de pressão no ar é considerado uma fonte sonora. Pode ser um corpo sólido em vibração, uma explosão, um vazamento de gás a alta pressão, etc.



Basicamente, todo som se caracteriza por três variáveis físicas: timbre, frequência e intensidade. Timbre é a forma de onda da vibração sonora, permite reconhecer a fonte geradora do som. Frequência ( $f$ ) é o número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som. Para uma onda sonora em propagação, é o número de ondas que passam por um determinado referencial em um intervalo de tempo (FERNANDES, 2000).

O ouvido humano é capaz de captar sons de 20 a 20.000 Hz, definida como faixa audível de frequências ou banda audível. Os sons com menos de 20 Hz são chamados de infra-sons e os sons com mais de 20.000 Hz são chamados de ultra-sons (GERGES, 2000).

A intensidade do som é a quantidade de energia contida no movimento vibratório. Essa intensidade se traduz com uma maior ou menor amplitude na vibração ou na onda sonora. Para um som de média intensidade essa amplitude é da ordem de centésimos de milímetros. A intensidade de um som pode ser medida por dois parâmetros: da energia contida no movimento vibratório quantificada em watts por metro quadrado ( $W m^{-2}$ ) ou da pressão do ar causado pela onda sonora quantificada em Pascal ( $Pa = 1 N m^{-2}$ ). Como valor de referência para as medições, fixou-se a menor intensidade sonora audível, que é de  $10^{-12} W m^{-2}$  para energia e  $20\mu Pa$  para pressão sonora (MAGRAB, 1975; GERGES, 2000).

A relação logarítmica entre o nível de intensidade ou pressão sonora aferido no local de estudo e seu respectivo valor de referência, define a unidade de escala "BEL", sendo o "decibel", a décima parte do BEL (MAGRAB, 1975; GERGES, 2000).

A denotação "dB" não representa nenhuma unidade física, mas indica que houve uma transformação logarítmica relacionando unidades físicas conhecidas (potência, pressão sonora). O decibel não é uma unidade de medida, mas apenas uma escala logarítmica (GERGES, 2000). O nível de intensidade acústica é definido pela eq. (3):

$$NI = 10 * \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad (3)$$

em que:

NI = nível de intensidade sonora, dB;

I = intensidade acústica,  $W m^{-2}$ ; e

$I_0$  = intensidade de referência,  $W m^{-2}$ .

A intensidade acústica é proporcional ao quadrado da pressão acústica, então o nível de pressão sonora é dado pela eq. (4):

$$NPS = 10 * \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 * \log \frac{P}{P_0} \quad (4)$$

em que:

NPS = nível de pressão sonora, dB;

P = pressão acústica,  $N m^{-2}$ ;

$P_0$  = pressão de referência mínima audível ( $2 \times 10^{-5} N m^{-2}$ ).

Para captação dos níveis de pressão sonora (ruído) da fonte de interesse, em ambiente onde existam outras fontes emissoras, deve ser considerada a influência de mais uma grandeza atuante no meio, que é o ruído de fundo. Este é definido como ruído ambiental, gerado por outras fontes que não o objeto de estudo (GERGES, 2000).

A equação utilizada para extração do ruído do fundo é em função dos valores de ruídos expressos na escala de decibéis (dB), normalmente fornecidos pelos medidores de pressão sonora. Gerges (2000) propôs a eq. (5), utilizada para este cálculo:

$$NPS = 10 * \log \left( 10^{\frac{L_t}{10}} - 10^{\frac{L_f}{10}} \right) \quad (5)$$

em que:

NPS = nível de pressão sonora sem o ruído de fundo, dB;

$L_t$  = nível de ruído total, dB;

$L_f$  = nível de ruído de fundo, dB.

Os dados obtidos dos níveis de pressão sonora são a principal ferramenta para avaliação dos problemas de ruído em um ambiente, e devem ser captados com equipamentos específicos, tais como os medidores de nível de pressão sonora ou mais conhecidos como decibelímetros, que estejam de acordo com as normas IEC-651 Classe II e ANSI S1.4 Classe II para Medidores de Nível Sonoro (MINIPA, 2002).

Os decibelímetros são compostos de: microfone; atenuador; circuitos de equalização; circuitos integradores e visor (digital ou analógico) graduado em dB, e, obrigatoriamente, contém 2 curvas de ponderação - os circuitos de equalização devem fornecer ao usuário a opção de escolha para as curvas A ou C (Figura 3), sendo que alguns aparelhos contêm as curvas B e D (FERNANDES, 2000).

As curvas de ponderação (ou equalização) são utilizadas para que o aparelho efetue as medições do ruído de acordo com a sensibilidade do ouvido humano. Essa equalização é dada pela curva "A" que atenua os sons graves, dá maior ganho para a banda de 2 a 5 kHz, e volta a atenuar levemente os sons agudos, sendo exatamente a curva de sensibilidade do ouvido. A curva de ponderação "C" é quase plana e foi incorporada aos medidores, caso haja necessidade de medir todo o som do ambiente (sem filtros), ou para avaliar a presença de sons de baixas frequências. A Figura 3 ilustra que a grande diferença entre as Curvas "A" e "C" está na atenuação para baixas frequências. Portanto, se, durante uma medição de ruído, existir uma grande diferença entre os valores medidos na escala "A" e "C", significa que grande parte do ruído encontra-se na faixa de baixas frequências (FERNANDES, 2000).

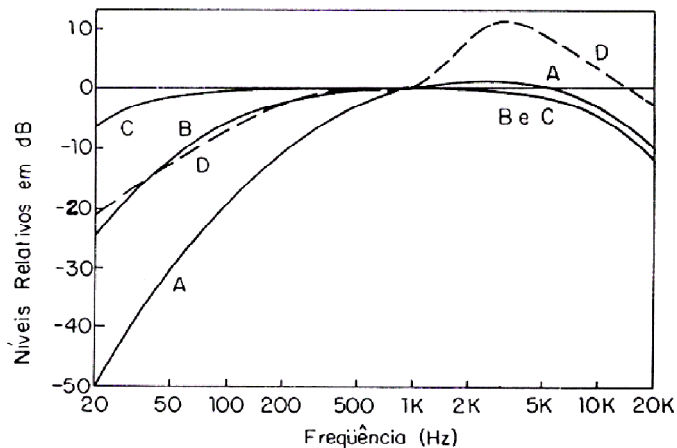


Figura 3 - Curvas de ponderação A, B, C e D  
Fonte: Sampaio (2004)

## Referências

ALBRIGHT, L.D. **Environment control for animals and plants**. St Joseph: ASAE, 1990. 453 p. (ASAE Textbook, 4).

ALMEIDA, E.R., CAMPOS, A.C.; MINITI, A. Estudo audiométrico em operários da seção de “teste de motores” de uma indústria automobilística. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 16-28, 1982.

ALVES, S.P. **Uso da zootecnia de precisão na avaliação do bem estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de criação**. 2006. 128 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Disponível em: <[www.abipecs.org.br](http://www.abipecs.org.br)>. Acesso em: 17 ago. 2008.

BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; SILVA, I.J.O.; SILVA, M.A.N.; SILVA, C.J.M. Avaliação dos comportamentos de a ves poedeiras utilizando seqüência de imagens. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.21, n.1, p.93-99, jan/abr, 2007.

BROOM, D.M. Animal welfare defined in terms of attempts to cope with the environment. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Section A, Animal Science, Stockholm, suppl. 27, p. 22-28, 1996.

BUFFINGTON, D.E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 3, p. 711-714, July/Aug. 1981.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. West Port: Avi Publ., 1978. 325 p.

FERNANDES, J.C. **Acústica e ruídos**: apostila do curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Bauru: UNESP, 2000. 51 p.

GERGES, S. N. Y. **Ruído**: fundamentos e controle. Florianópolis: DEM, UFSC. 1992. 576p.

INGLATERRA. Department for Environment, Food and Rural Affairs. **Meat chickens and breeding chickens. Code of recommendations for the welfare of livestock**

Disponível em:

<<http://www.defra.gov.uk/animalh/welfare/farmed/meatchks/meatchkscode.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2008.

MAGRAB, E.B. **Environmental noise control**. New York: Wiley, 1975. 299 p.

MINIPA. **Manual de instruções do decibelímetro digital**: modelo MSL - 1352C. São Paulo, 2002. 30 p.

MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A. Estudo comparativo de índices de conforto térmico na produção animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1993. p. 42-46.

MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A.; SILVA, I.J.O.; SEVEGNANI, K.B.; ARADAS, M.E.C. The use of enthalpy as a thermal confort index. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF LIVESTOCK ENVIRONMENT, 5., 1997, Bloomington. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1997. v. 1, p. 577-583.

NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Editora Ícone, 1989. 183 p.

\_\_\_\_\_. **O bem-estar de frangos de corte**: vantagem do Brasil? 2005. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/reportagem/reportagem.asp?codigo=38>>. Acesso em: 07 nov. 2008.

PANDORFI, H. **Avaliação do comportamento de leitões em diferentes sistemas de aquecimento por meio da análise de imagens e identificação eletrônica**. 2002. 88 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

\_\_\_\_\_. **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: Suinocultura de precisão**. 2005. 137 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ROPPA, L. BRASIL: o consumo de carnes passado a limpo. **Revista Porkworld**, Campinas, n. 43, p. 16-22, 2008.

SAMPAIO, C.A.P.; NÄÄS, I.A.; BARACHO, M.S.; SALGADO, D.D. Poluentes aéreos na produção de Suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35, 2006, João Pessoa, 2006. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. 1 CD-ROM

SILVA, I.J.O. Sistemas naturais e artificiais do controle do ambiente – climatização. In: \_\_\_\_\_. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. cap. 7, p. 149-179.

SILVA, K.O. **Viabilidade do uso da rastreabilidade eletrônica na produção de suínos**. 2004. 138 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVA, W.T. **Desenvolvimento de um sistema para estimativa de bem-estar a partir de dados de vocalização de suínos**. 2008. 108 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SWANSON, J. C. Farm animal well-being and intensive production systems. **Journal of Animal Science**, Bethesda, v. 73, p. 2744-2751, 1995.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, Philadelphia, v. 12, p. 57-59, 1959.

TINÔCO, I.F.F., FIGUEIREDO, J.L.A., SANTOS, R.C., SILVA, J.N., PUGLIESI, N.L. Placas porosas utilizadas em sistemas de resfriamento evaporativo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 17-23, 2004.

VALE, M.M.; ALVES, C.S.; CARVALHO, T.M.R.; SILVA, W.T.; MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A. Análise do comportamento e vocalização de frangos de corte pela captura combinada de som e imagem aos 14 dias de criação submetidos a reduções cíclicas de temperatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2006. 1 CD-ROM

### 3 USO DA GEOESTATÍSTICA PARA AVALIAR A CAPTAÇÃO AUTOMÁTICA DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA

#### Resumo

A busca por metodologias de coleta automática dos níveis de pressão sonora (ruído) emitidos por animais em sistema intensivo de produção ainda são escassas na literatura. Com as questões relacionadas ao bem-estar animal e a evolução da zootecnia de precisão, tem-se buscado por métodos não-invasivos para quantificar e qualificar tal situação. Pesquisas relacionando a resposta do animal, seja por ruído ou vocalização, quando em ambientes de produção intensiva, despontam como proposta futura para quantificar situações de conforto e desconforto térmico, que muito podem afetar o desempenho produtivo do animal, podendo acarretar perdas na produção. As metodologias descritas na literatura não utilizam sistemas automáticos para captar os níveis de pressão sonora emitidos no ambiente, seja pelo animal ou qualquer outra fonte sonora, podendo prejudicar a captura real dos níveis sonoros emitidos pelos animais, devido à presença humana influenciar a liberdade dos animais expressarem comportamentos normais. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho, estudar a influência da distribuição dos decibelímetros (que são medidores de pressão sonora) na captação automática dos níveis de pressão sonora, em ambiente de produção intensiva. O experimento foi conduzido em uma granja comercial de suínos situada em Monte Mor – SP, sendo utilizada uma sala do galpão de creche para avaliar dois *layouts* de distribuição dos decibelímetros. A sala foi dividida em dez quadrantes idênticos e os decibelímetros foram instalados no centro geométrico de cada quadrante. Foram testados dois *layouts*, sendo um com dez decibelímetros (quadrantes completos) e outro com cinco (incompletos) dispostos na forma “zigue-zague”. Os níveis de pressão do ambiente foram registrados em todos os equipamentos ao mesmo tempo. Utilizou-se a geoestatística para avaliar a possibilidade de dependência espacial entre os decibelímetros e para predizer os níveis de pressão sonora em locais onde não foram instalados decibelímetros. Como estatística básica, utilizou-se a correlação entre os dados adquiridos em cada decibelímetro para os *layouts* estudados. Utilizando a geoestatística foi possível afirmar que não houve dependência espacial entre os pontos de captura dos níveis de pressão sonora em cada um dos *layouts* estudados, e esta afirmação pôde ser confirmada por intermédio da análise de correlação entre os dados armazenados em cada decibelímetro, para ambos os *layouts*. Pela proximidade dos valores de correlação encontrados, em cada *layout* estudado, verifica-se a homogeneidade da propagação dos níveis de pressão sonora no interior da instalação, podendo concluir que, para o ambiente avaliado, faz-se suficiente a utilização de somente um equipamento para a captação automática dos níveis de pressão sonora.

Palavras-chave: Distribuição espacial; Decibelímetros; Suínos; Ruído animal; Metodologia

## Abstract

The search for methodologies of automatic collection of sound pressure levels (noise) emitted by animals in intensive production systems are still scarce in the literature. With questions related to animal welfare and animal precision livestock farming's evolution, it is being searched non invasive methods to quantify and qualify such situation. Researches relating animal's answer, be it by noise or vocalization when in intensive production environments, overtopping as a future propose to quantify situations of thermal comfort and discomfort that can affect a lot animals productive performance, which can lead to losses on production. Methodologies described in the literature do not use automatic systems to capture sound pressure levels emitted in the environment, be it by the animal or by any other sound source, which can prejudice real capturing of sound levels emitted by the animals, due to humane presence influences animals freedom to express normal behaviours. Thus, the objective of this work was to study the influence of distribution of the decibelimeters (which are measurers of sound pressure) in sound pressure levels' automatic capturing, in a intensive production environment. Experiment was conducted in a commercial swines farm situated in Monte Mor – SP, where was used a room from nursering's shed to evaluate two distributions layouts of the decibelimeters. The room was divided in ten identical quadrants and decibelimeters were installed in the geometrical centre of each quadrant. Two layouts were tested, where one had ten decibelimeters (complete quadrants) and another with five (incomplete) arranged in a zigue-zague form way. Environment pressure levels were registered in all equipments at the same time. Geostatistical was used to evaluate the possibility of spatial dependence among the decibelimeters and to predict sound pressure levels in places where decibelimeters were not installed. As elementary statistics, correlation was used between data acquired in each decibelimeter to the studied layouts. By the use of geostatistics was possible to affirm that did not have spatial dependence among the points of sound pressure levels capturing in each of the studied layouts, and this affirmation could be confirmed through correlation analysis between stored data in each decibelimeter, to both layouts. Due to proximity of correlation values found, in each studied layout, was verified the homogeneity of sound pressure levels' propagation inside the installment, making possible to conclude that, to the evaluated environment, it is enough the use of just one equipment to capture automatically sound pressure levels.

Keywords: Spatial distribution; Decibelimeters; Swine; Animal noise; Methodology



### 3.1 Introdução

Para melhor avaliar o ambiente de produção animal, tem-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, utilizar-se de uma metodologia adequada e confiável para coleta dos dados torna-se imprescindível para uma análise mais exata dos dados.

O estudo dos níveis de pressão sonora animal (níveis de ruído) caracteriza-se pelos níveis sonoros emitidos por um grupo de animais confinados em um mesmo ambiente e, a vocalização vem sendo utilizada por pesquisadores da área na tentativa de estabelecer alguns padrões de sons emitidos pelos animais, de forma individual, a fim de caracterizar alguma situação, como por exemplo, diferentes tipos de tosse do animal como maneira de identificar diferentes tipos de doença respiratória (VAN HIRTUM; BERCKMANS, 2003), comportamento (JENSEN; ALGERS, 1983; WEARY et al., 1999), comportamento de porca liberando o leite aos leitões (ILLMANN et al., 1999; RISI, et al., 2007) e comportamento de dor, injúria (MARX et al., 2003). Todos esses trabalhos buscam por uma resposta do animal, com a finalidade de utilizá-lo como um biosensor, ou seja, ele próprio controlar todo seu ambiente de produção desde alimentação até sensações térmicas confortantes ou não, seja por pressão sonora (ruído) ou vocalização.

Em relação ao tipo de metodologia adequada para captação de dados de pressão sonora dos animais, nada se tem na literatura. 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 um galpão de creche e de 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 com a 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 (área de 2 x 2m<sup>2</sup>), e os dados de pressão sonora (ruído) foram coletados, 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 coleta talvez tenha influenciado para que não houvesse correlação entre as variáveis estudadas, devido à presença humana no ambiente dos suínos, alterando o modo normal dos animais expressarem seu comportamento.

São escassas as metodologias para captação automática dos níveis de pressão sonora dos animais durante sua fase de criação, não existindo afirmações concretas para número e tipo de decibelímetros ideal, que devam ser utilizados para coleta 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 coletados (*datalogger*), facilitando sua inserção no ambiente produtivo, sem necessidade do pesquisador manusear o equipamento para adquirir os dados e alterar o modo como os animais respondem ao ambiente no qual estão inseridos.

Isso 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 ser de fundamental importância para a coleta 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.**

## 3.2 Material e Métodos

### 3.2.1 Descrição geral

A pesquisa foi realizada durante o mês de setembro de 2007, em uma granja comercial de produção de suínos (Granja Mami) 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 (Figura 4).



Figura 4 - Vista superior da Granja Mami – Monte Mor – SP  
Fonte: Google Earth®

Durante o período de 20 dias, foram testados dois *layouts* de distribuição dos decibelímetros para a captação dos níveis de ruídos (dB) em uma sala de um galpão de creche, sendo que, para cada configuração, foram 10 dias de captação dos dados.

Foram testados dois tipos de *layouts* de distribuição dos decibelímetros no interior da sala, sendo descritos e implantados de acordo com o croqui elaborado com auxílio do software AutoCAD® (Figura 5):

- *Layout 1*: quadrantes completos – dez decibelímetros instalados no centro geométrico de cada quadrante;
- *Layout 2*: quadrantes incompletos – cinco decibelímetros instalados na forma zigue-zague e no centro geométrico dos quadrantes.

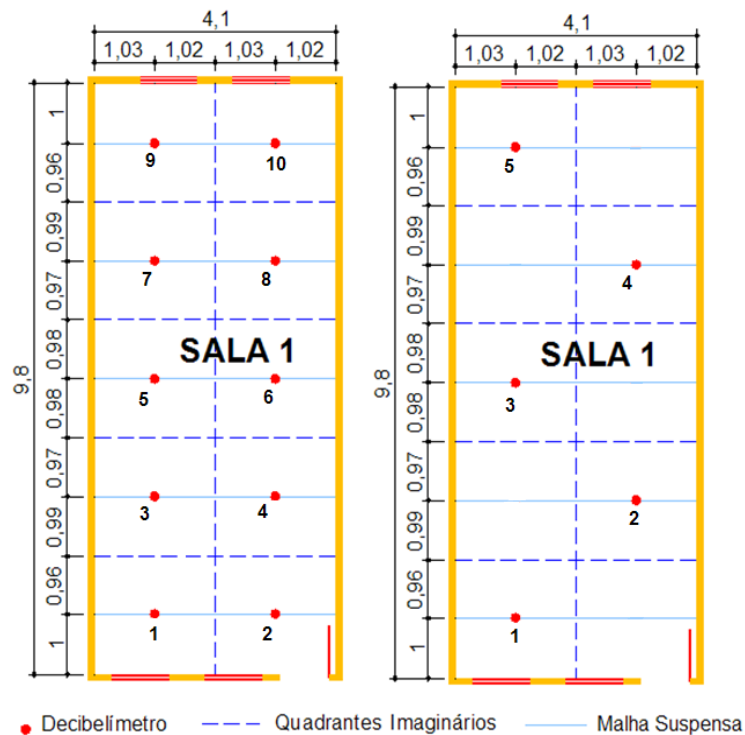


Figura 5 - Croqui dos *Layouts* de distribuição e a posição dos decibelímetros na sala do galpão de creche - *Layouts* 1 e 2, respectivamente

### 3.2.2 Características da sala de creche

A sala possuía dimensões de 9,80m de comprimento por 4,10m de largura (medidas internas), pé direito no centro da instalação de 4 metros e nas extremidades de 3,6 metros, telhado estruturado em madeira e cobertura de telhas de cimento amianto (sem forro), quatro janelas metálicas de 1m de largura por 1m de comprimento, uma porta metálica de 0,85m de largura por 2,10m de altura; cada sala possuía quatro baias suspensas a uma altura de 0,60m do piso.

O piso das baias era um misto de três tipos diferentes: concreto áspero, ripado de material plástico e lâmina d'água em toda a extensão da sala. As baias possuíam

dimensões de 3m de largura por 2,45m de comprimento, sendo separadas por grades metálicas com 0,65m de altura e existia um corredor de 1,10m de largura em toda a extensão das salas, para circulação de funcionários.

### 3.2.3 Instalação dos equipamentos

O decibelímetro (Figura 6a) utilizado foi da empresa Minipa<sup>®</sup>, modelo MSL 1352C, calibrado de fábrica, de acordo com as normas IEC-651 Classe II e ANSI S1.4 Classe II para Medidores de Nível Sonoro, sendo um instrumento digital portátil, com *display* LCD de 4 dígitos, de acordo com a norma IEC651 Tipo II, com interface RS-232 (comunicação com o computador) e software; com registro de máximo e mínimo, resposta rápida (FAST) e lenta (SLOW), microfone de eletreto de 1/2", faixa dinâmica de 100dB, faixa de freqüência de 31,5Hz a 8kHz, precisão de +/-1,5dB (94dB/1kHz), ponderação A e C em freqüência e faixa de medida de 30dB a 130dB, tipo *datalogger*, com capacidade de armazenamento de 32.000 registros (MINIPA, 2002).

Para a calibração periódica dos decibelímetros foi utilizado um calibrador de nível sonoro (Figura 6b) da marca Minipa<sup>®</sup>, modelo MSL-1326, calibrado de fábrica, de acordo com as normas ANSI S1.4-1984 e IEC60942-2003 Classe 2 (MINIPA, 2004). Este equipamento possui nível de calibração de 94dB e 114dB (20 $\mu$ Pa sob condições de referência), freqüência de saída de 1000Hz ( $\pm$  2%), distorção harmônica total (THD) menor que 3% e precisão do nível de pressão sonora  $\pm$ 0.5dB.



Figura 6 - Equipamento utilizado para captar os dados de pressão sonora (ruído) dos animais - Decibelímetro (a) e equipamento utilizado para calibrar os decibelímetros - Calibrador de Nível Sonoro (b)

Para a distribuição dos decibelímetros no interior da sala, uma malha suspensa foi instalada, sendo composta por 5 fios em arame liso a uma altura de 2 metros do piso do galpão e/ou a 1,40m do piso das baias. A instalação da malha suspensa fez-se necessária para a locação dos equipamentos utilizados no experimento, para que não estivessem acessíveis aos animais e, ao mesmo tempo próximos, para uma maior precisão na coleta 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 vários dias de coleta ininterrupta.

O interior da sala de creche foi dividido em 10 quadrantes idênticos de 2,05m de largura por 1,96m de comprimento para a instalação dos decibelímetros no centro geométrico dos quadrantes, a uma distância mínima de 1 metro de quaisquer superfícies, como paredes, teto, pisos (ABNT, 2000) (Figura 7).

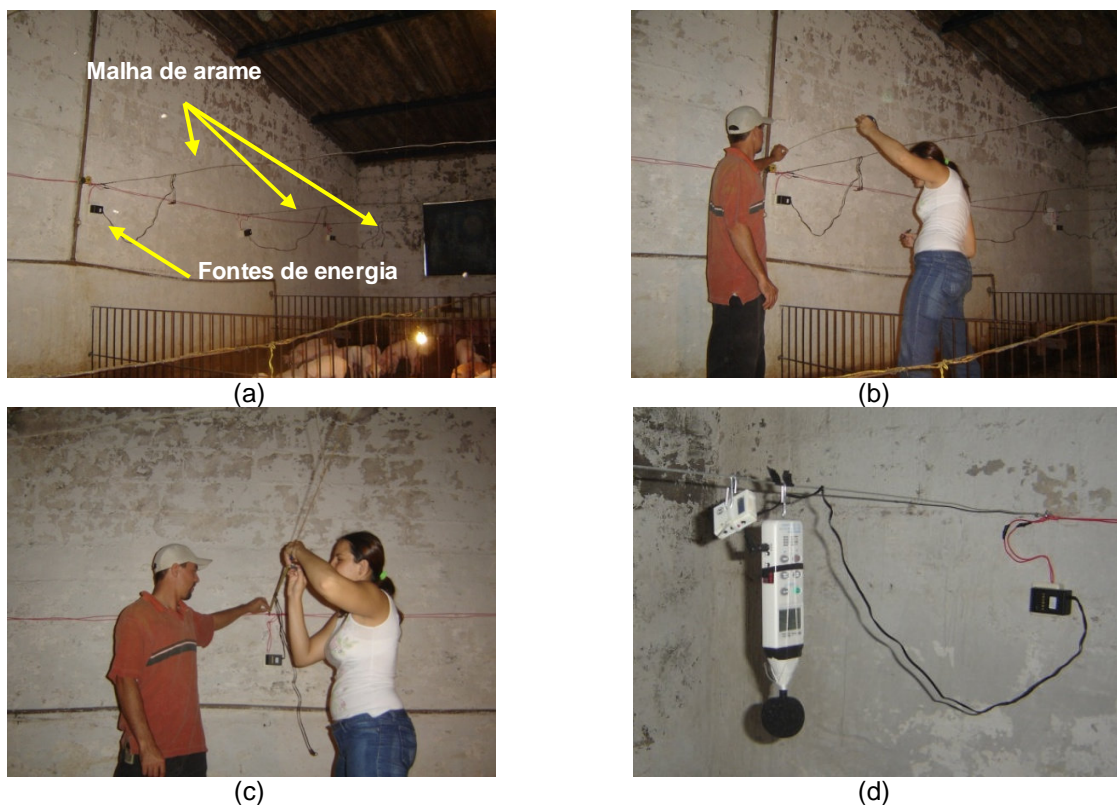


Figura 7 - Etapas da instalação dos decibelímetros no interior da sala de creche: (a) instalação da malha de arame, instalação elétrica (tomadas de energia), (b) (c) (d) locação e instalação dos decibelímetros

### 3.2.4 Programação dos decibelímetros

Para captar os dados de pressão sonora, os decibelímetros foram programados para armazenar os dados a cada minuto (leitura espontânea), pois o equipamento não fornece outra opção de intervalo de coleta dos dados. Para a ponderação dos dados, foi adotado o nível “C”, pois, de acordo com Gerges (2000) e Fernandes (2002), este nível vem sendo considerado para aferir níveis de pressão sonora do ambiente, sem utilização de filtros, podendo captar sons de baixa frequência. Já o nível “A” vem sendo mais utilizado para simular o 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 8).



Figura 8 - Programação dos decibelímetros em campo

### 3.2.5 Captação dos níveis de pressão sonora

Os níveis de pressão sonora (ruído) foram coletados durante 10 dias consecutivos para cada um dos *layouts* avaliados (Figura 9 e 10).



Figura 9 - Fotos da instalação dos 10 decibelímetros (*layout 1*) no interior da sala de creche de suínos. Fotos da direita e da esquerda representam, respectivamente, o lado direito e esquerdo da instalação



Figura 10 - Fotos da instalação dos 5 decibelímetros (*layout 2*) no interior da sala de creche de suínos, na distribuição em zigue-zague

Os dados armazenados foram coletados a cada minuto em cada decibelímetro, totalizando em média 14400 valores. Os dados foram organizados em médias para cada decibelímetro e cada *layout*, para posterior análise geoestatística.



### 3.2.6 Análise Estatística

#### 3.2.6.1 Geoestatística

Para os dados adquiridos foi utilizada a geoestatística para a busca de informação quanto à dependência espacial dos dados de pressão sonora (ruído) resultantes dos dois *layouts* de distribuição dos decibelímetros dispostos na sala de creche.

Para o atributo aleatório, dado coletado, foi utilizado o nível de pressão sonora (ruído), em decibéis (dB), armazenado nos decibelímetros. Os dados foram obtidos por 10 decibelímetros (*Layout 1*) e, posteriormente, por 5 decibelímetros (*Layout 2*). Trata-se de uma coleta pontual de dados ao longo do tempo, em coordenadas pré-estabelecidas como ilustrado na Figura 5 (pág. 43).

Os modelos geoestatísticos apresentam, como citam Diggle e Ribeiro Jr. (2006), um processo subjacente  $S(x)$  e a resposta  $Y_i$  em que a variável aleatória deve ser  $n$ -dimensional ( $Y_1...Y_n$ ). Pode-se dizer que  $S(x)$  representa as medidas feitas do atributo aleatório  $Y(x)$ , que neste caso específico é o nível de ruído em cada um dos decibelímetros.

Para a análise dos dados, o software estatístico *R* versão 2.3.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006) e o pacote *geoR* foram utilizados, possibilitando o processamento de informações para a análise geoestatística.

Para a análise dos dados, primeiramente foi preciso transformá-los em formato *geodata* para que fosse feita a leitura dos mesmos pelo *geoR*. Um objeto *geodata*, segundo Diggle e Ribeiro Jr. (2006) é uma lista que possui dois componentes obrigatórios: uma matriz com duas dimensões de coordenadas do espaço amostral (*coords*) e um vetor que contém os valores em cada local do espaço (*data*). Faz-se necessário que os dados tenham coordenadas  $x$  e  $y$ , pois, tratando-se de um estudo de dependência espacial, a localização dos mesmos em um dado espaço torna-se fundamental e a elaboração adequada de um bom sistema de coordenadas facilita as análises.

Assim é possível conhecer os dados em formato de matriz que apresenta as coordenadas  $x$  e  $y$  (*coords*) e os dados de interesse (*data*). Foram inseridas as bordas

ao *script* do *R* conforme as medidas da sala mostrada anteriormente em esquema da Figura 5.

Com a função *summary* foi possível conhecer a estatística descritiva do conjunto de dados. Gráficos de distribuição de pontos foram gerados e também o histograma para a verificação de normalidade e simetria dos mesmos. Neste último gráfico, fora informado que não havia possibilidade de normalização dos dados devido ao valor próximo à unidade (1) parâmetro sigma.

Os gráficos referentes aos dados de pressão sonora e coordenadas da sala servem para informar as tendências da variável resposta (níveis de pressão sonora) em relação às orientações leste-oeste e norte-sul (coordenadas da sala), caso necessárias para adoção nos modelos a seguir apresentados. A análise de tendências nem sempre é conclusiva, portanto não deve ser tomada como único artifício para análise das orientações.

Os semivariogramas auxiliam na visualização dos comportamentos dos dados e também seu nível de diferenças entre as distâncias euclidianas a partir do comando *variog* (DIGGLE; RIBEIRO JR., 2006)

Após os procedimentos mencionados acima, alguns modelos foram ajustados à função de semivariância, pelo método da Máxima Verossimilhança, o qual calcula de forma estimada os parâmetros no modelo Gaussiano, através da função *likfit*, que são mencionados abaixo:

$\Phi$  (1/3 da variância com curva do semivariograma estabilizada),  
 $\sigma^2$  (variância) e  
 $\zeta^2$  (variância dos ruídos)

Assim é possível verificar a presença ou não de dependência espacial entre os decibelímetros, para cada layout estudado.

Os modelos foram escolhidos conforme o comportamento dos dados, sendo uma etapa de trabalho muito importante e responsável pela eficiência da análise de geoestatística.

Após a escolha do modelo, foi feito o processamento dos dados pelo método da Krigagem que estima um valor desconhecido da variável aleatória e, em seguida, fez-se uma amostragem de regiões que não apresentaram dados de coleta, ou seja, as áreas

onde não havia decibelímetros para aquisição de dados. A eficiência desta amostragem foi consequência do modelo escolhido em etapa anterior. Dessa forma foi possível conhecer as variâncias dos pontos preditos e, através do comando *image*, construir um mapa com um gradiente de cores que corresponde às predições dos níveis de pressão sonora (ruídos) geradas pelo modelo escolhido, o que proporciona a variação espacial dos pontos de análise.

### **3.2.6.2 Análise de Correlação**

Para cada *layout* avaliado foram feitas análises de correlação entre os pontos de coleta, ou decibelímetros, para avaliar o quanto os níveis de pressão sonora (ruído) mostravam-se desiguais em cada equipamento.

## **3.3 Resultados e Discussão**

### **3.3.1 Análise descritiva dos dados para os *layout 1* e *layout 2***

#### **3.3.1.1 Descrição do *layout 1* (quadrantes completos)**

A Figura 11 ilustra os gráficos exploratórios, para o *layout* estudado, referentes à disposição dos decibelímetros na instalação e às tendências dos níveis de pressão sonora (ruído) em relação às orientações norte – sul (comprimento da sala) e leste – oeste (largura da sala) no interior da sala de creche. Foram inseridas curvas de tendências para a verificação das orientações definidas nos dados de pressão sonora, e o histograma com as médias de cada equipamento ao longo de um dia de coleta foi apresentado.

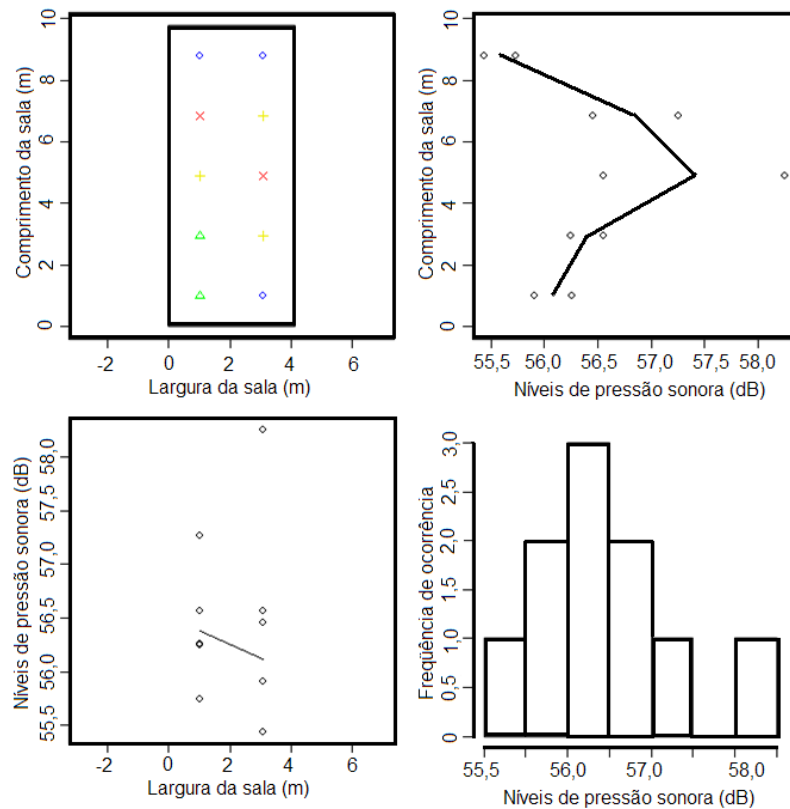


Figura 11 - Representação gráfica da análise descritiva dos níveis de pressão sonora (ruído) no interior da sala, para o *layout 1*

Dos dez dias de experimento, apenas o primeiro dia apresentou diferença nos níveis de pressão sonora em relação às curvas de tendências traçadas, os demais dias apresentaram sempre o mesmo padrão devido ao manejo constante na granja ao longo do dia. O primeiro dia foi diferente por motivo alheio ao experimento, como visitas e equipamentos que foram ligados que estavam fora do padrão de operações da rotina da granja (tais como: lavagem das salas e visitas de técnicos para vistoria).

A normalidade em todos os casos não foi possível devido ao parâmetro *lâmbida* ( $\lambda$ ) ser próximo à unidade. Portanto, as transformadas *Box-Cox* não foram aplicadas. O comando *trend* foi utilizado para a definição de modelos e suas co-variáveis. Assim, 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  
(*trend*~*coords*[,1])
- Modelo linear de segunda ordem, sem efeito de direção norte-sul  
(*trend*~*coords*[,2])

O semivariograma referente ao último modelo apresentou uma maior estabilidade de curva de modo descendente para todos os dias analisados. Este modelo a priori poderá apresentar um padrão de dependência espacial.

Conforme Diggle e Ribeiro (2006), apesar da análise feita, convêm 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. Foi possível, assim, calcular o valor de *logL* para cada modelo escolhido anteriormente referente ainda a cada um dos dias de análise. Os valores para o modelo 1, 2 e 3, encontrados para o primeiro dia, foram respectivamente:

1. -8.48

2. -8.47

3. -6.20

O modelo 3 foi escolhido, como antes comentado, por apresentar o maior valor de *logL*, e isto repetiu-se para os demais dias de coleta de dados. Para que o modelo 3 pudesse prever os dados, os parâmetros encontrados pelo programa R foram adotados. Um *grid* de pontos foi então estipulado para que os dados fossem preditos conforme modelo adotado. O comando utilizado foi o *expand.grid*, informando os limites e pontos a serem amostrados na região onde se encontravam os decibélimetros (Figura 12).

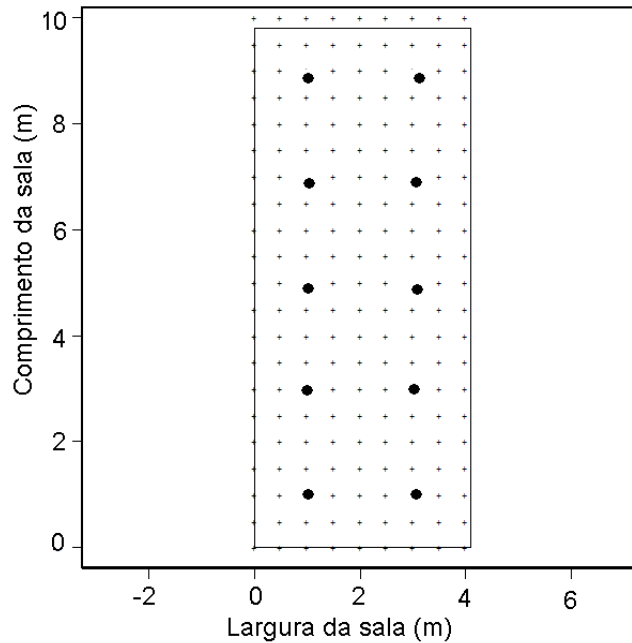


Figura 12 - Malha de pontos, gerada para definir os limites da área da sala de creche e definir os pontos de coleta de dados, para posterior krigagem

A Figura 13 ilustra o mapa de krigagem gerado com base nos níveis de pressão sonora preditos pelo modelo adotado. A escala de tons de cinza foi ajustada para adequar-se aos valores dos dados que refletem as situações diversas de níveis de pressão sonora ao longo da sala. Os valores mínimos e máximos de pressão sonora ficaram entre 56,35 e 56,55 dB, a diferença entre o valor mínimo e máximo, mostrando a homogeneidade dos dados no sentido do comprimento da instalação, podendo ser um indicativo de ausência de dependência espacial entre os pontos de coleta, pois, a presença dos decibelímetros não influenciou na alteração da captação automática dos níveis de pressão sonora no interior da sala estudada. Os mapas mostram, por intermédio dos diferentes tons de cinza, a emissão de pressão sonora captada pelos decibelímetros ao longo da instalação.

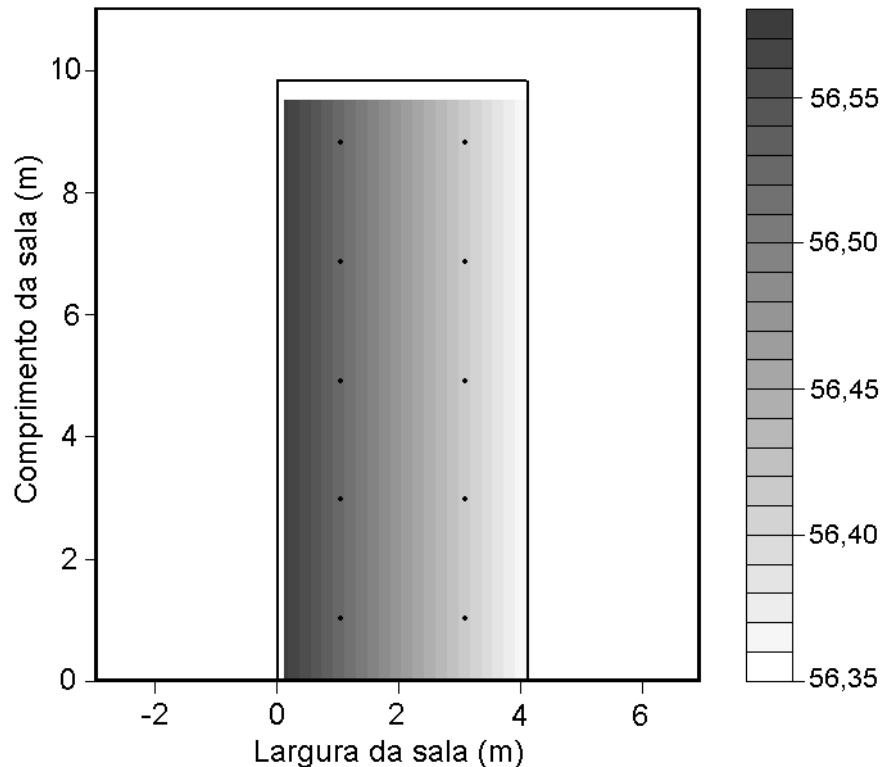


Figura 13 - Mapa de Krigagem gerado a partir dos dados de pressão sonora (ruído) coletados pelos decibelímetros para o *layout 1*

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 situarem-se próximos uns dos outros.

### 3.3.1.2 Descrição do *layout 2* (quadrantes incompletos – Forma “Zigue-zague”)

Para o *layout 2*, o mesmo procedimento de análise foi adotado, para verificar se, na ausência de equipamentos, o comportamento dos dados seria semelhante. A Figura 14 ilustra os gráficos exploratórios, para o *layout 2* estudado, referentes à disposição dos decibelímetros na instalação e às tendências dos níveis de pressão sonora (ruído) em relação às orientações norte – sul (comprimento da sala) e leste – oeste (largura da sala) no interior da sala de creche. Foram inseridas curvas de tendências para a

verificação das orientações definidas nos dados de pressão sonora e o histograma com as médias de cada equipamento ao longo de um dia de coleta foi apresentado.

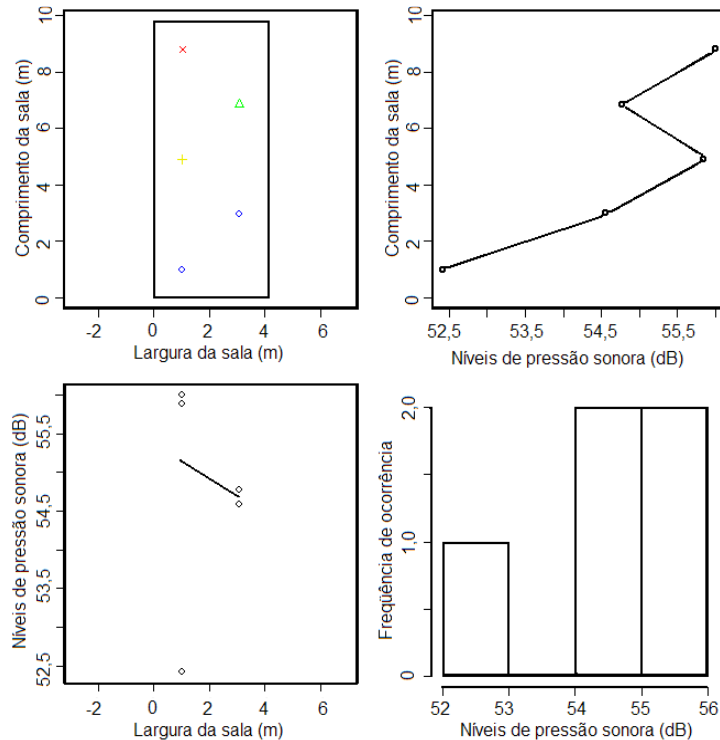


Figura 14 - Representação gráfica de dois dias de análise descritiva dos níveis de ruído no interior do galpão utilizando o *layout 2*

Os dados de pressão sonora (ruído) coletados não apresentaram distribuição normal, e não foram passíveis de normalização devido ao valor próximo da unidade do parâmetro *lambda* ( $\lambda$ ), como mencionado anteriormente.

Os modelos utilizados foram os mesmos adotados para o *layout* anterior, apenas os ajustes que foram diferenciados pelo comando *likfit* e, portanto, houve nova adoção de parâmetros. O comando utilizado foi o *expand.grid*, o qual informa os limites e pontos a serem amostrados na região onde se encontram os decibelímetros. O comando *expand.grid* utilizou a mesma malha de plotagem anterior (Figura 15), informando os limites e pontos a serem amostrados na região onde os decibelímetros foram distribuídos. Os parâmetros específicos para esta distribuição foram adotados e resultaram no mapa de krigagem (Figura 16).



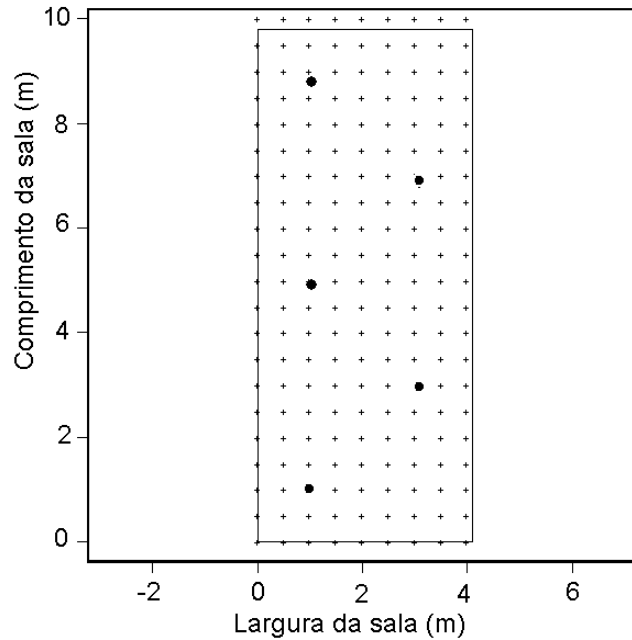


Figura 15 - Malha de pontos, gerada para definir os limites da área da sala de creche e definir os pontos de coleta de dados, para posterior krigagem

Os valores mínimos e máximos de pressão sonora ficaram entre 54,65 e 54,80 dB. Essa diferença, como explicado para o *layout* anterior, mostrou a homogeneidade dos dados no sentido do comprimento da instalação, podendo ser um indicativo de ausência de dependência espacial entre os pontos de coleta.

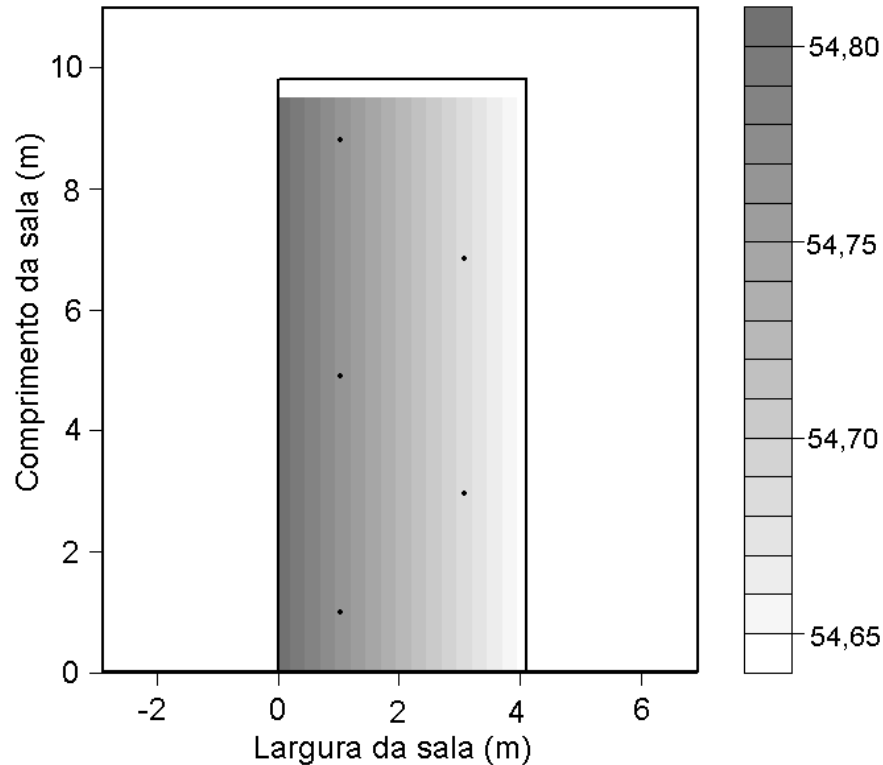


Figura 16 - Mapa de krigagem gerado a partir dos dados coletados pelos decibelímetros para a configuração 2

Foram comparados os mapas de krigagem resultantes de cada *layout* estudado com a finalidade de verificar se os valores de pressão sonora captados pelos decibelímetros, nos diferentes *layouts* de instalação, foram condizentes entre os decibelímetros, em cada situação específica. Não foi objeto de estudo comparar os dados entre as configurações, pois não foram passíveis de comparação, visto que os layouts foram testados em épocas diferentes e não no mesmo período.

Foi possível perceber pelos mapas de krigagem que os níveis de pressão sonora captados pelos decibelímetros ao longo da instalação apresentaram valores muito próximos, variando de 56,35 a 56,55 dB para a utilização de dez decibelímetros e 54,65 a 54,80 dB para a utilização de cinco decibelímetros, verificando a não dependência espacial entre os pontos, em ambas as distribuições, pois, a variação do nível sonoro na instalação foi homogênea, como pôde ser visualizado pelos mapas de krigagem das

Figuras 13 e 16. O que pôde colaborar de forma decisiva para a conclusão acima mencionada, foi o número de repetição destes dados ao longo de 10 dias de análise.

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 equipamentos diferiram entre si, em termos de valores dos níveis de pressão sonora (ruídos), e verificar que, tanto no *layout 1* quanto o *layout 2* a diferença encontrada nos valores coletados não influenciou a coleta de dados. Isso se deve ao fato de a área da sala ser relativamente pequena e o nível de pressão sonora captado estar concentrado nesta área, sem problemas de propagação do som.

### 3.3.2 Análise de correlação dos dados para os *layout 1* e *layout 2*

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

As Tabelas 1 e 2 mostram a análise descritiva dos dados, tais como valores médios, desvio padrão, somatório, mínimo e máximo dos dados de pressão sonora armazenados nos decibelímetros, para cada dia de coleta, em cada *layout* estudado.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos dados captados pelos decibelímetros, para o *layout 1* (quadrantes completos)

<b>Decibelímetros</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Total</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
1	10	56,41	1,23	564,06	55,65	59,80
2	10	56,20	1,22	562,01	55,40	59,54
3	10	56,26	1,18	562,61	55,55	59,50
4	10	56,67	1,20	566,69	55,84	59,94
5	10	57,21	1,42	572,10	56,21	59,91
6	10	58,10	1,14	580,95	56,07	60,72
7	10	57,20	1,05	571,99	55,72	59,84
8	10	56,45	1,06	564,50	55,76	59,35
9	10	55,89	1,21	558,89	55,09	59,21
10	10	55,72	1,33	557,17	54,73	59,23

Tabela 2 – Estatística descritiva dos dados captados pelos decibelímetros, para o *layout 2* (quadrantes incompletos)

<b>Decibelímetro</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Total</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
1	10	52,98	0,98	529,76	51,04	54,12
2	10	55,30	0,62	552,97	54,41	56,30
3	10	56,37	0,54	563,66	55,56	57,19
4	10	55,22	0,61	552,20	54,35	56,15
5	10	56,54	0,60	565,44	55,66	57,37

Os dados foram analisados com o auxílio do software estatístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2004), utilizando a rotina de procedimento *procCORR* para análises de correlação de Pearson. Os resultados são apresentados nas Tabelas 3 e 4, sendo respectivos aos *layouts 1* (10 decibelímetros) e *2* (cinco decibelímetros). Para o estudo em questão, o objetivo foi verificar a igualdade entre os dados coletados em cada decibelímetro no interior da sala de creche de suínos.

Quanto à Tabela 3, esta mostra a correlação entre os dados de pressão sonora captados por cada decibelímetro, no *layout 1* de distribuição dos equipamentos, com os quadrantes totalmente preenchidos no interior da sala de creche.

Tabela 3 – Correlação entre os níveis de pressão sonora coletados no *layout* 1 de distribuição dos decibelímetros

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1</b>	1									
<b>2</b>	0,99** < 10 <sup>-4</sup>	1								
<b>3</b>	0,97** < 10 <sup>-4</sup>	0,98** < 10 <sup>-4</sup>	1							
<b>4</b>	0,95** < 10 <sup>-4</sup>	0,96** < 10 <sup>-4</sup>	0,99 < 10 <sup>-4</sup> **	1						
<b>5</b>	0,79** 0,007	0,78** 0,0081	0,63* 0,0496	0,59 NS 0,0739	1					
<b>6</b>	0,75* 0,0129	0,76* 0,0103	0,88** 0,0009	0,90** 0,0004	0,19 NS 0,5984	1				
<b>7</b>	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			
<b>8</b>	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		
<b>9</b>	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	
<b>10</b>	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.

Para o *layout* 1, onde foram distribuídos os dez decibelímetros, verificou-se uma elevada correlação entre o decibelímetro na posição de nº1 e os demais locados nas posições de nº 2 a 10, apresentando valores na faixa de 0,74 – 0,99, sendo os valores captados por cada decibelímetro significativos a 5% de probabilidade.

Esta 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 decibélimetros para o mesmo fim, e descarte dos que apresentarem defeitos.

Dentre todas as correlações, as mais baixas foram representadas pelo decibélimetro na posição de nº5 em relação aos demais, fato ocorrido devido a problemas no equipamento, após sua instalação no campo, pois esta diferença não foi constatada em testes feitos em laboratório, antes de levá-los para o campo.

A Tabela 4 mostra a correlação entre os dados de pressão sonora captados por cada decibélimetro, no *layout 2* de distribuição dos equipamentos, com os quadrantes incompletos no interior da sala de creche.

Tabela 4. Correlação entre os níveis de pressão sonora coletados no *layout 2* de distribuição dos decibélimetros.

	DEC_1	DEC_2	DEC_3	DEC_4	DEC_5
DEC_1	1				
DEC_2	0,44 NS 0,20	1			
DEC_3	0,50 NS 0,14	0,98** <10 <sup>-4</sup>	1		
DEC_4	0,52 NS 0,13	0,97** <10 <sup>-4</sup>	0,99** <10 <sup>-4</sup>	1	
DEC_5	0,51 NS 0,13	0,98** <10 <sup>-4</sup>	1,00** <10 <sup>-4</sup>	0,99** <10 <sup>-4</sup>	1

NS = não significativo, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Para o *layout 2*, onde foram distribuídos 5 decibélimetros, verificou-se uma alta correlação entre o decibélimetro na posição de nº 2 com os demais, à exceção do decibélimetro na posição de nº 1, sendo este, o mesmo decibélimetro utilizado no *layout 1* na posição de nº 5. Este equipamento apresentou problemas quanto ao funcionamento e, mais uma vez, o feito repetiu para o experimento utilizando o *layout 2*.

Apesar dos equipamentos estarem mais espaçados entre si, a correlação dos níveis de pressão sonora captados entre eles se concentrou na faixa de 0,97 – 0,99.

O posicionamento de cada decibelímetro foi apresentado na Figura 5 (pág. 43) e apesar da distância entre os equipamentos variar de 1,95 a 8,0m, 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.

Dessa forma tornou-se possível limitar o número de decibelímetros empregados nos experimentos subseqüentes, devido à homogeneidade de aquisição. Pôde-se afirmar que a quantidade de decibelímetros utilizada em ambos os layouts 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 para a instalação estudada.

### **3.4 Conclusões**

Para a sala do galpão de creche de suínos estudada foi possível concluir que:

- para os layouts estudados, não se encontrou dependência espacial entre os pontos de captura dos níveis de pressão sonora;
- foi possível prever os níveis de pressão sonora nos locais onde não havia decibelímetros instalados;
- foi possível verificar uma distribuição homogênea dos níveis de pressão sonora em toda a extensão da sala estudada;
- a análise de correlação confirmou a homogeneidade dos níveis de pressão sonora, no interior da sala, entre os decibelímetros instalados;

- por intermédio da análise conjunta dos mapas de krigagem e da correlação entre os decibelímetros, é possível concluir que faz-se suficiente a utilização de um decibelímetro para a captura automática dos níveis de pressão sonora para o ambiente estudado.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Acústica: avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento: NBR10151**. Rio de Janeiro, 2000. 4 p.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria 3.214 de Jul. 1978. **Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho - NR-15: atividades e operações insalubres**. Brasília, 1978.
- DIGGLE, P.J.; RIBEIRO JR., 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. 51p.
- GERGES, S.N.Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: UFSC, DEM, 1992. 576 p.
- 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, 1983.
- MARX, G.; HORN, T.; THIELEBEIN, J.; KNUBEL, B.; VON BORELL, E. 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...** Bonito, 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 e 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.

VAN HIRTUM, A.; 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.

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.

## 4 EFEITO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA EMISSÃO DE PRESSÃO SONORA DE SUÍNOS EM FASE DE CRECHE EM CONDIÇÕES DE CÂMARA CLIMÁTICA

### Resumo

A necessidade em atingir níveis desejáveis de bem-estar animal torna-se uma preocupação por parte dos produtores e pesquisadores da área de ambiência animal. Com o advento da zootecnia de precisão têm-se buscado métodos não-invasivos para classificar e determinar de maneira prática esses níveis. Espera-se, com a metodologia inovadora de coleta automática dos níveis de pressão sonora (ruídos) emitidos por estes animais, uma caracterização quanto à qualidade do ambiente aos quais estes animais estão submetidos. É sabido que os aspectos que mais interferem no estado de níveis de atividades de suínos é o estresse calórico. Para tanto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a influência das variáveis ambientais nos níveis de pressão sonora emitidos por leitões em ambiente controlado e predição das faixas de pressão sonora em relação às faixas de conforto estabelecidas. O experimento foi conduzido em câmara climática, onde foram alojados cinco leitões em fase de creche, e submetidos à variação na temperatura de 20°C a 38°C e umidade de 50% a 80%, sendo elevados 2°C na temperatura a cada hora. Foram instalados, no interior da câmara climática, decibelímetros para a aquisição dos níveis de pressão sonora emitidos pelos animais e sensores para aferir dados de temperatura e umidade. A extração do nível de pressão sonora de fundo foi realizada após a retirada dos animais da câmara. O comportamento dos leitões foi avaliado por intermédio do nível de atividade dos animais no interior da câmara, utilizando análise de imagens. Foram utilizadas análises de correlação entre as variáveis estudadas, seguidas de uma regressão simples para a estimativa do nível de pressão sonora dos animais em função das variáveis ambientais. Os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões apresentaram correlação negativa ( $P < 0,05$ ) com a variável temperatura e com o índice de conforto entalpia. Foi possível prever as faixas de níveis de pressão sonora em relação às faixas de conforto para as condições do presente experimento, e modelos de regressão foram gerados para a estimativa do nível de pressão dos leitões em função da variável temperatura e do índice de conforto entalpia para o ambiente estudado.

Palavras-chave: Ruído animal; Vocalização; Leitões; Ambiente controlado; Temperatura; Entalpia; Nível de atividade

### Abstract

The concern about getting desirable levels of animal welfare becomes a concern to producers and researchers of animal ambience's area. With the coming of precision livestock farming, a search for non-invasive methods is searched, to classify and

determine these levels of a practical manner. It is waited with the innovative methodology of automatic capture of sound pressure levels (noise) emitted by these animals, a characterization about environment's quality that these animals are submitted. It is know that the aspects that most interfere in the state of swine's activity levels is caloric stress, therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of environmental conditions in sound pressure levels emitted by piglets in a controlled environment and to predict sound pressure bands related to comfort bands established. Experiment was conducted in a climatic chamber, where five piglets in nursing phase were allocated, which were submitted to temperature variations from 20°C to 38°C and humidity from 50% to 80%, with a elevation of 2°C on temperature in each hour. Decibelimeters were installed, inside the climatic chamber, to the acquisition of sound pressure levels emitted by the animals and sensors to gauge temperature and humidity data. Background's sound pressure level extraction was realized after removing the animals of the chamber. Piglets' behavior was evaluated through animals' activity level inside the chamber, using image analysis. Correlation analysis was used among the studied variables, followed by a simple regression to estimate animals' sound pressure level in function of environmental variables. Sound pressure levels emitted by the piglets showed a negative correlation ( $P < 0.05$ ) with temperature variable and with enthalpy comfort index. It was possible to predict sound pressure levels bands, related to comfort bands to the conditions of the present experiment and regression models were generated to estimate piglets' pressure levels in function of temperature variable and enthalpy comfort index to the studied environment.

Keywords: Animal noise; Vocalization; Piglets; Controlled environment; Temperature; Enthalpy; Activity level

#### 4.1 Introdução

O avanço tecnológico impulsiona cada vez mais a busca por novas ferramentas não-invasivas para avaliação e controle do bem-estar de animais de produção. O uso da zootecnia de precisão para avaliação das condições comportamentais dos animais, bem como para verificação da resposta fisiológica frente à ocorrência de estresse térmico, passou a ser muito utilizada nos diversos ramos da pesquisa animal (SILVA et al., 2005; PANDORFI, 2005; WATHES, et al., 2008).

De acordo com Banhazi et al. (2008), a temperatura é uma das mais importantes variáveis ambientais que podem afetar a saúde, bem-estar e a eficiência na produção intensiva de suínos. Os autores consideram essencial entender a resposta do animal confinado em relação ao ambiente térmico, a fim de minimizar os efeitos negativos do desconforto térmico.

A primeira reação de um suíno ao aumento da temperatura é a mudança no comportamento (HUYNH et al., 2005), reduzindo sua atividade e buscando por áreas úmidas. Segundo Sorensen, 1964 apud Sampaio (2004), temperaturas ambientes acima de 30°C predominam nos suínos as perdas por processos evaporativos, o que explica a eficiência em suínos, do mecanismo e refrescamento da pele com líquido, principalmente em épocas quentes.

Brown-Brandl et al. (2001) avaliaram os efeitos do estresse por calor em suínos nas fases de crescimento e terminação em ambiente controlado, onde os animais foram submetidos por 20h a temperaturas de 18, 24, 28 e 32°C (4 tratamentos) umidade do ar em torno de 40%. Os autores avaliaram a produção de calor dos suínos, frequência respiratória, temperatura retal e verificaram aumento de 17-20% na taxa de produção de calor e que a frequência respiratória foi o melhor indicador de estresse nos suínos. Já Manno et al. (2005) estudaram o efeito da temperatura no desempenho de suínos e verificaram que a temperatura de superfície de pele, frequência respiratória e temperatura retal foram influenciadas negativamente pelas altas temperaturas.

Quanto ao comportamento animal, em condições termoneutras, sabe-se que os suínos tendem a permanecer 90% do dia deitados (EKKELE et al., 2003), no entanto, quando expostos a altas temperaturas, tendem a mudar sua postura ao deitar, preferindo deitarem-se de lado, aumentando assim suas superfícies de contato sobre o piso, o qual é capaz de lhes proporcionar troca de calor (GEERS et al., 1986).

O comportamento de deitar dos suínos é um indicativo aos pesquisadores quanto ao nível de conforto ao qual estão submetidos. Desta forma, sabe-se que os suínos são animais que selecionam suas áreas preferidas para urinar, evacuar, assim como para deitar, buscando no piso o tipo mais agradável, tal como a temperatura de superfície ideal para facilitar as trocas de calor com o ambiente (SCHORMANN; HOY, 2006).

Além das técnicas de análise de imagens utilizadas para caracterizar o comportamento animal, frente às situações adversas (PANDORFI, 2002; SILVA, et al., 2004; BARBOSA FILHO, 2004; RODRIGUES, 2006), têm-se buscado métodos que avaliam a resposta direta do animal, tais como estudos dos níveis de pressão sonora emitidos por um grupo de animais, como uma forma de quantificar sua situação em relação ao ambiente térmico.

Os animais podem também ser afetados por sons de várias fontes que ocorrem em níveis mais ou menos elevados em seu ambiente. Estudos psicológicos e comportamentais relatam evidências de que os animais têm respostas similares ao ruído, tal qual os seres humanos. Foi constatado, nos seres humanos e suínos, aumento da frequência cardíaca após a exposição ao ruído (BORG E, 1981; TALLING et al, 1996).

Os sons emitidos pelos animais podem ser monitorados e suas frequências analisadas para avaliar o estado de saúde dos animais (VANHIRTUM; BERCKMANS, 2004).

Técnicas de análise de imagens, estudo de vocalização e níveis de pressão sonora, são métodos não-invasivos para avaliar a resposta do animal em situações adversas, pois as informações podem ser coletadas sem o estresse, perturbação ou manipulação do animal.

Contudo, os trabalhos avaliando os níveis de pressão sonora emitido pelos animais foram conduzidos em ambiente de produção intensiva, no qual não se tem controle das variáveis ambientais.

De acordo com Sampaio et al. (2002), o ambiente acústico em confinamento de suínos está diretamente relacionado ao nível de pressão sonora (ruído) produzido principalmente pelos animais. Os autores avaliaram o nível de pressão sonora emitido por suínos, em fase de creche, comparando dois tipos de instalações (piso semi-ripado e gaiola), verificando maiores níveis de pressão em criação em gaiola (72,3 dB) quando comparado ao piso ripado (62,38 dB).

Nader et al. (2002) avaliaram os níveis de ruídos em instalações para suínos com a finalidade de encontrar alguma correlação com a temperatura do ambiente estudado. Os autores utilizaram um medidor de pressão sonora (decibelímetros) no centro da instalação, e os níveis de ruídos foram aferidos durante três dias consecutivos, não encontrando correlação entre o nível de ruído do ambiente e a temperatura.

Sampaio et al. (2007) avaliaram e compararam o nível de ruído emitido pelos animais em horários de arraçoamento e também provenientes de várias fontes, encontrando 65 dB de ruído médio em fase de creche.

Silva et al. (2007) estudaram o perfil do ambiente acústico dentro de um galpão de creche de suínos fazendo o uso de mapas de distribuição da média dos níveis de pressão sonora (ruído), em função da temperatura e umidade do ar, não encontrando correlação entre a emissão de ruídos em função das variáveis ambientais.

Estudo avaliando o nível de pressão sonora emitido pelos animais em ambiente controlado é recente e inovador, no qual, por intermédio da resposta do grupo de animais, torna-se possível avaliar a situação do ambiente no qual estão inseridos, portanto foi **objetivo deste trabalho avaliar a influência das variáveis ambientais no nível de pressão sonora emitido por leitões em ambiente controlado e predição das faixas de pressão sonora em relação às faixas de conforto estabelecidas.**

## **4.2 Material e Métodos**

### **4.2.1 Descrição geral**

O experimento foi conduzido no dia 26 de janeiro de 2008, em uma câmara climática, localizada nas dependências do NUPEA – Núcleo de Pesquisa em Ambiente, situado junto ao Departamento de Engenharia Rural/ESALQ – USP, na cidade de Piracicaba – SP.

Foram utilizados cinco leitões em fase de creche para coleta das variáveis a serem analisadas, e, para aloca-los, foi construído um boxe e instalado no interior da câmara.

Os leitões foram submetidos à variação na temperatura de 20°C a 38°C, sendo que, a cada 1 hora, a temperatura foi elevada em 2°C, e a umidade do ar variou de acordo com a temperatura, permanecendo na faixa de 50% a 80%. O experimento foi realizado em um único dia, iniciando-se às 10 horas, sendo finalizado às 20 horas.

Para a definição da faixa temperatura à qual os leitões foram submetidos, adotaram-se, como referência, os limites de temperatura e umidade do ar definidos para a situação de conforto e estresse, propostos por Nääs (1998) apud Silva (1999). A faixa de 20°C a 22°C foi definida como conforto, e temperatura acima de 30°C como estresse

térmico para leitões com 35 dias de idade, considerando a umidade do ar na faixa de 50% a 70%.

A entalpia do ambiente foi calculada de acordo com a eq. (6) proposta por Albright (1990), sendo exigência de conforto térmico de leitões em fase de creche com 35 dias de idade a faixa de 48 - 53 kJ/kg ar seco e para situação de estresse térmico valores acima de 88 kJ/kg ar seco.

$$h = 1,006 t_s + W (2501 + 1,805 t_s) \quad (6)$$

em que:

$h$  = Entalpia, kJ kg<sup>-1</sup> ar seco;

$t_s$  = Temperatura de bulbo seco do ar, °C ;

$W$  = Razão de mistura, kg ar seco kg<sup>-1</sup> ar úmido.

#### 4.2.2 Características da câmara climática

A câmara climática possui uma área interna de aproximadamente 9m<sup>2</sup>, sendo 3,85m de comprimento por 2,85m de largura, pé direito de 2,90m. As paredes são revestidas com isolante térmico (PVC) incluindo o teto, o piso de cerâmica e tanto a porta quanto a fonte emissora de calor para dentro da câmara são de aço inoxidável (Figuras 17).



(a)



(b)

Figura 17 - Detalhe da fonte de emissora de calor (a), da porta (b) e do revestimento (a e b) das paredes internas da câmara climática

No centro da câmara climática foi instalado um boxe de 2m<sup>2</sup> para abrigar os leitões, com dimensões de 1m de largura, 2m de comprimento e 1,20m de altura, sendo disponibilizada uma área mínima de 0,4m<sup>2</sup> por animal. O piso do boxe foi coberto com maravalha (cama de serragem) para melhorar a aderência dos leitões ao piso, e dentro do boxe foram instalados um comedouro e um bebedouro (Figura 18).



Figura 18 - Vista interna da câmara climática com o boxe pronto e instalado para receber os leitões e instalar os equipamentos

#### 4.2.3 Escolha dos animais

Para o estudo, foram empregados cinco leitões da linhagem *landrace x large white*, em fase de creche (35 dias), com pesos semelhantes e oriundos de uma mesma sala de creche da granja (Figura 19). Os leitões passaram por um período de 5 dias de adaptação na câmara climática.



Figura 19 - Leitões utilizados no experimento, em período de adaptação ao novo ambiente



## 4.2.4 Instalação e programação dos equipamentos

### 4.2.4.1 Câmara climática

Para controlar o ambiente interno à câmara climática, havia um dispositivo utilizado para acionar o sistema de aquecimento e/ou resfriamento interno. Com este, foi possível controlar a temperatura interna, sendo a umidade do ar consequência da temperatura, ou seja, em temperaturas menos elevadas maior umidade do ar e em temperaturas mais elevadas, menor umidade do ar. O controlador oscilou em média 2°C, entre a temperatura interna à câmara e a registrada pelo mesmo. A programação foi de forma manual, o controlador foi alterado a cada hora, respeitando o tempo adequado para a câmara atingir a temperatura desejada.

### 4.2.4.2 Variáveis ambientais

Para a coleta dos dados de variáveis ambientais (temperatura ambiente em °C e umidade do ar em %) foram instalados dois sensores da marca HOBO® tipo *datalogger*, com 2 canais externos e 2 internos (Figura 20).

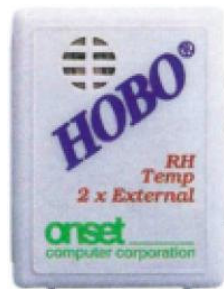


Figura 20 - Sensor coleta de dados de temperatura e umidade do ar, utilizado para aferir as variáveis climáticas – *datalogger* HOBO

Esses equipamentos possuíam um sensor interno de temperatura, que opera na faixa de -20°C a 70° C com precisão de  $\pm 0,7^\circ\text{C}$  a 20°C, e um sensor de umidade do ar que opera na faixa de 25% a 95% a 25°C com precisão de  $\pm 5\%$  (TRACOM, 2003).

Os sensores registraram dados de temperatura e umidade do ar a cada 10 minutos e foram posicionados no centro do boxe onde estavam os leitões, a uma altura de 1m dos animais (Figura 21).



Figura 21 - Instalação do *datalogger* para coletar dados das variáveis ambientais

Para controle da temperatura interna, pelo experimentador, um termômetro digital foi instalado mantendo o sensor na área interna da câmara e o visor fora, para verificar temperatura interna em tempo real (Figura 22).



Figura 22 - Termômetro digital utilizado para aferir a temperatura interna na câmara climática

#### 4.2.4.3 Níveis de pressão sonora

Para captar os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões no interior da câmara climática, foram utilizados três decibelímetros, que são equipamentos específicos para a captação da pressão sonora (ruído), expressa na escala de decibéis (dB). O decibelímetro utilizado foi da empresa Minipa<sup>®</sup>, cujas descrições foram mencionadas no capítulo 3.

Os decibelímetros foram instalados no centro do boxe contendo os leitões, com o microfone virado para baixo, ficando a uma altura de 1m dos leitões. Fontes de energia para manter os equipamentos funcionando foram instaladas e fixadas na parte superior do boxe dos leitões (Figuras 23).



Figura 23 - Instalação e fixação de fontes de energia elétrica para os decibelímetros (a). Disposição dos decibelímetros no interior da câmara climática (b)

Os dados de pressão sonora foram registrados a cada minuto, e os decibelímetros foram programados para captá-los utilizando o nível de ponderação "C", como citado no capítulo 3.

A subtração da pressão sonora de fundo (ruído de fundo) foi conduzida repetindo-se o experimento após a retirada dos leitões, e esta foi subtraída da pressão sonora total (leitões + ambiente) restando somente o nível de pressão sonora emitido pelos leitões. Para o cálculo da pressão sonora dos leitões utilizou-se a eq. (7) proposta por Gerges (2000) descrita a abaixo:

$$\text{NPS} = 10 \text{ Log} \left( 10^{\frac{L_t}{10}} - 10^{\frac{L_f}{10}} \right) \quad (7)$$

em que:

NPS = Nível de pressão sonora dos leitões (dB);

$L_t$  = Nível de pressão sonora total (dB);

$L_f$  = Nível de pressão sonora de fundo (dB).

#### 4.2.4.4 Nível de Atividade

Para avaliar o nível de atividade motora foram utilizadas técnicas de processamento de uma seqüência de imagens dos leitões, confinados na câmara climática. As imagens foram coletadas utilizando uma *webcam* da marca LG, instalada na lateral direita da câmara climática (Figuras 24).

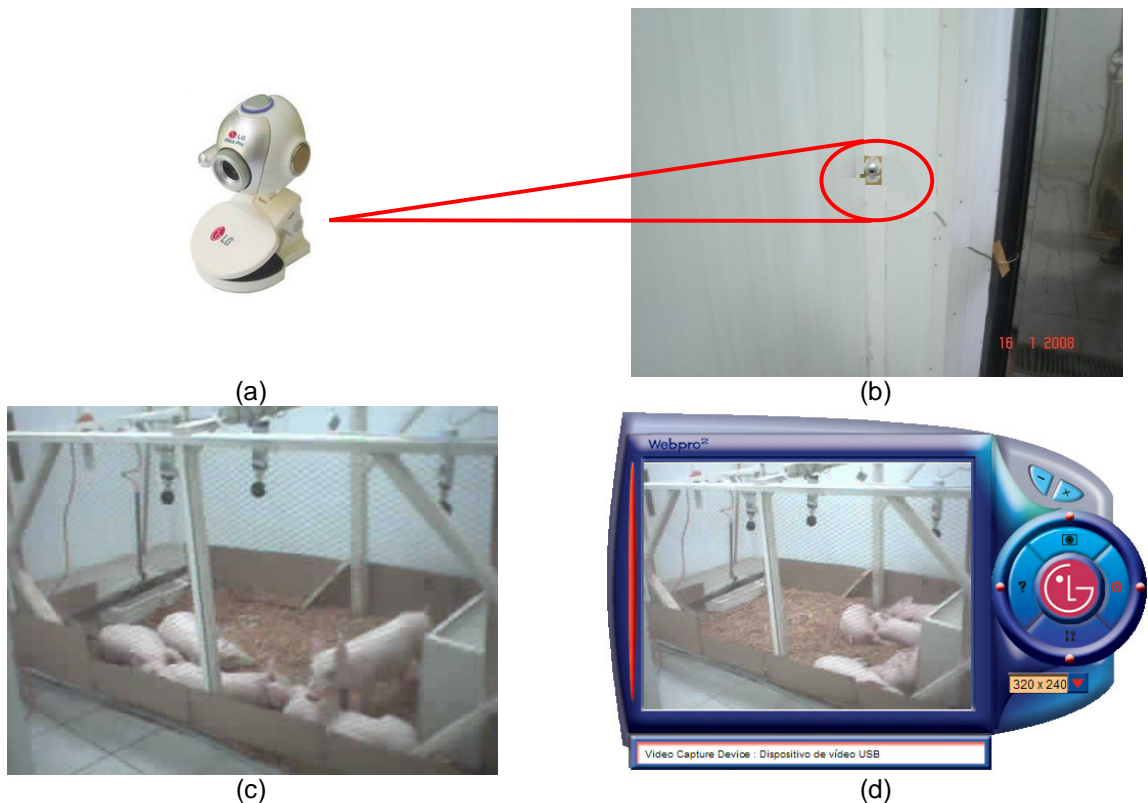


Figura 24 - Detalhe da câmera (a) utilizada para capturar as imagens dos leitões no interior da câmara climática (b) e detalhe de uma fotografia (c) retirada pela câmera já instalada e o programa utilizado para armazenar as imagens (d)

As imagens foram capturadas a cada 10 minutos e armazenadas utilizando o próprio software do fabricante da câmera, para posterior pré-processamento.

Para o pré-processamento das imagens foram utilizadas técnicas de limiarização (binarização), que consiste em converter imagens em tons de cinza para imagens binárias utilizando o *Image Processing Toolbox* MATLAB® 2006a. Dessa forma, as imagens foram todas binarizadas e subtraídas duas a duas para detecção de movimento entre as imagens, como mostra a Figura 25.

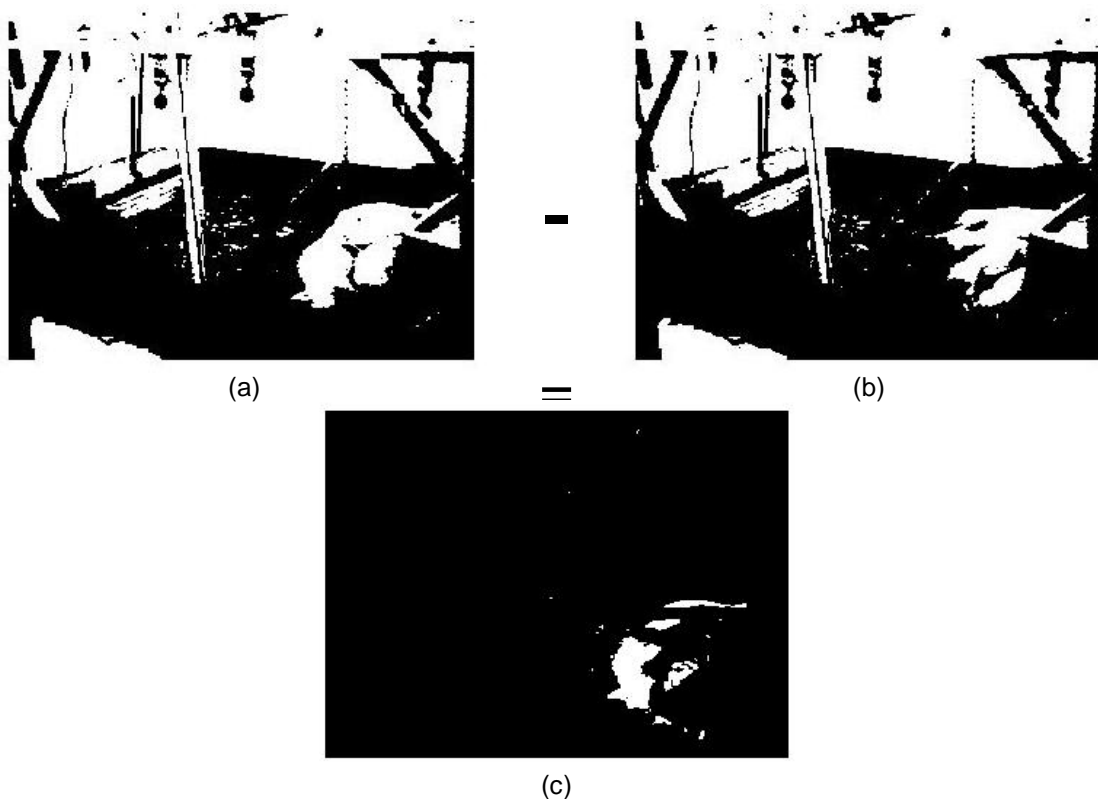


Figura 25 - Exemplo de binarização das imagens (a, b, c) e como foi executada a subtração das imagens, imagem posterior (a) subtraindo imagem anterior (b) restando a mudança de uma imagem para a outra (c)

Para cada imagem, resultado da subtração, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre a imagem posterior e a imediatamente anterior a ela, para obter o grau de similaridade entre elas, sendo que os valores do coeficiente  $r$  de correlação abrangeram a faixa de -1 a 1.

O valor  $r = 1$  representa a correlação perfeita, o que comprova a semelhança entre duas imagens da seqüência, explicada pela falta de movimentação da cena. Se o coeficiente se afasta do número unitário positivo, a correlação decresce e as imagens são diferentes, indicando movimentação de uma cena para outra, o que auxilia na possível verificação de mudanças de atividades motoras durante o tratamento.

Para o cálculo do nível de atividade, tem-se que  $R = 1 - |r|$  que calcula o quanto as imagens são diferentes, indicando se houve ou não movimento de uma imagem para outra (ROSNER et al., 2006; BORGES, et al., 2008). Se  $r = 1$  a correlação é perfeita, as imagens são iguais, portanto, não houve atividade, pois  $R = 1 - 1 = 0$ . Assim tem-se que  $R$  é o nível de atividade que varia de 0 a 1.

#### 4.2.4.5 Variável fisiológica

Os leitões, por se tratarem de animais muito sensíveis ao contato humano, tornam a análise de parâmetros fisiológicos de forma invasiva uma maneira inviável. Um método não-invasivo de análise fisiológica é a temperatura de superfície de pele, a qual pode ser medida pela utilização de um termômetro de infravermelho.

Os dados de temperatura da superfície de pele foram coletados no final do experimento, quando a temperatura no interior da câmara atingiu 38°C. A coleta foi efetuada em cada um dos cinco leitões confinados na câmara climática, a fim de quantificar o estado de estresse térmico dos animais. Os dados coletados serviram apenas para melhor responder ao estudo observacional em câmara climática (Figura 26).

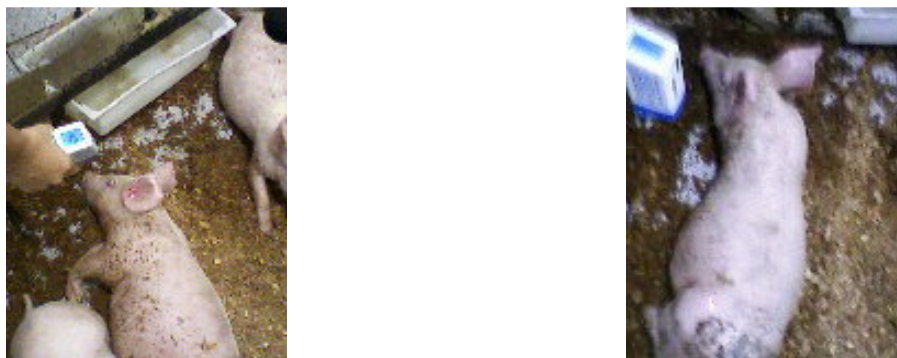


Figura 26 - Fotografias da coleta da temperatura timpânica e da superfície de pele dos leitões aos 38°C de temperatura no interior da câmara climática

O termômetro infravermelho (Figura 27) utilizado foi da marca Minipa® modelo MT-360. Trata-se de um instrumento digital portátil, com emissividade ajustável de 0,1 a 1, possui mira laser, resolução de 0,5°C/1°C, precisão básica de 2% ou 2°C, registro de máximo e mínimo, alarme para temperatura alta e baixa e campo de visão de 10:1. Realiza medidas de temperatura na faixa de -30°C a 550°C, com uso do sistema de medida por irradiação de infravermelho (MINIPA, 2005).



Figura 27 - Detalhe do termômetro de infravermelho utilizado para coletar a temperatura de superfície de pele dos leitões

#### 4.2.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi caracterizado como não-estruturado, sem tratamento e/ou estrutura de parcelas. A unidade experimental considerada foi o boxe com os leitões, e os dados coletados a cada 10 minutos foram considerados como medidas repetidas.

Para as análises estatísticas da emissão dos níveis de pressão sonora dos leitões em relação às variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar), à entalpia e ao nível de atividade motora, foram utilizados teste de correlação e análises de regressão. Foram empregadas as rotinas de procedimento de correlação (*procCORR*) e de regressão (*procREG*) do software estatístico SAS® (SAS, 2004).

## 4.3 Resultados e Discussão

### 4.3.1 Análise exploratória e descritiva dos dados

#### 4.3.1.1 Variáveis ambientais e pressão sonora dos leitões

Para análise dos resultados dos dados de pressão sonora, temperatura, umidade do ar e entalpia, foi elaborada uma análise estatística exploratória e descritiva a fim de se caracterizar o comportamento dos dados coletados. Foram utilizados dados pontuais de pressão sonora, a cada 10 minutos, juntamente com os dados de temperatura e umidade, que foram registrados a cada 10 minutos.

A Figura 28 ilustra a dispersão dos dados dos níveis de pressão sonora dos leitões em função da temperatura no interior da câmara.

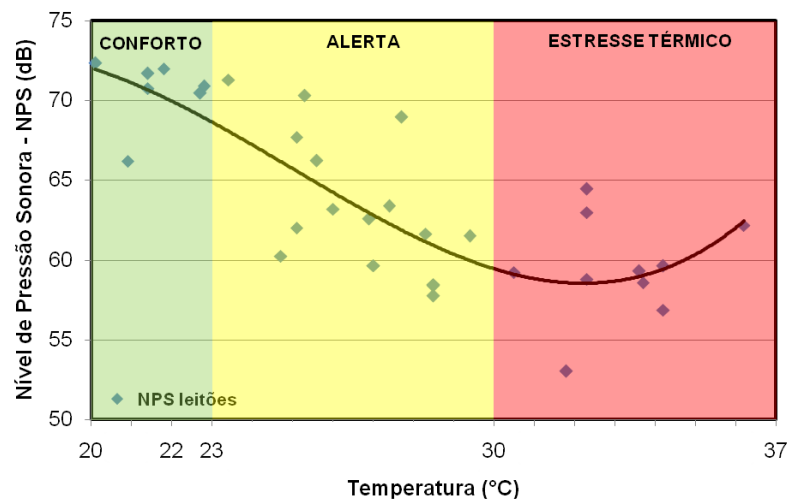


Figura 28 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitidos pelos suínos em relação à temperatura do ambiente

O comportamento dos dados apresentou uma tendência decrescente entre os dados de pressão sonora emitidos pelos leitões e a temperatura. Os níveis de pressão sonora na zona de conforto térmico (área verde) dos suínos, compreendidos entre as faixas de 20°C a 22°C (NÄÄS, 1998 apud SILVA, 1999) , mantiveram-se na escala de 70 – 75 dB, a faixa definida como alerta (área amarela), compreendida entre valores acima de 23°C até 30°C, os níveis de pressão sonora mostraram-se na escala de 60 –



70 dB, e, para valores acima de 30°C (área vermelha) os níveis de pressão sonora apresentaram-se na escala de 55 – 60 dB. A tendência é decrescente e mostra que, com o aumento da temperatura e conseqüente aumento do estresse calórico a que os animais foram submetidos, há decréscimo do nível de pressão sonora, evidenciando que os animais emitem menos sons quando em estresse térmico.

A discussão apresentada concorda com Sampaio et al. (2007), em que os autores puderam afirmar em sua avaliação do nível de pressão sonora em instalações para suínos em fases de creche e terminação, não em câmara climática como no experimento apresentado, que o nível de ruído apresentou tendência de acompanhar a situação de desconforto térmico, porém, este desconforto não foi esclarecido pelo autor em termos de quantidades de decibéis (dB) e também não foi possível o autor afirmar se esta tendência do ruído acompanhar a situação de desconforto foi proporcional ou inversamente proporcional.

A Figura 29 ilustra os dados de pressão sonora dos leitões dispersos em função da entalpia no interior da câmara climática.

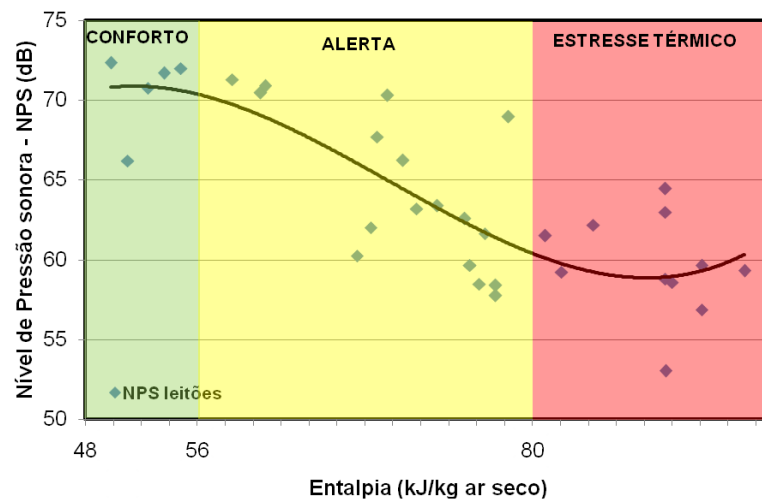


Figura 29 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação à Entalpia do ambiente

O índice de conforto entalpia quantifica a energia térmica contida no interior da câmara climática em função das variáveis climáticas, temperatura de bulbo seco e umidade do ar. Os dados utilizados para calcular as faixas de entalpia (conforto, alerta e estresse) foram extraídos dos valores encontrados na câmara climática.

O comportamento da curva apresentou-se de forma semelhante à Figura 29, ilustrando tendência de decréscimo à medida que a entalpia do ambiente aumentava. A entalpia de conforto, calculada em função da faixa de conforto para os leitões em idade de 35 dias adaptadas por Nääs (1998) apud Silva (1999), situou-se na faixa de 48 – 56 kJ kg<sup>-1</sup> ar seco, ilustrada de cor verde na Figura 29, os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões mantiveram-se na faixa de 70 – 75 dB.

Para a entalpia considerada de alerta, faixa de valores entre 56 – 80 kJ kg<sup>-1</sup> ar seco, cor amarela, o nível de pressão sonora encontrado foi de 60 – 70 dB e para a situação de estresse térmico, considerando valores de entalpia acima de 80 kJ kg<sup>-1</sup> ar seco, o nível de pressão sonora encontrado situou-se na faixa de 55 – 60 dB. Como as faixas de pressão sonora foram idênticas, tanto para a temperatura quanto para a entalpia, percebe-se o quão importante é a influência da temperatura na quantificação do ambiente térmico.

Foi possível perceber que os dados relacionaram-se, em sua maior parte, com o estresse calórico, os suínos quando em temperaturas elevadas apresentaram sinais críticos de prostração, portanto este fator foi determinante para o efetivo decréscimo dos níveis de pressão sonora (ruídos).

A Figura 30 ilustra o gráfico referente aos níveis de atividade motora e a temperatura no interior da câmara climática.

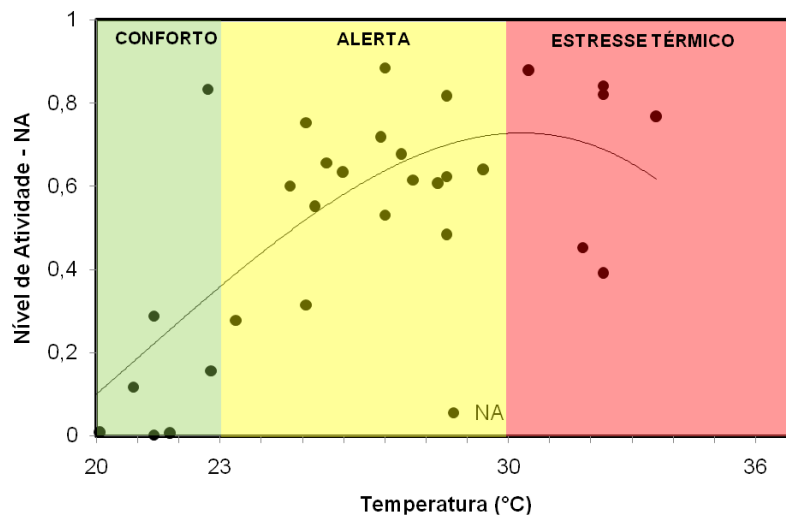


Figura 30 - Dispersão dos Níveis de Atividade dos suínos em relação à temperatura ambiente

Para a faixa de conforto (20°C – 22°C) verifica-se que os níveis de atividades dos suínos se mantiveram em valores próximos de zero, ou seja, apresenta-se tendência de baixa movimentação pelos leitões enquanto estes estavam sob condições de conforto térmico, não havendo necessidade dos animais se movimentarem para trocar calor com o ambiente e ou expressarem sua insatisfação com o meio. À medida que a temperatura foi elevando-se no interior da câmara, os animais apresentaram tendência a um comportamento agitado, seguido de brigas, disputa pelo espaço próximo ao bebedouro, inquietação, ocorrendo na faixa de temperatura de 23°C – 30°C, ao atingir os 38°C, os animais apresentaram-se dispostos, em sua totalidade, próximo ao bebedouro e com sinais críticos de prostração.

A temperatura da superfície da pele dos leitões (nuca, pernil), aferidas nos animais após o ambiente atingir 38°C, atingiram valores superiores a 39°C, concordando com Manno et al. (2005) que encontraram valores de 39,8°C na temperatura de superfície aferida nos pontos nuca, pernil e paleta em suínos de 15 a 30 kg confinados em câmara climática. Os autores encontraram no mesmo experimento situações de conforto térmico (22°C), temperaturas de superfície de pele na faixa de 36,4°C.

Durante o período de adaptação, os leitões definiram o que seria sua área limpa (dormir, deitar, amontoar) e área suja (defecar, urinar), ficando a primeira próxima ao comedouro e a posterior próxima ao bebedouro.

Em situações de conforto térmico os animais permaneceram, em sua totalidade, na área delimitada por eles como limpa, havendo emissão de sons que foram captados pelos decibelímetros, porém sem movimentação excessiva, como a mudança de área.

Durante a faixa considerada de alerta, os leitões se movimentaram mais, havendo migração entre a área definida como limpa no início do experimento para a área suja (molhada). Foi possível verificar uma maior irritabilidade e inquietação durante esta faixa de alerta, porém a pressão sonora captada pelos decibelímetros foi inferior, quando comparada à situação em que os animais estavam na faixa considerada de conforto.

Acima de 30°C, faixa considerada de estresse térmico, os leitões migraram em sua totalidade para a área úmida da baia e lá permaneceram sem movimentar-se, evitando, assim, trocar calor com o meio, porém, já apresentavam sinais de prostração.

Isso explica a tendência de queda no nível de atividade após a temperatura atingir 30°C, e a movimentação acentuada na faixa de alerta foi devido à escolha do melhor local para se refrescarem (Figura 31).

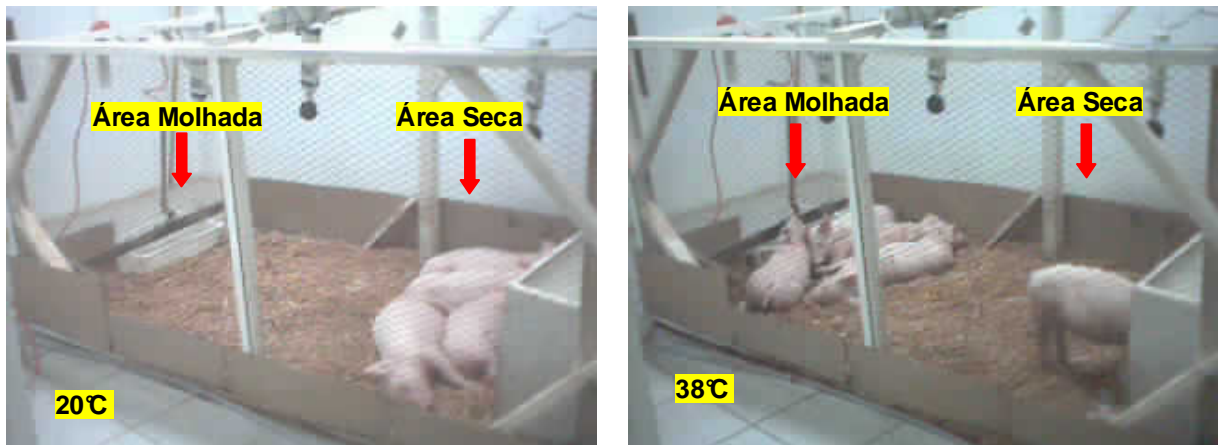


Figura 31 - Representação da migração dos leitões, posição no início do experimento (à esquerda) e no final do experimento (à direita)

Os leitões apresentaram tendência de emitirem menos som quando em desconforto térmico, porém a sua movimentação na baia foi intensa, devido à necessidade de procura por um local que facilitasse as trocas por condução, visto que os leitões não apresentam facilidade de trocas térmicas por evaporação (ESMAY, 1978).

#### 4.3.2 Análises de correlação

Foram feitas análises de correlação das variáveis coletadas em câmara climática, utilizando a rotina de procedimento de correlação (*procCORR*) do software estatístico SAS® (SAS, 2004).

Os dados analisados foram coletados a cada 10 minutos para as variáveis temperatura (T) e umidade do ar (UR) do ambiente, a entalpia foi calculada em função destas variáveis (ALBRIGHT, 1990). Os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões ( $NPS_{\text{leitões}}$ ) foram captados a cada minuto, porém, para a análise, utilizou-se o dado pontual referente a cada 10 minutos de coleta, obtendo-se uma tabela de dados em que para cada tempo, foram obtidos dados da variável resposta (níveis de pressão sonora)

e das variáveis explicativas (temperatura e umidade). Após a organização dos dados, estes foram ordenados em função das temperaturas coletadas no interior da câmara climática e assim analisados. Foram feitas análises de correlação de Pearson ( $P < 0,05$ ), entre as variáveis acima mencionadas. Os resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Níveis de correlação entre as variáveis explicativas (temperatura, umidade do ar, entalpia e nível de atividade) e a variável resposta nível de pressão sonora emitida pelos leitões

	<b>NPS<sub>leitões</sub></b>	<b>T</b>	<b>UR</b>	<b>Entalpia</b>	<b>NA</b>
<b>NPS<sub>leitões</sub></b>	1				
<b>T</b>	-0,7825** <10 <sup>-4</sup>	1			
<b>UR</b>	0,3317* 0,0449	-0,5932** < 10 <sup>-4</sup>	1		
<b>Entalpia</b>	-0,7927** <10 <sup>-4</sup>	0,9739** <10 <sup>-4</sup>	-0,4166* 0,0103	1	
<b>NA</b>	-0,6427** <10 <sup>-4</sup>	0,7244** <10 <sup>-4</sup>	-0,1107 NS 0,5141	0,7773** <10 <sup>-4</sup>	1

NS = não significativo, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A Tabela 5 mostra os coeficientes de correlação, que medem a intensidade linear entre duas variáveis, para posterior análise de regressão. O principal objetivo desta análise é determinar a dependência funcional da variável dependente sobre a independente, ou seja, foi verificar o comportamento da pressão sonora emitida pelos leitões frente às variáveis ambientais, índice de conforto e o nível de atividade. Os resultados da tabela mostram que os níveis de pressão sonora emitidas pelos leitões apresentaram correlação negativa de - 0,7825 com relação à temperatura, sendo considerada alta e significativa ( $P < 0,0001$ ), ou seja, a elevação da temperatura promoveu uma redução dos níveis de pressão sonora emitida pelos leitões, ou seja, 78% dos dados de pressão sonora analisados são explicados pelo efeito da variável temperatura.

Com relação à umidade do ar, o nível de pressão sonora apresentou correlação positiva e significativa ( $P= 0,045$ ), porém apenas 33% dos dados de pressão sonora analisados são explicados pelo efeito da variável umidade do ar.

Os resultados divergem de Nader et al. (2002) e Silva et al. (2007), pois os autores afirmaram não encontrar correlação entre as variáveis ambientais e os níveis de pressão sonora emitidos por suínos, porém ambos os trabalhos foram avaliados em ambiente de produção intensiva e as características do tipo de instalação foram completamente diferentes das características da câmara climática.

O índice de conforto entalpia, seguiu a tendência da temperatura em relação aos níveis de pressão sonora, apresentando uma correlação negativa e significativa ( $P < 0,0001$ ) de  $-0,793$ , considerada uma correlação alta. Isso significa que 79% dos dados analisados de pressão sonora emitida pelos leitões são explicados pelo efeito da entalpia no interior da câmara. À medida que ocorreu o aumento na quantidade de energia térmica, os suínos apresentaram tendência de emitirem menos som, apresentando, assim, menores níveis de pressão sonora quando em altas temperaturas. Os leitões apresentaram estado elevado de prostração, quando em temperaturas acima do limite crítico superior ( $30^{\circ}\text{C}$ ), contribuindo para a redução da emissão de sons por parte dos animais.

O comportamento do nível de atividade foi semelhante ao da temperatura e entalpia, apresentando correlação negativa e significativa ( $P < 0,0001$ ) de  $-0,64$  com o nível de pressão sonora dos leitões. Essa correlação ser negativa implica que, com o aumento da atividade dos leitões na baia, o nível de pressão sonora apresentou tendência de decréscimo, porém o nível de atividade não pôde ser considerado como uma variável explicativa para a pressão sonora. Por intermédio das fotografias retiradas para a análise de imagens, foi possível perceber que a intensa movimentação dos leitões ocorreu somente pela mudança de posicionamento dos mesmos, migrando da área definida como limpa (seca) para a área suja (úmida), fazendo com que a subtração das imagens, quando em desconforto térmico, apresentasse um grau de correlação baixo, resultando, assim, em um nível de atividade elevado (próximo de 1), quando em altas temperaturas.

### 4.3.3 Análise de regressão

Os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões foram analisados pela estatística de regressão em função das variáveis ambientais, temperatura e umidade do ar e do índice de conforto entalpia (ANEXOS A, B, C), para a estimativa de um modelo de regressão da variável resposta ( $NPS_{\text{leitões}}$ ) em relação às variáveis explicativas (T e UR). Para as análises foi utilizada a rotina de procedimento *REG* do software estatístico SAS<sup>®</sup> (SAS, 2004). Os dados foram analisados com melhor ajuste do modelo de regressão cúbica, por apresentarem os maiores coeficientes de determinação, representado pela eq. (8):

$$Y_{ij} = \mu + \beta_1 X_j + \beta_2 X_j^2 + \beta_3 X_j^3 + \varepsilon_{ij} \quad (8)$$

em que:

$Y_{ij}$  = i-ésima observação associada a j-ésima observação;

$\mu$  = efeito médio;

$\beta_1 X_j$  = regressor associado ao efeito linear da observação;

$\beta_2 X_j^2$  = regressor associado ao efeito quadrático da observação;

$\beta_3 X_j^3$  = regressor associado ao efeito cúbico da observação;

$\varepsilon_{ij}$  = j-ésimo erro associado a i-ésima observação.

A Tabela 6 apresenta os modelos de regressão para a estimativa do nível de pressão sonora dos leitões em função das variáveis ambientais e do índice de conforto entalpia para o ambiente controlado (câmara climática).

Tabela 6 – Modelos de regressão para a estimativa do nível de pressão dos leitões

Modelo	Pr > F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado
$NPS_{leitões} = 0,0130T^3 - 1,023T^2 + 25,206T - 128,138$	< 0,0001**	0,90	0,88
$NPS_{leitões} = - 0,003UR^3 + 0,703UR^2 - 50,345UR + 1227,156$	0,138NS	0,38	0,21
$NPS_{leitões} = 0,0004H^3 - 0,084H^2 + 5,796H - 55,885$	< 0,0001**	0,89	0,86

NS = não significativo; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Para o ambiente estudado (câmara climática), os níveis de pressão sonora foram mais bem representados pela temperatura, visto que a regressão simples com relação a esta variável apresentou coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup> ajustado) de maior valor, quando comparado com o mesmo para a entalpia.

A estatística de regressão apresentada discorda de Silva et al. (2007), que estudaram a emissão de pressão sonora (ruídos) por leitões em ambiente de produção intensiva e sua correlação com as variáveis temperatura e umidade do ar. Os autores não encontraram evidências para se afirmar que existe associação entre o nível de pressão sonora e as variáveis ambientais encontrando, tanto para a temperatura como para a umidade do ar, baixos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>= 0,015 e R<sup>2</sup>= 0,075).

#### 4.4 Conclusões

Para a sala do galpão de creche de suínos estudada foi possível concluir que:

- os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões em câmara climática apresentaram correlação inversa com relação à temperatura e o índice de conforto entalpia;



- os níveis de pressão sonora dos leitões apresentaram tendência de queda à medida que o ambiente não mais proporcionava situação de conforto para os animais;
- os modelos de regressão gerados previram com fidelidade os valores dos níveis de pressão sonora dos leitões em função da temperatura e do índice de conforto entalpia, para o ambiente estudado;
- foi possível prever as faixas dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões, para a situação de conforto (70 – 75 dB), alerta (60 – 70 dB) e estresse térmico (55 – 60 dB), em relação às faixas de temperatura e do índice de conforto entalpia.

## Referências

ALBRIGHT, L.D. **Environment control for animals and plants**. St Joseph: ASAE, 1990. 453 p. (ASAE Textbook, 4).

BANHAZI, T.; AARNINK, A.; THUY, H. PEDERSEN, S.; HARTUNG, J.; PAYNE, H.; MULLAN, B. BERCKMANS, D. Review of issues related to heat stress in intensively housed pigs. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: ASABE, 2008. 1 CD-ROM.

BARBOSA FILHO, J.A.D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais utilizando análises de imagens**. 2005. 123 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BORG, E. Physiological and pathogenic effects of sound. **Acta Oto-Laryngologica**, Stockholm, v. 92, p. 1-68, 1981. Suppl. 381.

BORGES, G.; SILVA, K.O.; RODRIGUES, V.C.; RISI, N.; SILVA, I.J.O.; ZOTTI, C.A. Effect of climatic conditions on noise emissions and nursery pigs behavior. In: Brazilian Congress of Agricultural Engineering, 37, 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008. 1 CD-ROM.

BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; KACHMAN, S.D. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 71, p. 253- 260, 2001.

EKKEL, E.D., SPOOLDER, H.A.M., HULSEGGE, I., HOPSTER, H. Lying characteristics as determinants for space requirements in pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 80, p. 19–30, 2003.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. West Port: Avi Publ., 1978. 325 p.

GEERS, R., GOEDSEELS, V., PARDUYNS, G., VERCRUYSSSE, G. The group postural behaviour of growing pigs in relation to air velocity, air and floor temperature. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 16, p. 353–362, 1986.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: UFSC, DEM, 1992. 576 p.

HUYNH, T.T.T.; A.J.A. AARNINK, A. J. A.; GERRITS, W. J. J.; HEETKAMP, M. J. H.; CANH, T.T.; SPOOLDER, H.A.M.; KEMP, B.; VERSTEGEN, M.W.A. Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 91, p.1-16, 2005.

MANNO, M. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, W. P.; LIMA, K. R. S.; VAZ, R. G. M. V. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho de Suínos dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n.6, p. 1963-1970, 2005.

MINIPA. **Manual de instruções do termômetro infravermelho: modelo Mt - 360**. Viçosa, 2005. 38 p.

NADER, A.S.; BARACHO, M.S.; NÄÄS, I.A.; SAMPAIO, C.A.P. Avaliação dos níveis de ruídos e da qualidade do ar (com relação a presença de gases e fungos) em creche de suínos. In: SEMINÁRIO DE POLUENTES AÉREOS E RUÍDOS EM INSTALAÇÕES PARA A PRODUÇÃO ANIMAL, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2002. p. 49-56.

PANDORFI, H. **Avaliação do comportamento de leitões em diferentes sistemas de aquecimento por meio da análise de imagens e identificação eletrônica**. 2002. 88 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

\_\_\_\_\_. **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: suinocultura de precisão**. 2005. 119 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

RODRIGUES, V.C. **Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições de estresse e conforto térmico utilizando visão computacional e inteligência artificial**. 2006. 101 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ROSNER, S.J.; OWEN, G.; CLIFFORT JUNIOR, G.M. **Method and system for determining motion based on difference image correlation**: International Search Report Appln. No. PCT/US05/39493, 2006. Disponível em: <<http://www.patentstorm.us/patents/7247836.html>>. Acesso em: 03 mar.2008.

SAMPAIO, C.A.P.; NÄÄS, I.A.; SALGADO, D.D. Perfil térmico e acústico na produção de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4., 2006, Ribeirão Preto. Disponível em: <[http://www.sbbiomet.com.br/cbb/2006/Animal/ResumoIVCBB\\_011.pdf](http://www.sbbiomet.com.br/cbb/2006/Animal/ResumoIVCBB_011.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2008.

SAMPAIO, C.A.P.; NÄÄS, I.A.; NADER, A.S.; MENDES, P.M. Níveis de ruídos em produção de suínos – creche e terminação, estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador, 2002. 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.

SAMPAIO, C.A.P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J.; BOFF, C.E.; OLIVEIRA, M.A. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 785-790, 2004.

SAS INSTITUTE. **SAS OnlineDoc® 9.1.3**. Cary, 2004.

SCHORMANN, R.; HOY, S. Effects of room and nest temperature on the preferred lying place of piglets - A brief note. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 101, p. 369-374, 2006.

SILVA, I.J.O. Sistemas naturais e artificiais do controle do ambiente – Climatização. In: \_\_\_\_\_. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. cap. 7, p. 149-179.

SILVA, I.J.O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S.M.S. Uso da zootecnia de precisão na avaliação do comportamento de leitões lactentes submetidos a diferentes sistemas de aquecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n.1. p. 220-229, 2005.

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, W.T.; MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A.; MENDES, A.S.; LIMA, K.A.O. Estimativa de bem-estar de leitões utilizando a visão computacional. **Revista Brasileira de Agroinformática**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 79-89, 2004.

TALLING, J.C.; WARAN, N.K.; WATHES, C.M.; LINES, J.A. Behavioural and physiological responses of pigs to sound. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 48, p. 187-202, 1996.

TRACOM. **Folheto de especificações da família HOBO H8**. Disponível em: <<http://www.tracom.com.br/folhetos/H08.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2008.

VAN HIRTUM, A.; BERCKMANS, D. Objective recognition of cough sound as a biomarker for aerial pollutants. **Indoor Air**, Copenhagen, v. 14, p. 10–15, 2004.

WHATES, C.M.; KRISTENSEN, H.H.; AERTS, J.M.; BERCKMANS, D. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 64, p. 2-10. 2008.

## 5 EFEITO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NA EMISSÃO DE RUÍDOS DE SUÍNOS EM FASE DE CRECHE EM CONDIÇÕES DE GRANJA DE PRODUÇÃO INTENSIVA

### Resumo

A busca por métodos não-invasivos para avaliar as condições de bem-estar dos animais em ambiente de produção intensiva, cada vez mais vem se tornando tema de estudo para pesquisadores da área de ambiência animal. Com as questões da adequação às normas de bem-estar dos animais, pretende-se atingir um alto índice de produtividade, sem a necessidade de causar algum tipo de sofrimento aos mesmos. Na suinocultura, é sabido que o fator ambiente exerce uma grande influência sobre o comportamento dos animais. Um método inovador para quantificar e classificar essas situações de desconforto por parte dos animais são os registros automáticos dos níveis de pressão sonora (ruído) emitidos por esse animais em ambientes de produção intensiva. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência das variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar) e dos índices de conforto térmico, na emissão dos níveis de pressão sonora por leitões em ambiente de produção intensiva. O experimento foi realizado em uma granja comercial de suínos, durante o período de abril a início de junho de 2008, no qual foram coletados dados dos níveis de pressão sonora (ruídos) emitidos por suínos em fases de pré-creche e creche e das variáveis ambientais (temperatura (°C) e umidade do ar (%), e m ambiente de produção intensiva. Foram utilizados decibelímetros para a aquisição dos dados de pressão sonora e data loggers HOBOS® para a aquisição das variáveis ambientais. Os índices de conforto entalpia e ITU foram utilizados para caracterização do ambiente térmico. Foram utilizadas análises de correlação e regressão simples entre as variáveis estudadas. Pelos resultados obtidos, foi possível encontrar padrões definidos dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões em relação ao manejo da granja. Os níveis de pressão sonora dos leitões ( $NPS_{leitões}$ ) apresentaram correlação com as variáveis ambientais e o índice de temperatura e umidade do ar (ITU), já a entalpia não se mostrou satisfatória para avaliar a situação do ambiente produtivo devido a baixa correlação entre  $NPS_{leitões}$ . Foi possível, pela análise de regressão, estimar, por intermédio dos modelos, o  $NPS_{leitões}$  em relação às variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar) e aos índices de conforto para o ambiente estudado.

Palavras-chave: Nível de pressão sonora; Ruído animal; Leitões; Sistema intensivo; Temperatura; Entalpia; ITU

### Abstract

The search for non-invasive methods to evaluate welfare conditions of animals in a intensive production environment, more and more is becoming the subject of study to

researchers of animal ambience area. With the questions about adaptation to animal welfare principles, it is intend to reach an elevated productivity index, without the necessity of causing any kind of suffering to them. In pig breeding, it is know that the environment factor exerts a great influence on animals' behavior. An innovative method to quantify and classify these discomfort situations of the animals are the automatics records of sound pressure levels (noise) emitted by these animals in an intensive production environment. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of environmental variables (temperature and air humidity) and thermal comfort index, on the emission of sound pressure levels by piglets in intensive production environment. Experiment was realized in a commercial swines farm, during the period from April to the beginning of June of 2008, and were collected data of sound pressure levels (noise) emitted by swine in pre nursing and nursing phases and from environmental variables (temperature, °C, and air humidity, %), in a intensive production environment. Decibelimeters were used to the acquisition of sound pressure data and HOBOS<sup>®</sup> data loggers to the acquisition of environmental variables. The comfort indexes enthalpy and THI were used in thermal's environment characterization. Correlation and simple analysis were applied among the studied variables. With results, it was possible to find defined patterns of sound pressure levels emitted by piglets related to farm's handling. Piglets' sound pressure levels ( $SPL_{piglets}$ ) showed correlation with the environment variables and with the temperature and humidity index (THI), and enthalpy was not satisfactory to evaluate the situation on the productive environment due to the low correlation between  $SPL_{piglets}$ . By the regression analysis, it was possible to estimate, through the models, the  $SPL_{piglets}$  related to the environmental variables (temperature and relative humidity) and to the comfort indexes to the studied environment.

Keywords: Sound pressure level; Animal noise; Piglets; Intensive system; Temperature; Enthalpy; THI

## 5.1 Introdução

A suinocultura brasileira vem sendo obrigada a se adequar às regulamentações e padronizações de normas seguindo as atuais tendências de mercado e exigências dos consumidores quanto às questões referidas ao bem-estar e estado de sanidade dos animais. Para se atingir níveis de bem-estar desejado, visando à qualidade total dos alimentos, um dos fatores a se considerar é o de rastreabilidade na segurança alimentar.

Nesse caso, temas como zootecnia de precisão, selo de qualidade e rastreabilidade na produção estão sendo abordados em todos os setores da cadeia produtiva, a fim de se aperfeiçoar os sistemas já existentes em prol da padronização e

melhoria das condições de produção e do produto final (PANDORFI et al., 2005; SILVA, 2008), além de oferecer ferramentas de suporte à tomada de decisão para auxiliar na melhor maneira de quantificar o bem-estar dos animais em ambiente de produção intensiva.

O bem-estar animal está relacionado à capacidade produtiva dos animais, e consumidores de todo o mundo estão se conscientizando dos métodos produtivos, exigindo novas formas de produção que o priorizem (VALE et al., 2006).

Para Silva (1999), o conceito de qualidade do ambiente ideal para a produção industrial de suínos está ligado aos princípios de conforto térmico, que são amplos e envolvem o microclima dentro das instalações, influenciado pelas condições externas.

As reações dos suínos às temperaturas ambientais elevadas são resultados das dificuldades que esses animais têm de dissipar o calor produzido para a manutenção dos processos vitais, das atividades de produção e do incremento calórico da alimentação (SORENSEN, 1964 apud SAMPAIO, 2004).

Para estudos do comportamento animal em sistemas intensivos de produção, tem-se utilizado ferramentas tecnológicas associadas à zootecnia de precisão para qualificar de maneira comportamental a resposta do animal frente às variações ambientais (SILVA; PANDORFI; PIEDADE, 2005; BARBOSA FILHO, 2007).

Como metodologia inovadora para análise comportamental, os níveis de pressão sonora (avaliação do grupo) e a vocalização (individual) dos animais, também podem ser considerados como respostas comportamentais, e têm-se tornado cada vez uma ferramenta importante para avaliar o bem-estar animal.

Romanini e Nääs (2003) apud Silva et al. (2007) realizaram um experimento para avaliar os níveis de ruído em creche de suínos e concluíram que a emissão de ruídos pelos animais era referente ao manejo de alimentação e ao desconforto térmico, e não foram definidas faixas em relação à temperatura do ambiente.

Amaral et al. (2008) avaliaram o comportamento da vocalização de suínos em fase de creche e maternidade ao longo do dia e sua relação com o ambiente térmico no interior da instalação. Observaram-se maiores níveis de vocalização durante operações como manejo e alimentação e menores níveis durante as horas intermediárias do dia.

A análise da vocalização tem sido estudada por diversos pesquisadores (FRASER, 1974; WEARY; FRASER, 1995; BERCOVITH et al., 1995; WEARY et al., 1997; APPLEBY et al., 1999; WATTS; STOOKEY, 2000; MARCHANT-FORDE et al., 2003), porém estes estudos analisaram o som do animal de maneira individual e fora do ambiente de produção, em situações experimentais específicas.

Referente a estudos dos níveis de pressão sonora (ruído) ou também chamado de vocalização do grupo de animais, para Sampaio (2004), o ruído ambiental nos sistemas de produção está relacionado ao som emitido principalmente pelos animais e equipamentos. Com relação ao animal, a vocalização pela frequência e pressão sonora mostra-se como um indicador do seu estado de bem-estar.

Hillman et al. (2004) avaliaram a vocalização de suínos em crescimento com o objetivo de utilizá-la para avaliar o grau de adaptabilidade dos suínos às temperaturas ambientais. Os leitões foram mantidos em condições semelhantes ao ambiente de produção intensiva e foram expostos a altas e baixas temperaturas durante vários dias. Concluiu-se que a temperatura afetou diretamente o comportamento e indiretamente a emissão de som, obtendo maiores vocalizações em menores temperaturas devido ao comportamento de amontoar causar incômodos aos animais.

São poucos os estudos que utilizam a vocalização de suínos por um longo período de tempo e avaliam as questões de bem-estar em ambiente produtivo (MAYER; HAUSER, 2000; MANTEUFFEL; PUPPE; SCHÖN, 2004).

No Brasil, a emissão dos níveis de pressão sonora e a vocalização do grupo de animais têm sido estudadas recentemente por alguns pesquisadores da área de ambiência animal (SAMPAIO, 2002; NADER et al., 2002; SAMPAIO, 2004; SAMPAIO; NÄÄS; NADER, 2005; SAMPAIO; NÄÄS; SALGADO, 2006; SAMPAIO et al., 2007; SILVA et al., 2007; AMARAL et al., 2008; BORGES et al., 2008)

Dessa forma, o uso do monitoramento acústico vem se tornando uma ferramenta importante para racionalizar estudos sobre o impacto das condições climáticas, dentre os diferentes sistemas de criação, e também sobre bem-estar dos suínos, e no futuro poderão ser integrados em um sistema preciso de gestão da produção animal.



Portanto, diante do exposto, o **objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das variáveis ambientais (temperatura e umidade relativa) na emissão dos níveis de pressão sonora por leitões em condições de ambiente de produção intensiva.**

## **5.2 Material e Métodos**

### **5.2.1 Descrição Geral**

A pesquisa foi realizada em uma granja comercial de produção de suínos (Granja Mami), conforme descrição feita no capítulo 3. O sistema implantado na granja Mami, na ocasião do experimento, era do tipo intensivo de produção em todas as fases de criação e possuía um plantel com aproximadamente 300 matrizes produtoras.

Atualmente é classificada como uma granja de porte pequeno, de ciclo completo, onde existem instalações abrigando as fases de maternidade, pré-creche e creche, crescimento, recria e terminação, obtendo, como produto final, o suíno terminado.

Durante o período que compreendeu os meses de abril a início de junho de 2008, foram coletados dados dos níveis de pressão sonora emitidos por suínos em fases de pré-creche e creche e das variáveis ambientais (temperatura (°C), e umidade do ar (%)), em ambiente de produção intensiva.

Foram utilizados, na pesquisa, dois lotes de leitões desmamados aos 21 dias de vida. Eram no total 48 leitões, em cada um dos lotes avaliados, que foram alocados na sala do galpão de creche, sendo distribuídos 12 em cada baia, de forma aleatória. A instalação dos decibelímetros e data loggers HOBOS<sup>®</sup> adotada foi de acordo com o croqui elaborado com auxílio do software AutoCAD<sup>®</sup> (Figura 32), sendo três decibelímetros e três data loggers no interior da sala de creche e três decibelímetros na parte externa da instalação para captar os níveis de pressão sonora de fundo.

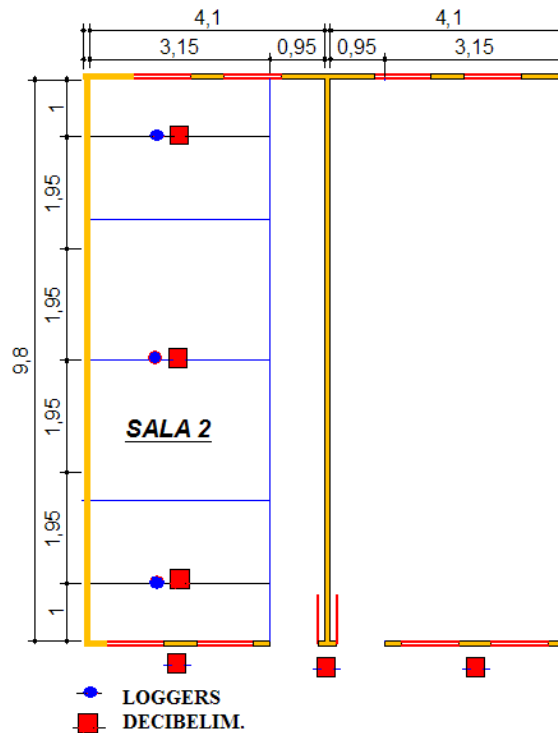


Figura 32 - Croqui da instalação dos *loggers* (cotas em metros) utilizados para coletar dados de temperatura e umidade do ar e dos decibelímetros utilizados para captação da pressão sonora

A captação da pressão sonora de fundo, no princípio, seria em uma sala do galpão que ficaria vazia ao mesmo tempo em que os leitões ficariam alojados na creche, porém por questões do manejo da granja não foi possível, devido à falta de espaço para alocar as matrizes em celas parideiras. Isso gerou um número maior de desmames por semana, não sendo possível deixar uma sala vazia para o experimento, por esse motivo que os decibelímetros foram instalados na área externa à sala de creche.

### 5.2.2 Escolha das fases

Para o experimento foram utilizadas as fases de pós-desmame (21 a 35 dias de idade) e creche (36 a 50 dias de idade). Essa escolha foi devido ao fato de ser o período em que ocorre o maior estresse da vida dos leitões (perda da mãe, vacinação e pesagem, mistura de lotes, estabelecimento de dominância no grupo, mudança de

alimentação líquida para sólida, troca de ambiente, dificuldade de adaptação aos bebedouros e comedouros, troca da dieta, etc.). Para estudo dos níveis de pressão dos animais, a fase inicial foi adotada por ser a primeira fase em grupo dos suínos e, estes, enquanto menores, são mais fáceis de trabalhar e também por se tratar do início de uma linha de pesquisa com tendência de acompanhar todas as fases de crescimento dos suínos, desde o desmame até a terminação.

### **5.2.3 Manejo na Granja Mami**

Na maternidade os leitões foram desmamados no intervalo de 18 a 21 dias de vida, e no dia do desmame foi aplicada nos leitões uma dose de vacina de rinite, erisipela e a 1ª dose de micoplasma para pneumonia (Figura 33a) e, com 35 dias, a 2ª dose de micoplasma. Foram desmamados de acordo com a capacidade de animais nas salas de creche, geralmente girava em torno de 50 animais por sala, sendo este número baixo devido aos animais permanecerem nesta mesma sala até sua transferência para a fase de crescimento, quando completam 70 dias. O fluxo de desmame na granja foi semanal, com, no máximo, 120 animais, e a transferência dos animais da maternidade para a creche foi realizada com o auxílio de um trator e uma carroceria (Figura 33b).

Os animais escolhidos foram os que apresentaram melhor desenvolvimento na maternidade, e os que não mais se adaptavam ao leite da porca. Para evitar o estresse traumático nestes leitões, uma prática de manejo da granja mantinha os leitões na maternidade, após a retirada da mãe, deixando-os sozinhos para melhor se adaptarem ao ambiente, com ração e água “*ad libitum*” por alguns dias, antes de levá-los para as salas de creche.



Figura 33 - Aplicação das Vacinas – Rinite e Micoplasma no desmame (a) e o desmame dos leitões (b)

Na pré-creche foi fornecida a ração pré-inicial e ervas “in natura” (melissa na primeira semana para atuar como um calmante natural para os leitões, após o estresse do desmame) sem restrição para os leitões. Depois dos 35 dias de vida, a ração passou a ser a pré – 36 e as ervas fornecidas foram: cidreira, cebolinha, terramicina e boldo que atuaram como estimulantes do apetite e auxiliaram na digestão, além de serem um atrativo aos animais, evitando brigas entre os mesmos. Após os 45 dias, foi fornecida a ração pré – 46 até os leitões serem transferidos para o crescimento.

#### 5.2.4 Tipologia da Instalação

A tipologia dos galpões de pré-creche e creche se caracterizava por um galpão composto de oito salas retangulares, totalmente isoladas umas das outras por fechamento de paredes até o telhado, em alvenaria de bloco de concreto com pé direito no centro da instalação de 4 metros e nas extremidades de 3,6 metros, possuindo duas janelas em cada lateral da sala e uma porta, sendo todas metálicas, com o manejo de abertura e fechamento de portas e janelas de forma manual (Figura 34).



Figura 34 - Vista frontal de parte da instalação

O telhado é composto por peças estruturais em madeira e material de cobertura em telhas de fibrocimento, sem forro (Figura 35).



Figura 35 - Detalhe do telhado no interior da instalação

#### 5.2.4.1 Características da Sala de creche

A sala do galpão de creche utilizada possuía área interna de 40,2 m<sup>2</sup>, sendo 9,80 metros de comprimento por 4,10 metros de largura, quatro janelas metálicas de 1m de largura por 1m de comprimento, uma porta metálica de 0,85m de largura por 2,10m de altura. O piso da sala era de concreto e havia quatro baias suspensas por uma plataforma de concreto armado que estava a uma altura de 0,60m do piso. O piso das baias era composto por três materiais diferentes, sendo 2/3 do piso em concreto

áspero, e o restante era dividido em piso ripado de material plástico e lâmina d'água em toda a extensão da sala (Figura 36).

As baias tinham dimensões de 3m de largura e 2,45m de comprimento, sendo separadas por grades metálicas com 0,60m de altura. Havia um corredor de 1,10m de largura em toda a extensão das salas, para circulação de funcionários, e em cada baia havia comedouros e bebedouros independentes, sendo o comedouro de plástico PVC de 6 polegadas com treze divisórias em cada baia.



Figura 36 - Detalhe interno das salas de creche com detalhes do tipo de piso e separação das baias

## 5.2.5 Instalação e programação dos equipamentos

### 5.2.5.1 Níveis de pressão sonora (NPS)

Para a captação dos dados de pressão sonora no interior das salas de creche, foram utilizados três decibelímetros da empresa Minipa<sup>®</sup>, conforme descrito no capítulo 3, dispostos ao longo do galpão (sentido longitudinal), a uma altura de 1,4m do piso das baias, dispostos em uma malha, de arame liso, suspensa (Figura 37).



Figura 37 - Disposição do decibelímetro (a) e do *datalogger* (b) no interior da sala de creche de suínos

A utilização de três decibelímetros foi adotada devido ao experimento, descrito no capítulo 3, em que foi possível verificar, pela elevada correlação entre os decibelímetros, que, utilizando um equipamento, seria suficiente para captar os níveis de pressão sonora do ambiente. Porém foram instalados três ao longo do galpão para evitar perda de dados, devido ao período longo de coleta, e os dados foram trabalhados em termos de média entre os equipamentos.

A subtração da pressão sonora de fundo (ruído de fundo) foi realizada com os dados coletados pelos decibelímetros que foram instalados na área externa à sala de creche, e esta foi subtraída da pressão sonora total (leitões + ambiente) restando somente a pressão sonora emitida pelos leitões.

Para o cálculo da pressão sonora dos leitões utilizou-se a eq. (9) proposta por Gerges (2000), descrita abaixo:

$$NPS = 10 * \log \left( 10^{\frac{L_t}{10}} - 10^{\frac{L_f}{10}} \right) \quad (9)$$

em que:

NPS = Nível de pressão sonora dos leitões (dB);

$L_t$  = Nível de pressão sonora total (dB);

$L_f$  = Nível de pressão sonora de fundo (dB).

Os decibelímetros foram programados para armazenar dados de pressão sonora a cada minuto (leitura espontânea), pois o equipamento não fornece outra opção de intervalo de coleta dos dados. Para o nível de ponderação foi adotado o nível “C”, pois, de acordo com Gerges (2000), é considerado para aferir níveis de pressão sonora do ambiente, sem utilização de filtros, podendo captar sons de baixa frequência, já o nível “A” é mais utilizado para simular o que é audível pelo ouvido humano. A escala do nível sonoro adotada foi a automática, na faixa de 30 dB a 130 dB, 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).

#### **5.2.5.2 Variáveis Ambientais**

Para a coleta dos dados de variáveis climáticas (temperatura ambiente em °C, umidade do ar, %) foram instalados sensores da marca HOBO<sup>®</sup>, conforme descrição no capítulo 4. Os sensores foram programados para registrarem dados, a cada 10 minutos, de temperatura e umidade do ar no interior da sala de creche, e foram instalados três sensores a uma altura de 1,4m do piso das baias, posicionados ao lado dos decibelímetros. A partir dos registros de temperatura e umidade do ar, os índices de temperatura e umidade (ITU) e entalpia (H) foram calculados.

#### **5.2.5.3 Faixas de temperaturas e dos índices de conforto**

Foram utilizadas as faixas de temperaturas, de conforto e estresse, adaptadas por Nääs, 1998 apud Silva (1999) para leitões em fase de pré-creche e creche. Para a primeira fase são considerados os primeiros 15 dias pós-desmame, período este em que os animais se alimentaram com a ração pré-inicial, e a faixa de 22 a 25°C foi considerada como situação de conforto e acima de 35°C considerado estresse térmico. Para suínos em fase de creche (5<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> semana), a faixa de conforto foi de 20 a 22°C e valores acima de 30°C estresse térmico, considerando a umidade do ar na faixa de 50 a 70% para ambas.



A entalpia do ambiente foi calculada de acordo com a eq. (10) proposta por Albright (1990), sendo exigência de conforto térmico de leitões na pré-creche a faixa de 53 - 63 kJ/kg ar seco, e para situação de estresse térmico valores acima de 102 kJ/kg ar seco, e para a fase de creche a faixa de 48 - 53 kJ/kg ar seco e para situação de estresse térmico valores acima de 88 kJ/kg ar seco.

$$h = 1,006 t_s + W (2501 + 1,805 t_s) \quad (10)$$

em que:

$h$  = Entalpia, kJ kg<sup>-1</sup> ar seco;

$t_s$  = Temperatura de bulbo seco do ar, °C ;

$W$  = Razão de mistura, kg ar seco kg<sup>-1</sup> ar úmido.

Para o ITU, segundo Hahn, 1985 apud Silva (2000), valor menor ou igual a 70 expressa condição de ambiente seguro para o animal. Valor entre 71 e 78 considera-se crítico, entre 79 e 83 a situação é de perigo e acima de 83 o ambiente é considerado em situação de emergência. A equação (11) utilizada para o cálculo do ITU foi proposta por Thom (1959):

$$ITU = t_s + 0,36 t_o + 41,2 \quad (11)$$

em que:

ITU = Índice de temperatura e umidade do ar;

$t_s$  = Temperatura de bulbo seco do ar, °C ;

$t_o$  = temperatura de ponto de orvalho, °C.

## 5.2.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi caracterizado como não-estruturado, sem tratamento e/ou estrutura de parcelas. A unidade experimental considerada foi a sala de creche com os 48 leitões, e os dados coletados a cada 10 minutos foram considerados como medidas repetidas.

Para as análises estatísticas da emissão dos níveis de pressão sonora dos leitões em relação às variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar), ao ITU e a entalpia, foi utilizado teste de correlação e análises de regressão. Foram utilizadas as rotinas de procedimento de correlação (*procCORR*) e regressão (*procREG*) do software estatístico SAS® (SAS, 2004).

### **5.3 Resultados e Discussão**

Para se caracterizar o comportamento dos dados coletados das variáveis, temperatura, umidade do ar, entalpia e nível de pressão sonora dos leitões, elaborou-se uma análise exploratória e descritiva dos dados para cada fase dos leitões.

Os dados de pressão sonora dos leitões foram organizados a cada 10 minutos, de forma pontual em cada decibelímetro e utilizou-se a média entre os decibelímetros instalados no interior da sala de creche, juntamente com os dados de temperatura (°C) e umidade do ar (%), que foram registrados a cada 10 minutos. Os dados de pressão sonora foram classificados em função da temperatura no interior da sala no mesmo instante, e os índices de conforto (ITU e entalpia) foram calculados em função das variáveis bioclimáticas coletadas no experimento.

Primeiramente, foram elaborados gráficos de dispersão dos níveis de pressão sonora em função do tempo total de experimento, e a seguir foram apresentados gráficos dos níveis de pressão sonora em função das variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar) e dos índices de conforto avaliados. As faixas de temperatura e dos índices de conforto foram divididas nas cores azul (estresse por frio), verde (conforto), amarelo (alerta) e vermelho (estresse por calor). Posterior às análises gráficas, são apresentadas as análises estatísticas de correlação e regressão.

#### **5.3.1. Nível de pressão sonora dos leitões ao longo dos dias de experimento para a fase de pré-creche**

A Figura 38 ilustra os dados de pressão sonora emitidos pelos leitões na idade de pré-creche em relação aos horários dos dias de experimento.

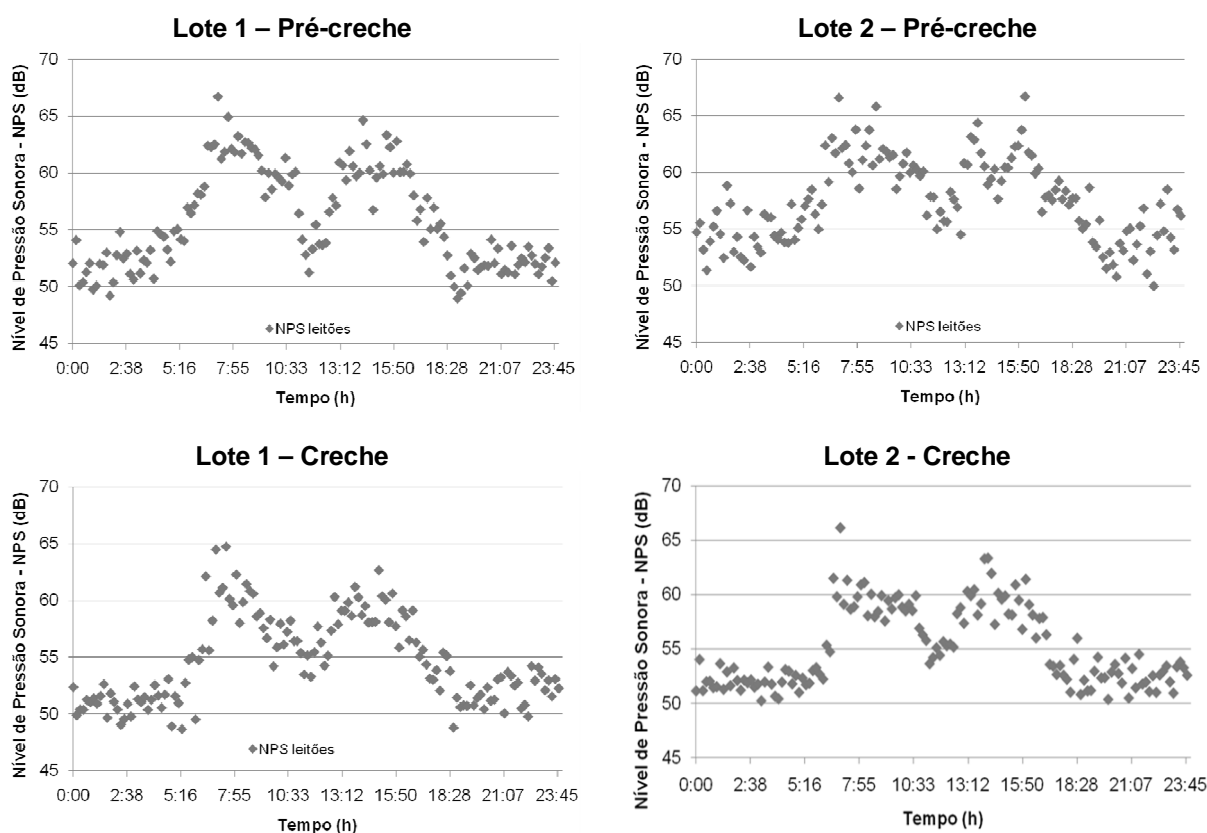


Figura 38 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação aos horários dos dias de experimento para as fases de pré-creche e creche

Para os dois lotes avaliados no experimento foi possível perceber a semelhança entre os gráficos, mesmo sendo animais diferentes e épocas diferentes. Foi possível encontrar comportamento semelhante entre o nível de pressão sonora emitido pelos leitões na fase de creche e na pré-creche.

Durante o período da noite, a partir das 18:30 até as 05:00 da manhã, o nível de pressão sonora dos leitões concentrou-se na faixa de 50 a 55 dB, nos horários de 07:00 às 10:30 e de 13:00 às 16:00, os níveis de pressão sonora concentraram-se na faixa de 60 a 65 dB, concordando com Sampaio et al. (2002) que encontraram níveis médios de pressão sonora de 62,38 dB para suínos em creche.

No intervalo de tempo, entre 10:30 e 13:00, foi possível perceber que o nível de pressão sonora dos leitões sofreu uma queda, concentrando os valores na mesma faixa que no período noturno. Assim como Sampaio et al. (2007) verificaram, em experimento em granja de produção de suínos, que o nível de pressão sonora emitido pelos leitões

foi mais elevado em horários de manejo, foi possível perceber a tendência dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões em relação ao manejo da granja.

Comportamento parecido foi o encontrado por Amaral et al. (2008), que avaliaram o nível de pressão sonora em galpões de creche e maternidade, e foi percebido que os maiores níveis foram nos horários de alimentação e durante as operações de manejo, e menores níveis nos horários intermediários do dia.

Com relação ao ambiente térmico, os gráficos ilustram que nos períodos de menor temperatura, entre 6:00 e 8:00 da manhã, os níveis de pressão sonora dos animais apresentaram tendência de aumento, situando nas faixas 60 a 65 dB, ocorrendo o mesmo com os horários de temperatura máxima, entre 14:00 e 15:00, o leva a concluir que, em situações de desconforto térmico, os suínos apresentaram tendência em emitir mais sons, quando comparados com situações de conforto.

Romanini e Nääs (2003) apud Silva (2007) verificaram a influencia das condições ambientais nos níveis de pressão sonora (ruídos) em dois sistemas diferentes de creche de suínos, comparando instalações com piso semi-ripado e gaiolas afirmando que o nível de pressão sonora emitido pelos animais foi relativo ao manejo de alimentação e desconforto térmico.

### **5.3.2. Variáveis ambientais e emissão dos níveis de pressão sonora dos leitões nas fases de pré-creche e creche**

A Figura 39 ilustra a dispersão dos dados dos níveis de pressão sonora dos leitões em função da temperatura durante o período de pré-creche, em ambiente de produção intensiva.

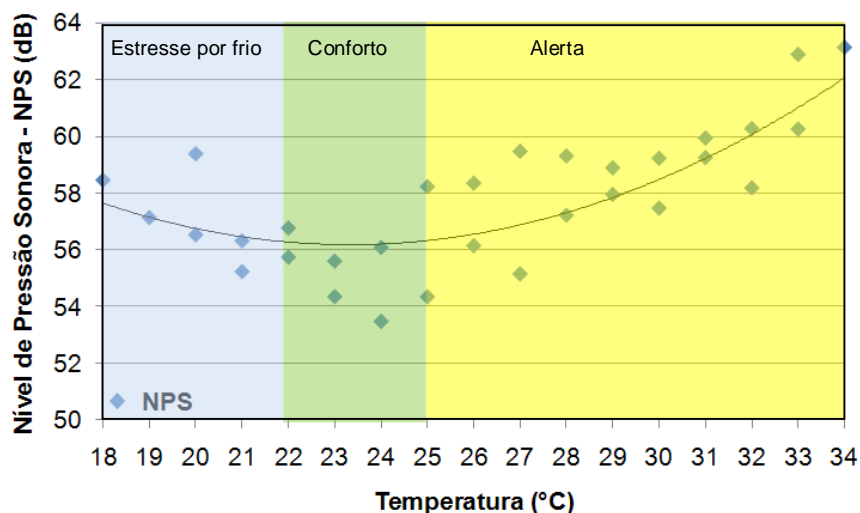


Figura 39 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitidos pelos suínos em relação à temperatura do ambiente na fase de pré-creche

O comportamento dos dados apresentou tendência ascendente entre os dados de pressão sonora emitidos pelos leitões e a temperatura, a partir do limite da temperatura de conforto para leitões, 25°C, segundo Nääs (1998) apud Silva (1999). Para valores de temperatura abaixo da faixa de conforto (área azul), os níveis de pressão sonora média dos leitões apresentaram tendência de acréscimo, à medida que a temperatura do ambiente diminuía, concentrando-se na faixa de 56 a 60 dB.

Os níveis de pressão sonora média encontrados na zona de conforto térmico dos suínos (área verde), entre as faixas de 22°C a 25°C, segundo Nääs (1998) apud Silva (1999), compreenderam valores de 54 a 56 dB. Para a faixa de 25°C a 34°C (área amarela), temperaturas de maior frequência de ocorrência durante a coleta dos dados na fase de pré-creche, o nível de pressão sonora dos leitões concentrou-se na faixa de 56 a 60 dB, não ultrapassando 65 dB durante esta fase. A tendência é ascendente e mostra que, quando os animais se encontravam em uma situação de desconforto térmico, seja por frio ou por calor, de acordo com as faixas de temperatura já estabelecidas, ocorreu um acréscimo no nível de pressão sonora emitido por estes leitões, ou seja, os animais apresentaram tendência de emitirem mais sons, quando em desconforto térmico em ambiente de produção intensiva.

A Figura 40 ilustra a dispersão dos dados dos níveis de pressão sonora dos leitões em função da umidade do ar durante o período de pré-creche, em ambiente de produção intensiva.

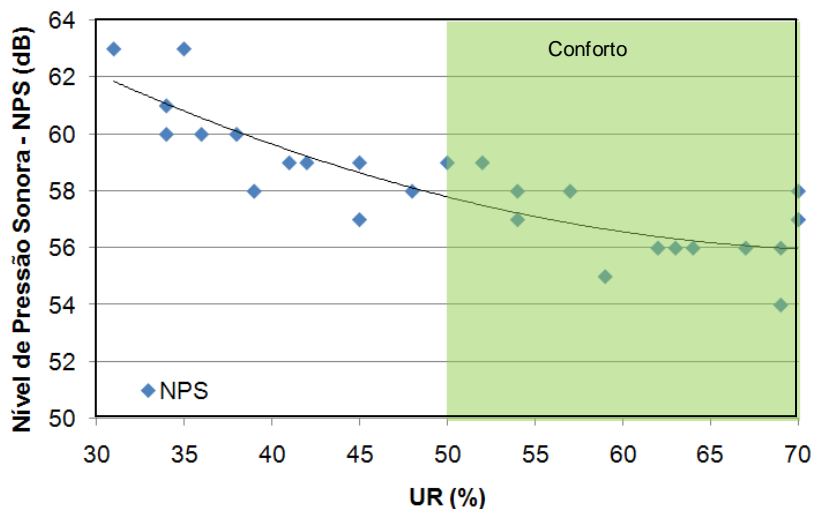


Figura 40 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitidos pelos suínos em relação à umidade do ar no ambiente na fase de pré-creche

O comportamento dos dados apresentou uma tendência descendente entre os dados de pressão sonora emitidos pelos leitões e a umidade do ar, ocasionando na faixa de conforto de 50 a 70% de umidade do ar os menores valores dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões, em conformidade com a Figura 39, onde os menores valores de pressão sonora dos leitões situaram dentro da faixa de conforto da temperatura.

A Figura 41 ilustra a dispersão dos dados dos níveis de pressão sonora dos leitões em função da temperatura durante o período de creche, em ambiente de produção intensiva.

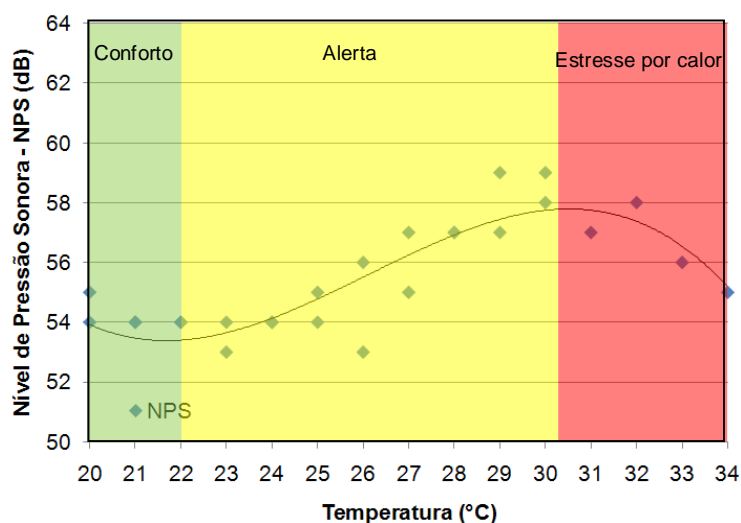


Figura 41 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitidos pelos suínos em relação à temperatura do ambiente na fase de creche

O comportamento da curva dos níveis de pressão sonora dos leitões, em função da temperatura, foi semelhante para as duas fases estudadas (pré-creche e creche), porém na fase de creche não houve ocorrência de temperaturas inferiores à faixa de conforto, mas houve ocorrência de temperaturas superiores ao limite de crítico de temperatura de 30°C, segundo Nääs (1998) apud Silva (1999).

Os níveis de pressão sonora dos leitões compreenderam valores de 54 a 55 dB quando em situação de conforto, temperaturas na faixa de 20 a 22°C (área verde), apresentando tendência constante dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões durante esta faixa. Para temperaturas variando de 26°C a 30°C (área amarela) os níveis de pressão sonora dos leitões compreenderam valores de 54 a 58 dB. A dispersão dos dados ilustra uma tendência ascendente dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões à medida que a temperatura se eleva.

Para valores de temperatura acima de 30°C (área vermelha), o nível de pressão sonora dos leitões apresentou tendência de queda, devido à situação crítica do microclima na instalação. Os leitões tenderam a permanecer deitados, minimizando a perda de calor para o ambiente, evitando, assim, uma situação mais crítica de desconforto.

A Figura 42 ilustra a dispersão dos dados dos níveis de pressão sonora dos leitões em função da umidade do ar durante o período de creche, em ambiente de produção intensiva.

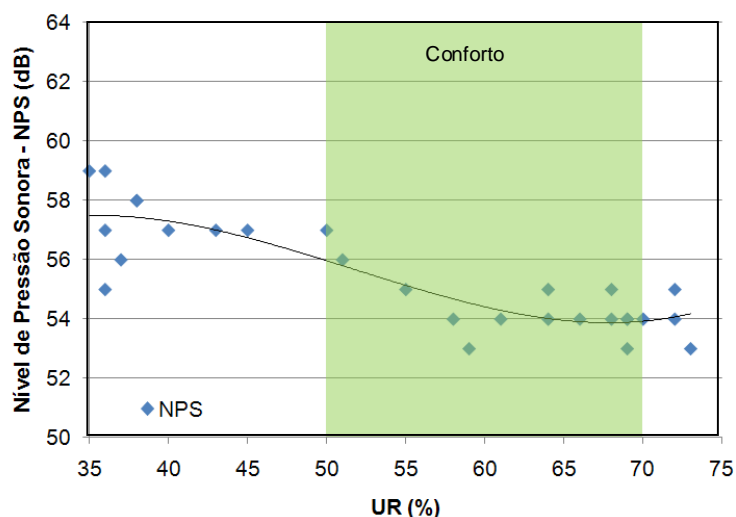


Figura 42 - Dispersão dos dados dos Níveis de Pressão Sonora emitido pelos suínos em relação à umidade do ar do ambiente na fase de creche

O comportamento dos dados apresentou uma tendência descendente entre os dados de pressão sonora emitidos pelos leitões e a umidade do ar, ocasionando na faixa de conforto de 50 a 70% de umidade do ar os menores valores dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões, em conformidade com a Figura 41, em que menores valores de pressão sonora dos leitões situaram dentro da faixa de conforto da temperatura.

Os níveis de pressão sonora dos leitões estão abaixo dos valores encontrados por Sampaio (2004). Neste estudo, o autor avaliou o nível de ruído (pressão sonora) em um galpão de creche de suínos, encontrando maiores valores de ruídos nas horas mais quentes do dia, porém, a faixa de temperatura mais quente do dia encontrada pelo autor no ambiente estudado, variou de 25 a 27°C, situando-se na faixa de alerta de leitões em fase de creche. Sendo assim, os maiores níveis de pressão sonora encontrados durante o experimento concordam com Sampaio (2005), com relação à elevação dos níveis de pressão sonora em situações desconfortantes, porém o autor não encontrou valores de temperaturas acima de 30°C para comparação. A média dos



níveis de pressão sonora encontrados pelo autor foi de 73 dB, ruído do ambiente, pois não foi descontado deste valor o ruído de fundo.

Os resultados encontrados discordam de Amaral et al. (2008) que avaliando o nível de ruído em creche, obtiveram menores ruídos para as temperaturas mais elevadas do dia. Os autores não desconsideraram o ruído de fundo, pois a pesquisa mostrou que, com a elevação da temperatura, houve uma tendência dos animais emitirem mais sons.

### 5.3.3 Índices de conforto e nível de pressão sonora dos leitões para as fases de pré-creche e creche

As Figuras 43 e 44 ilustram os dados de pressão sonora dos leitões dispersos em função do índice de conforto entalpia, durante o período da pesquisa, fases de pré-creche e creche, respectivamente.

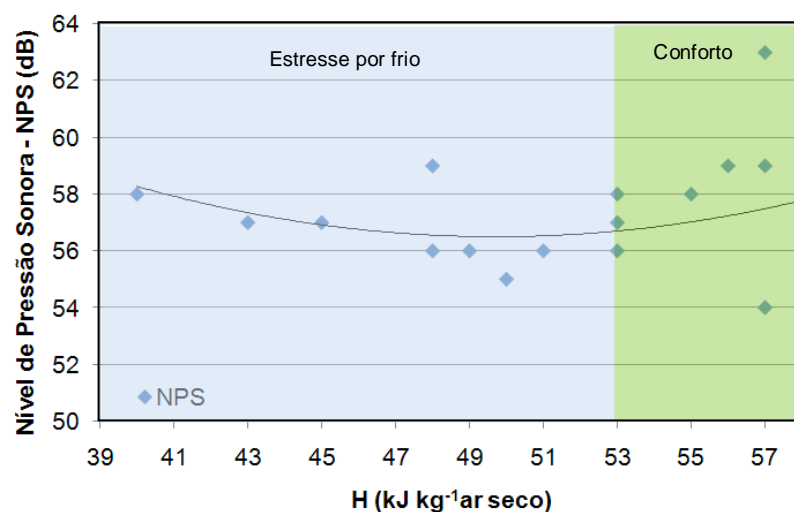


Figura 43 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação à entalpia do ambiente na fase de pré-creche

O índice de conforto entalpia quantifica a energia térmica contida no interior da instalação em função das variáveis ambientais (temperatura de bulbo seco, umidade do ar e pressão atmosférica do local). Para a instalação estudada, foi possível perceber, pela Figura 43, que o ambiente para os leitões durante o período de pré-creche ou fase pós-desmame, não se manteve adequado durante a maior parte do período estudado.

Os animais estavam sob condições de estresse por frio, durante a maior parte do experimento, de acordo com as faixas de entalpia estabelecidas em função das faixas de temperatura segundo Nääs (1998) apud Silva (1999). Porém, esta condição de entalpia do ambiente, quando comparada em função dos valores dos níveis de pressão sonora dos leitões, não apresentou tendência clara e definida de dependência entre as variáveis, não sendo possível, para as condições de sistema intensivo, definir as faixas em função do índice de conforto entalpia.

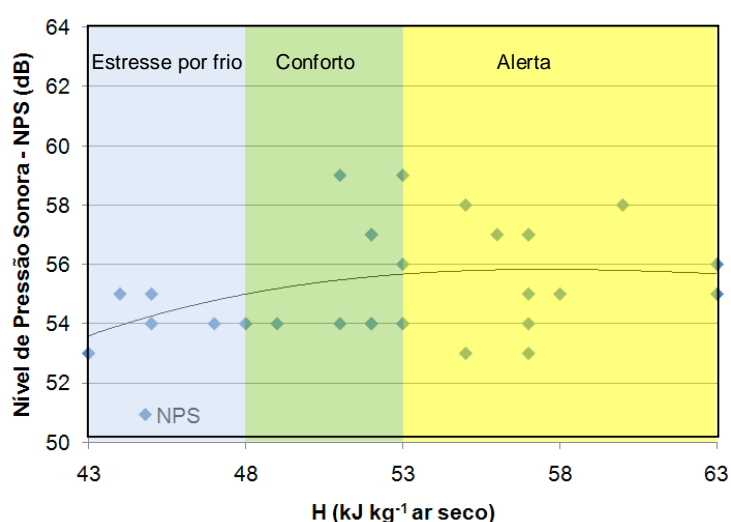


Figura 44 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação à entalpia do ambiente na fase de creche

Durante o período de creche, foi possível verificar três situações de ambientes distintos para os leitões, situações em que os leitões estavam em condições de desconforto por frio (área azul), conforto (área verde) e alerta para o desconforto por calor (área amarela). Porém, com relação aos níveis de pressão sonora emitidos pelos animais durante esta fase, como na fase anterior, não foi possível definir as faixas em função do índice de conforto entalpia, pois os dados dispersos não apresentaram uma tendência clara e definida.

As Figuras 45 e 46 ilustram os dados de pressão sonora dos leitões dispersos em função do índice de temperatura e umidade do ar (ITU) durante o período de pré-creche.

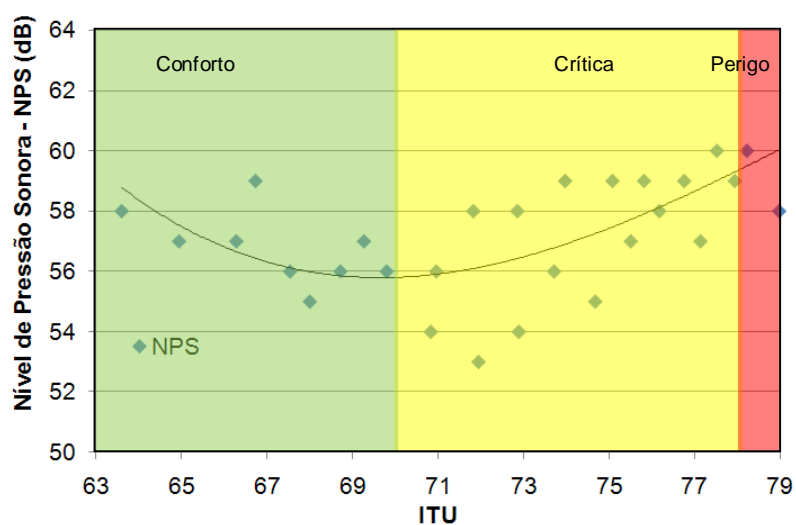


Figura 45 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação ao índice de temperatura e umidade (ITU) do ambiente na fase de pré-creche

O índice de temperatura e umidade do ar, proposto por Thom (1959), retrata a situação do ambiente por intermédio das variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar), tal como a entalpia, porém, sem a influência da pressão atmosférica do local. Durante a fase de pré-creche, foi possível perceber que o ITU apresentou situações do ambiente, diferentes em comparação ao índice de conforto entalpia. A dispersão dos dados de pressão sonora dos leitões apresentou dependências definidas em relação ao ITU. Para a faixa de conforto, segundo Hahn (1985) apud Silva (2000), valores de ITU menores que 70, o nível de pressão sonora dos leitões situou-se na faixa de 56 a 58 dB, e para de alerta, ITU entre 70 e 78, os níveis de pressão sonora dos leitões apresentaram tendência de elevação à medida que o ITU se elevava.

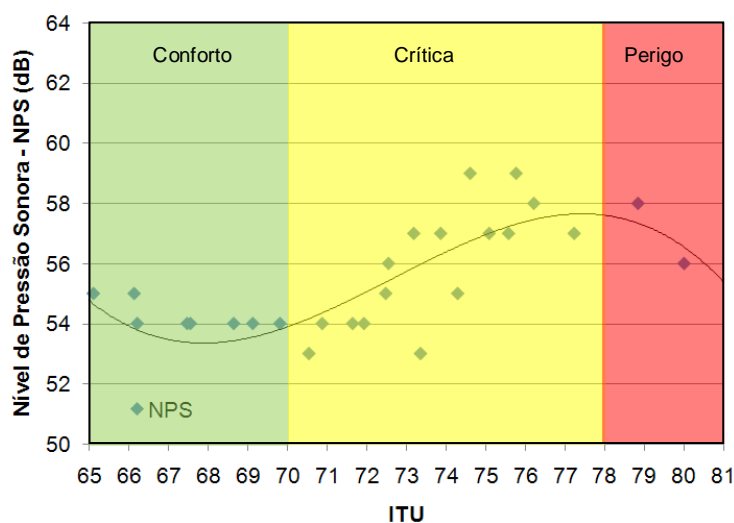


Figura 46 - Dispersão dos Níveis de Pressão Sonora (NPS) emitidos pelos suínos em relação ao índice de temperatura e umidade (ITU) do ambiente na fase de creche

Para a fase de creche, as faixas dos níveis de pressão sonora dos leitões apresentaram-se bem definidas em relação ao ITU, sendo que para a faixa de conforto (área verde) os níveis de pressão sonora situaram-se na faixa de 54 a 55 dB. Para a faixa crítica (área amarela), os níveis de pressão sonora apresentaram tendência de elevação, situando-se na faixa de 55 a 60 dB, porém para valores de ITU maiores que 78, faixa de perigo. O nível de pressão sonora dos leitões apresentou tendência de queda, assim como apresentado na Figura 41, devido à situação crítica do microclima na instalação. Os leitões tenderam a permanecer deitados, minimizando a perda de calor para o ambiente, evitando, assim, uma situação mais crítica de desconforto.

### 5.3.4 Análises de correlação

Devido à grande quantidade de dados coletados, estes tiveram que ser organizados em médias entre os valores coletados por cada *datalogger* e cada decibelímetro. A seguir os dados foram ordenados em função da temperatura registrada e, como consequência, os dados de umidade do ar, entalpia, ITU e nível de pressão sonora foram ordenados. Após a organização, foram feitas médias entre os mesmos valores de temperatura e, por consequência, entre os valores registrados de umidade

do ar e do nível de pressão sonora, e os índices de conforto (entalpia e ITU) foram calculados.

Foram feitas análises de correlação das variáveis coletadas durante as fases de pré-creche e creche dos leitões, em ambiente de produção intensiva, utilizando a rotina *procCORR* do software estatístico SAS® (SAS, 2004).

#### 5.3.4.1 Fase de pré-creche

Foram feitas análises de correlação de Pearson ( $P < 0,05$ ), entre as variáveis coletadas durante o experimento, e os resultados foram apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Níveis de correlação entre as variáveis explicativas (temperatura, umidade do ar e entalpia) e a variável resposta nível de pressão sonora emitida pelos leitões na pré-creche

	<b>NPS<sub>leitões</sub></b>	<b>T</b>	<b>UR</b>	<b>Entalpia</b>	<b>ITU</b>
<b>NPS<sub>leitões</sub></b>	1				
<b>T</b>	0,805** 0,0002	1			
<b>UR</b>	-0,878** <10 <sup>-4</sup>	-0,984** <10 <sup>-4</sup>	1		
<b>Entalpia</b>	0,588* 0,017	0,935** <10 <sup>-4</sup>	-0,863** <10 <sup>-4</sup>	1	
<b>ITU</b>	0,762** 0,0006	0,997** <10 <sup>-4</sup>	-0,969** <10 <sup>-4</sup>	0,955** <10 <sup>-4</sup>	1

NS = não significativo, \* significativo a 5% de probabilidade, \*\* significativo a 1% de probabilidade.

A Tabela 7 mostra os coeficientes de correlação, que medem a intensidade linear entre duas variáveis, para posterior análise de regressão. O principal objetivo desta análise é determinar a dependência funcional da variável dependente sobre a independente. Como o objetivo é verificar o comportamento da pressão sonora emitida pelos leitões frente às variáveis ambientais e os índices de conforto, os resultados da tabela mostram que os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões apresentaram

correlação positiva e significativa de 0,805 ( $P=0,0002$ ), ou seja, a elevação da temperatura promoveu uma elevação dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões, em que 80,5% dos dados de pressão sonora analisados são explicados pelo efeito da variável temperatura.

Com relação à umidade do ar, o nível de pressão sonora apresentou correlação negativa e significativa de -0,878 ( $P<10^{-4}$ ), ou seja, 87,8% dos dados de pressão sonora analisados são explicados pelo efeito inverso da variável umidade do ar. O índice de conforto entalpia apresentou correlação significativa ( $P=0,017$ ) e positiva 0,588 em relação aos níveis de pressão sonora, mostrando a existência de dependência linear entre o nível de pressão dos leitões e o índice de conforto entalpia, porém apenas 58% dos dados de pressão sonora são explicados pelo efeito da entalpia. Já para o índice de temperatura e umidade do ar (ITU), os níveis de pressão sonora dos leitões apresentaram correlação positiva e significativa de 0,762 ( $P<0,0006$ ). À medida que ocorreu o aumento na temperatura no interior da sala, os suínos apresentaram tendência de emitirem mais sons, apresentando, assim, maiores níveis de pressão sonora quando em altas temperaturas. O índice de temperatura e umidade do ar (ITU) foi o que melhor correspondeu ao ambiente no qual os leitões estavam confinados em resposta aos níveis de pressão sonora emitidos pelos mesmos.

Os resultados divergem de Nader et al. (2002) e Silva et al. (2007), pois os autores afirmaram não encontrar correlação entre as variáveis ambientais e os níveis de pressão sonora emitidos por suínos, porém ambos os trabalhos foram avaliados em ambiente de produção intensiva e as características do tipo de instalação foram completamente diferentes das características da câmara climática.

#### **5.3.4.2 Fase de creche**

Para a fase de creche os procedimentos de organização dos dados foram os mesmos realizados para a pré-creche. Foram feitas análises de correlação entre os dados coletados na granja, utilizando a rotina procCORR do software estatístico SAS® (SAS, 2004).

Tabela 8 – Níveis de correlação entre as variáveis explicativas (temperatura, umidade do ar e entalpia) e a variável resposta nível de pressão sonora emitida pelos leitões na fase de creche

	<b>NPS<sub>leitões</sub></b>	<b>T</b>	<b>UR</b>	<b>Entalpia</b>	<b>ITU</b>
<b>NPS<sub>leitões</sub></b>	1				
<b>T</b>	0,7362** 0,0011	1			
<b>UR</b>	-0,825** <10 <sup>-4</sup>	-0,943** <10 <sup>-4</sup>	1		
<b>Entalpia</b>	0,4696 NS 0,0665	0,871** <10 <sup>-4</sup>	-0,664** 0,005	1	
<b>ITU</b>	0,693* 0,029	0,994** <10 <sup>-4</sup>	-0,664** 0,005	0,919** <10 <sup>-4</sup>	1

NS = não significativo, \* significativo a 5% de probabilidade, \*\* significativo a 1% de probabilidade.

A Tabela 8 mostra os coeficientes de correlação entre os dados coletados em ambiente de produção intensiva. Foi possível com este tipo de análise verificar o comportamento da pressão sonora emitida pelos leitões em relação ao ambiente interno ao qual os animais estavam submetidos e em relação ao índice de conforto entalpia.

Os valores de correlação apontaram novamente uma correlação positiva entre o nível de pressão sonora emitido pelos leitões e a temperatura, sendo este valor alto 0,7362 e significativo (P=0,0011) ao nível de 5% de probabilidade, ou seja, 73% dos dados de pressão sonora analisados são explicados pelo efeito da variável temperatura.

Com relação à umidade do ar, os níveis de pressão sonora se correlacionaram como na fase de pré-creche, de forma negativa -0,825 e significativa (P<0,0001), sendo que 82,5% dos dados de pressão sonora sofreram o efeito inverso da umidade do ar. Porém as duas variáveis climáticas quando foram associadas ao índice de conforto entalpia resultaram em uma correlação baixa e não significativa para a fase de creche. Já o ITU se correlacionou de forma positiva e significativa com os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões, sendo que, 69,3% dos dados de pressão sonora sofreram o efeito positivo do ITU.

### 5.3.5 Análise de regressão

Os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões nas fases de pré-creche e creche foram analisados pela estatística de regressão em função das variáveis ambientais, temperatura e umidade do ar e dos índices de conforto, entalpia e ITU (ANEXOS D, E, F, G, H, I, J, K), para a estimativa de um modelo de regressão da variável resposta ( $NPS_{\text{leitões}}$ ) em relação às variáveis explicativas (T e UR). Para as análises foi utilizada a rotina de procedimento *REG* do software estatístico SAS® (SAS, 2004). Os dados foram analisados com melhor ajuste do modelo de regressão quadrática para a fase de pré-creche e cúbica para a creche, por apresentarem os maiores coeficientes de determinação, representados pelas eq. (12 e 13):

$$Y_{ij} = \mu \pm \beta_1 X_j + \beta_2 X_j^2 + \varepsilon_{ij} \quad (12)$$

$$Y_{ij} = \mu \pm \beta_1 X_j + \beta_2 X_j^2 + \beta_3 X_j^3 + \varepsilon_{ij} \quad (13)$$

em que:

$Y_{ij}$  = i-ésima observação associada a j-ésima observação;

$\mu$  = efeito médio;

$\beta_1 X_i$  = regressor associado ao efeito linear da observação;

$\beta_2 X_i^2$  = regressor associado ao efeito quadrático da observação;

$\beta_3 X_i^3$  = regressor associado ao efeito cúbico da observação;

$\varepsilon_{ij}$  = j-ésimo erro associado a i-ésima observação.

A Tabela 9 apresenta os modelos de regressão para a estimativa do nível de pressão sonora dos leitões em função das variáveis ambientais e dos índices de conforto, entalpia e ITU, em ambiente de produção intensiva para as fases de pré-creche e creche, respectivamente.



Tabela 9 – Modelos de regressão para a estimativa do nível de pressão dos leitões em função das variáveis ambientais e dos índices de conforto, para as fases de pré-creche e creche.

	Modelo	Pr > F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado
Pré-creche	$NPS_{leitões} = 0,04 \cdot T^2 - 1,90 \cdot T + 77,4$	$< 10^{-3**}$	0,84	0,82
	$NPS_{leitões} = 0,003 \cdot UR^2 - 0,43 \cdot UR + 72,4$	$< 10^{-3**}$	0,82	0,79
	$NPS_{leitões} = 0,04 \cdot H^2 - 3,46 \cdot H + 138,3$	0,001*	0,65	0,60
	$NPS_{leitões} = 0,04 \cdot ITU^2 - 5,98 \cdot ITU + 261,6$	$< 0,0001**$	0,81	0,78
Creche	$NPS_{leitões} = - 0,01 \cdot T^3 + 0,79 \cdot T^2 - 20,02 \cdot T + 217,7$	0,0005	0,76	0,70
	$NPS_{leitões} = 0,0004 \cdot UR^3 - 0,07 \cdot UR^2 + 3,72 \cdot UR - 5,1$	$< 0,0007**$	0,75	0,68
	$NPS_{leitões} = - 0,001 \cdot H^3 + 0,16 \cdot H^2 - 8,13 \cdot H + 188,1$	0,324NS	0,24	0,05
	$NPS_{leitões} = - 0,008 \cdot ITU^3 + 1,79 \cdot ITU^2 - 129,96 \cdot ITU + 3191,4$	0,0021**	0,69	0,61

NS = não significativo; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Para as fases de suínos estudadas, em ambiente de produção intensiva, os níveis de pressão sonora foram mais bem representados pela temperatura e umidade do ar e pelo índice de temperatura e umidade (ITU), visto que a regressão simples, com relação a estas variáveis, apresentou coeficientes de determinação ajustado (R<sup>2</sup> ajustado) de maior valor, quando comparado com o índice de conforto entalpia.

A estatística de regressão apresentada discorda de Silva et al. (2007), que, estudaram a emissão de pressão sonora (ruídos) por leitões em ambiente de produção intensiva e sua correlação com as variáveis temperatura e umidade do ar. Os autores não encontraram evidências para se afirmar que existe associação entre o nível de pressão sonora e as variáveis ambientais encontrando tanto para a temperatura como para a umidade do ar, baixos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>= 0,015 e R<sup>2</sup>= 0,075). Os

autores não utilizaram a expressão adequada para a subtração do nível de ruído de fundo para a obtenção do nível de ruído emitido pelos animais, portanto os valores encontrados de 12,58dB e 10,98dB não condizem na verdade ao ruído do animal. Os valores encontrados como ruído do animal podem ter mascarado toda a análise de regressão elaborada em função das variáveis ambientais, sendo por este motivo que os autores não encontraram evidências de associação com as variáveis.

#### **5.4 Conclusões**

Para o estudo dos níveis de pressão emitidos por leitões durante as fases de pré-creche e creche pôde-se concluir que:

- foi possível perceber a tendência dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões em relação ao manejo da granja. No período noturno, os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões concentraram-se na faixa de 50 a 55 dB. Durante o período diurno os níveis de pressão sonora concentraram-se na faixa de 60 a 65 dB, para as fases de pré-creche e creche;

- os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões apresentaram tendências de acréscimo, quando em situações de desconforto térmico;

- Os níveis de pressão sonora dos suínos, em ambas as fases apresentaram correlação entre as variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar) e para o índice de temperatura e umidade do ar (ITU);

- para a fase de pré-creche foram encontradas as faixas de pressão sonora emitidas pelos leitões para cada situação do ambiente: estresse por frio (56 – 60 dB); conforto (54 – 56 dB); alerta (56 – 60 dB);

- para a fase de creche foram encontradas as faixas de pressão sonora emitidas pelos leitões para cada situação do ambiente: conforto (54 – 55 dB); alerta (54 – 58 dB) e estresse por calor (54 - 58 dB);

- para a fase de pré-creche foram encontradas as faixas de pressão sonora emitidas pelos leitões para faixa de ITU: conforto (56 – 57 dB); crítica (58 – 60 dB);

- para a fase de creche foram encontradas as faixas de pressão sonora emitidas pelos leitões para faixa de ITU: conforto (54 – 55 dB); crítica (55 – 60 dB);

- os modelos de regressão gerados previram com fidelidade os valores dos níveis de pressão sonora dos leitões em função da temperatura, umidade do ar e do índice de temperatura e umidade (ITU), para o ambiente estudado.

## Referências

ALBRIGHT, L.D. **Environment control for animals and plants**. St Joseph: ASAE, 1990. 453 p. (ASAE Textbook, 4).

AMARAL, P.I.S.; CAMPOS, A.T.; SABINO, L.A.; SOUSA JUNIOR, V.R.; GONÇALVES, S.A.; SILVA, B.M. Avaliação do nível de ruídos em instalações para suínos em um sistema intensivo de criação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

APPLEBY, M.; WEARY, D.M.; TAYLOR, A.; ILLMANN, G. Vocal communication in pigs: Who are nursing piglets screaming at. **Ethology**, Berlin, v. 10, p. 881–892, 1999.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O.; SILVA, M. A. N.; SILVA, C. J. M. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando seqüência de imagens. **Revista de Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v.21, n.1, p.93-99, jan/abr, 2007.

BORGES, G.; SILVA, K.O.; RODRIGUES, V.C.; RISI, N.; SILVA, I.J.O.; ZOTTI, C.A. Effect of climatic conditions on noise emissions and nursery pigs behavior. In: BRAZILIAN CONGRESS OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 37., 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008. 1 CD-ROM.

FRASER, D. The vocalization and other behaviour of growing pigs in an “open field” test. **Applied Animal Ethology**, Amsterdam, v.1, n. 1, p.13–16, 1974.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: UFSC, DEM, 1992. 576 p.

HILLMANN, E.; MAYERD, C.; SCHÖNC, P.C.; PUPPEC, B; SCHRADER, L. Vocalisation of domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) as an indicator for their adaptation towards ambient temperatures. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 89, p. 195–206, 2004.

ILLMANN, G.; NEUHAUSEROVA, K.; POKORNA, Z.; CHALOUPKOVA, H.; SIMECKOVA, M. Maternal responsiveness of sows towards piglet's screams during the first 24 h postpartum. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 112, p. 248–259, 2008.

MANTEUFFEL, G.; PUPPE, B.; SCHÖN, P.C. Vocalization of farm animals as a measure of welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 88, p. 163–182, 2004.

MARCHANT-FORDE, J.N.; BRADSHAW, H.R.; MARCHANT-FORDE, M.R.; BROOM, D.M. A note on the effect of gestation housing environment on approach test measures in gilts. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 80, n. 4, p. 28-296, 2003.

NADER, A.S.; BARACHO, M.S.; NÄÄS, I.A.; SAMPAIO, C.A.P. Avaliação dos níveis de ruídos e da qualidade do ar (com relação a presença de gases e fungos) em creche de suínos. In: SEMINÁRIO DE POLUENTES AÉREOS E RUÍDOS EM INSTALAÇÕES PARA A PRODUÇÃO ANIMAL, 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2002, p. 49-56.

PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O.; SEVEGNANI, K.B.; CARO, I.W. Locais de implante de microchips de identificação eletrônica de leitões: seleção e validação por análise de imagem. **Revista de Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v. 25, n. 1, p. 1-9, jan./abr. 2005.

SAMPAIO, C.A.P. **Caracterização dos ambientes térmico, aéreo e acústico em sistemas de produção de suínos, nas fases de creche e terminação**. 2004. 130 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SAMPAIO, C.A.P.; NÄÄS, I.A.; NADER, A. Gases e ruídos em edificações para suínos - aplicação das normas NR-15, CIGR E ACGIH. **Revista de Engenharia Agrícola**, Sorocaba, v. 25, n. 1, p. 10-18, jan./abr. 2005.

SAMPAIO, C.A.P.; NÄÄS, I.A.; SALGADO, D.D. Perfil térmico e acústico na produção de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4., 2006, Ribeirão Preto. Disponível em: <[http://www.sbbiomet.com.br/cbb/2006/Animal/ResumoIVCBB\\_011.pdf](http://www.sbbiomet.com.br/cbb/2006/Animal/ResumoIVCBB_011.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2008.

SAMPAIO, C.A.P.; NÄÄS, I.A.; NADER, A.S.; MENDES, P.M. Níveis de ruídos em produção de suínos – creche e terminação, estudo de caso. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...**, Salvador, 2002. 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 e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 436-440, 2007.

SAS INSTITUTE. **SAS OnlineDoc® 9.1.3**. Cary, 2004.

SILVA, I.J.O. Sistemas naturais e artificiais do controle do ambiente – climatização. In: \_\_\_\_\_. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. cap. 7, p. 149-179.

SILVA, I.J.O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S.M.S. Uso da zootecnia de precisão na avaliação do comportamento de leitões lactentes submetidos a diferentes sistemas de aquecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 220-229, 2005.

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, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, W.T. **Desenvolvimento de um sistema para estimativa de bem-estar a partir de dados de vocalização de suínos**. 2008. 108 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

VALE, M.M.; ALVES, C.S.; CARVALHO, T.M.R.; SILVA, W.T.; MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A. Análise do comportamento e vocalização de frangos de corte pela captura combinada de som e imagem aos 14 dias de criação submetidos a reduções cíclicas de temperatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2006. 1 CD-ROM

WATTS, J.M.; STOOKEY, J.M. Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 67, p. 15–33, 2000.

WEARY, D.M.; FRASER, D. Signalling need: costly signals and animal welfare assessment. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 44, p. 159–169, 1995.

WEARY, D.M., BRAITHWAITE, L.A.; FRASER, D. Vocal response to pain in piglets. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 56, p. 161–172, 1997.

## 6 CONCLUSÕES FINAIS

De acordo com os objetivos deste trabalho, pode-se concluir que:

1. com relação a influência da distribuição de decibelímetros na aquisição automática dos níveis de pressão sonora, em ambiente de produção intensiva:

- para os layouts estudados, não se encontrou dependência espacial entre os pontos de captura dos níveis de pressão sonora;

- foi possível prever os níveis de pressão sonora nos locais onde não havia decibelímetros instalados;

- foi possível verificar uma distribuição homogênea dos níveis de pressão sonora em toda a extensão da sala estudada;

- a análise de correlação confirmou a homogeneidade dos níveis de pressão sonora, no interior da sala, entre os decibelímetros instalados;

- por intermédio da análise conjunta dos mapas de krigagem e da correlação entre os decibelímetros, é possível concluir que faz-se suficiente a utilização de um decibelímetro para a captura automática dos níveis de pressão sonora para o ambiente estudado.

2. com relação a influência das variáveis ambientais no nível de pressão sonora emitido por leitões em ambiente controlado e predição das faixas de pressão sonora em relação às faixas de conforto estabelecidas:

- os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões em câmara climática apresentaram correlação inversa com relação à temperatura e o índice de conforto entalpia;

- os níveis de pressão sonora dos leitões apresentaram tendência de queda a medida que o ambiente não mais proporcionava situação de conforto para os animais;

- os modelos de regressão gerados previram com fidelidade os valores dos níveis de pressão sonora dos leitões em função da temperatura e do índice de conforto entalpia, para o ambiente estudado;

- foi possível prever as faixas dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões, para a situação de conforto (70 – 75 dB), alerta (60 – 70 dB) e estresse térmico (55 – 60 dB), em relação às faixas de temperatura e do índice de conforto entalpia.

3. com relação a avaliação da influência das variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar) na emissão dos níveis de pressão sonora por leitões em ambiente de produção intensiva:

- foi possível perceber a tendência dos níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões em relação ao manejo da granja. No período noturno, os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões concentraram-se na faixa de 50 a 55 dB. Durante o período diurno os níveis de pressão sonora concentraram-se na faixa de 60 a 65 dB, para as fases de pré-creche e creche;

- os níveis de pressão sonora emitidos pelos leitões apresentaram tendências de acréscimo, quando em situações de desconforto térmico;

- Os níveis de pressão sonora dos suínos, em ambas as fases apresentaram correlação entre as variáveis ambientais (temperatura e umidade do ar) e para o índice de temperatura e umidade do ar (ITU);

- para a fase de pré-creche foram encontradas as faixas de pressão sonora emitidas pelos leitões para cada situação do ambiente: estresse por frio (56 – 60 dB); conforto (54 – 56 dB); alerta (56 – 60 dB);

- para a fase de creche foram encontradas as faixas de pressão sonora emitidas pelos leitões para cada situação do ambiente: conforto (54 – 55 dB); alerta (54 – 58 dB) e estresse por calor (54 - 58 dB);

- para a fase de pré-creche foram encontradas as faixas de pressão sonora emitidas pelos leitões para faixa de ITU: conforto (56 – 57 dB); crítica (58 – 60 dB);

- para a fase de creche foram encontradas as faixas de pressão sonora emitidas pelos leitões para faixa de ITU: conforto (54 – 55 dB); crítica (55 – 60 dB);

- os modelos de regressão gerados previram com fidelidade os valores dos níveis de pressão sonora dos leitões em função da temperatura, umidade do ar e do índice de temperatura e umidade (ITU), para o ambiente estudado.



**ANEXOS**

ANEXO A – Capítulo 4. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função da temperatura (T)

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read 15  
Number of Observations Used 15

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	332.19245	110.73082	34.66	<.0001
Error	11	35.14089	3.19463		
Corrected Total	14	367.33333			

Root MSE	1.78735	R-Square	0.9043
Dependent Mean	65.33333	Adj R-Sq	0.8782
Coeff Var	2.73574		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	-128.13761	65.58158	-1.95	0.0766	64027
T		1	25.20559	7.63063	3.30	0.0070	278.02349
T_2	2nd power of T	1	-1.02274	0.28897	-3.54	0.0046	11.47148
T_3	3rd power of T	1	0.01304	0.00357	3.66	0.0038	42.69748

## ANEXO B – Capítulo 4. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões em função da umidade do ar

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read      15  
Number of Observations Used      15

### Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	140.19242	46.73081	2.26	0.1381
Error	11	227.14091	20.64917		
Corrected Total	14	367.33333			

Root MSE	4.54414	R-Square	0.3816
Dependent Mean	65.33333	Adj R-Sq	0.2130
Coeff Var	6.95531		

### Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	1227.15793	554.23925	2.21	0.0489	64027
UR		1	-50.34547	23.90644	-2.11	0.0590	44.90197
UR_2	2nd power of UR	1	0.70349	0.33481	2.10	0.0595	5.39746
UR_3	3rd power of UR	1	-0.00320	0.00153	-2.09	0.0610	89.89299

ANEXO C – Capítulo 4. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função do índice de conforto entalpia (H)

The REG Procedure  
 Model: MODEL1  
 Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read 15  
 Number of Observations Used 15

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	328.28691	109.42897	30.83	<.0001
Error	11	39.04642	3.54967		
Corrected Total	14	367.33333			

Root MSE 1.88406 R-Square 0.8937  
 Dependent Mean 65.33333 Adj R-Sq 0.8647  
 Coeff Var 2.88376

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	-55.88522	55.70573	-1.00	0.3373	64027
H		1	5.79585	2.39500	2.42	0.0340	305.51515
H_2	2nd power of H	1	-0.08405	0.03330	-2.52	0.0283	0.48100
H_3	3rd power of H	1	0.00037700	0.00015044	2.51	0.0292	22.29076

ANEXO D – Capítulo 5. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função da temperatura (T) – Fase de pré-creche

The REG Procedure  
 Model: MODEL1  
 Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read	17
Number of Observations Used	16
Number of Observations with Missing Values	1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	46.11996	23.05998	36.04	<.0001
Error	13	8.31754	0.63981		
Corrected Total	15	54.43750			

Root MSE	0.79988	R-Square	0.8472
Dependent Mean	58.18750	Adj R-Sq	0.8237
Coeff Var	1.37466		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	77.39464	6.75130	11.46	<.0001	54173
T		1	-1.90116	0.54150	-3.51	0.0038	35.26544
T_2	2nd power of T	1	0.04359	0.01058	4.12	0.0012	10.85452

Correlation of Estimates

Variable	Label	Intercept	T	T_2
Intercept	Intercept	1.0000	-0.9960	0.9860
T		-0.9960	1.0000	-0.9968
T_2	2nd power of T	0.9860	-0.9968	1.0000

ANEXO E – Capítulo 5. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função da umidade do ar (UR) – Fase de pré-creche

The REG Procedure  
 Model: MODEL1  
 Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read	17
Number of Observations Used	16
Number of Observations with Missing Values	1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	44.57405	22.28702	29.37	<.0001
Error	13	9.86345	0.75873		
Corrected Total	15	54.43750			

Root MSE	0.87105	R-Square	0.8188
Dependent Mean	58.18750	Adj R-Sq	0.7909
Coeff Var	1.49697		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	72.34819	4.08702	17.70	<.0001	54173
UR		1	-0.42657	0.16355	-2.61	0.0217	41.93840
UR_2	2nd power of UR	1	0.00290	0.00156	1.86	0.0851	2.63565

Correlation of Estimates

Variable	Label	Intercept	UR	UR_2
Intercept	Intercept	1.0000	-0.9911	0.9736
UR		-0.9911	1.0000	-0.9948
UR_2	2nd power of UR	0.9736	-0.9948	1.0000

ANEXO F – Capítulo 5. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função da entalpia (H) – Fase de pré-creche

The REG Procedure  
 Model: MODEL1  
 Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read	17
Number of Observations Used	16
Number of Observations with Missing Values	1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	35.71016	17.85508	12.39	0.0010
Error	13	18.72734	1.44056		
Corrected Total	15	54.43750			

Root MSE	1.20024	R-Square	0.6560
Dependent Mean	58.18750	Adj R-Sq	0.6031
Coeff Var	2.06270		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	138.32013	26.45434	5.23	0.0002	54173
H		1	-3.45792	1.06631	-3.24	0.0064	18.80386
H_2	2nd power of H	1	0.03637	0.01062	3.43	0.0045	16.90631

Correlation of Estimates

Variable	Label	Intercept	H	H_2
Intercept	Intercept	1.0000	-0.9984	0.9945
H		-0.9984	1.0000	-0.9988
H_2	2nd power of H	0.9945	-0.9988	1.0000

ANEXO G – Capítulo 5. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função do índice de temperatura e umidade do ar (ITU) – Fase de pré-creche

The REG Procedure  
 Model: MODEL1  
 Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read	17
Number of Observations Used	16
Number of Observations with Missing Values	1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	44.20393	22.10196	28.08	<.0001
Error	13	10.23357	0.78720		
Corrected Total	15	54.43750			

Root MSE	0.88724	R-Square	0.8120
Dependent Mean	58.18750	Adj R-Sq	0.7831
Coeff Var	1.52480		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	261.57725	56.43521	4.64	0.0005	54173
ITU		1	-5.98579	1.57427	-3.80	0.0022	31.64904
ITU_2	2nd power of ITU	1	0.04370	0.01094	3.99	0.0015	12.55489

Correlation of Estimates

Variable	Label	Intercept	ITU	ITU_2
Intercept	Intercept	1.0000	-0.9995	0.9982
ITU		-0.9995	1.0000	-0.9996
ITU_2	2nd power of ITU	0.9982	-0.9996	1.0000



ANEXO H – Capítulo 5. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função da temperatura (T) – Fase de creche

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read	17
Number of Observations Used	16
Number of Observations with Missing Values	1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	35.42028	11.80676	12.86	0.0005
Error	12	11.01722	0.91810		
Corrected Total	15	46.43750			

Root MSE	0.95818	R-Square	0.7628
Dependent Mean	55.18750	Adj R-Sq	0.7034
Coeff Var	1.73622		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	217.71659	56.67918	3.84	0.0023	48731
T		1	-20.02307	6.61619	-3.03	0.0105	25.16544
T_2	2nd power of T	1	0.79319	0.25325	3.13	0.0087	0.93295
T_3	3rd power of T	1	-0.01014	0.00318	-3.19	0.0078	9.32189

Correlation of Estimates

Variable	Label	Intercept	T	T_2	T_3
Intercept	Intercept	1.0000	-0.9985	0.9944	-0.9880
T		-0.9985	1.0000	-0.9986	0.9948
T_2	2nd power of T	0.9944	-0.9986	1.0000	-0.9987
T_3	3rd power of T	-0.9880	0.9948	-0.9987	1.0000

ANEXO I – Capítulo 5. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função da umidade do ar (UR) – Fase de creche

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read	17
Number of Observations Used	16
Number of Observations with Missing Values	1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	34.64188	11.54729	11.75	0.0007
Error	12	11.79562	0.98297		
Corrected Total	15	46.43750			

Root MSE	0.99145	R-Square	0.7460
Dependent Mean	55.18750	Adj R-Sq	0.6825
Coeff Var	1.79651		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	-5.05783	37.56861	-0.13	0.8951	48731
UR		1	3.71824	2.20224	1.69	0.1171	31.58656
UR_2	2nd power of UR	1	-0.07127	0.04161	-1.71	0.1125	0.25231
UR_3	3rd power of UR	1	0.00043029	0.00025481	1.69	0.1171	2.80300

Correlation of Estimates

Variable	Label	Intercept	UR	UR_2	UR_3
Intercept	Intercept	1.0000	-0.9986	0.9943	-0.9876
UR		-0.9986	1.0000	-0.9985	0.9944
UR_2	2nd power of UR	0.9943	-0.9985	1.0000	-0.9986
UR_3	3rd power of UR	-0.9876	0.9944	-0.9986	1.0000

ANEXO J – Capítulo 5. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função da entalpia (H) – Fase de creche

The REG Procedure  
Model: MODEL1  
Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read	17
Number of Observations Used	16
Number of Observations with Missing Values	1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	11.29347	3.76449	1.29	0.3240
Error	12	35.14403	2.92867		
Corrected Total	15	46.43750			

Root MSE	1.71134	R-Square	0.2432
Dependent Mean	55.18750	Adj R-Sq	0.0540
Coeff Var	3.10095		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	188.06080	385.26603	0.49	0.6343	48731
H		1	-8.13022	21.82252	-0.37	0.7160	10.24165
H_2	2nd power of H	1	0.16036	0.40828	0.39	0.7014	0.56864
H_3	3rd power of H	1	-0.00103	0.00253	-0.41	0.6918	0.48318

Correlation of Estimates

Variable	Label	Intercept	H	H_2	H_3
Intercept	Intercept	1.0000	-0.9996	0.9982	-0.9960
H		-0.9996	1.0000	-0.9996	0.9982
H_2	2nd power of H	0.9982	-0.9996	1.0000	-0.9995
H_3	3rd power of H	-0.9960	0.9982	-0.9995	1.0000

ANEXO K – Capítulo 5. Análise de regressão do nível de pressão sonora dos leitões (NPS) em função do índice de temperatura e umidade do ar (ITU) – Fase de creche

The REG Procedure  
 Model: MODEL1  
 Dependent Variable: NPS

Number of Observations Read	17
Number of Observations Used	16
Number of Observations with Missing Values	1

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	32.17215	10.72405	9.02	0.0021
Error	12	14.26535	1.18878		
Corrected Total	15	46.43750			

Root MSE	1.09031	R-Square	0.6928
Dependent Mean	55.18750	Adj R-Sq	0.6160
Coeff Var	1.97565		

Parameter Estimates

Variable	Label	DF	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr >  t	Type I SS
Intercept	Intercept	1	3191.36019	1138.05798	2.80	0.0159	48731
ITU		1	-129.96112	46.72789	-2.78	0.0166	22.27330
ITU_2	2nd power of ITU	1	1.78639	0.63793	2.80	0.0160	0.49265
ITU_3	3rd power of ITU	1	-0.00815	0.00290	-2.81	0.0157	9.40620

Correlation of Estimates

Variable	Label	Intercept	ITU	ITU_2	ITU_3
Intercept	Intercept	1.0000	-0.9998	0.9993	-0.9984
ITU		-0.9998	1.0000	-0.9998	0.9993
ITU_2	2nd power of ITU	0.9993	-0.9998	1.0000	-0.9998
ITU_3	3rd power of ITU	-0.9984	0.9993	-0.9998	1.0000

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)