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

**Uso da vocalização como indicador patológico em leitões na fase de
maternidade**

Natalia Risi

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

**Piracicaba
2010**

Natalia Risi
Médica Veterinária

Uso da vocalização como indicador patológico em leitões na fase de maternidade

Orientadora:
Prof^a. Dr^a **KÉSIA OLIVEIRA DA SILVA MIRANDA**

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

Piracicaba
2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Risi, Natalia

Uso da vocalização como indicador patológico em leitões na fase de maternidade /
Natalia Risi. - - Piracicaba, 2010.
93 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Artrite 2. Bioacústica 3. Saúde animal 4. Suínos 5. Vocalização animal I. Título

CDD 636.40896
R595u

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A minha filha,

Isabella Risi Dias,

Que mesmo com tão pouca idade, soube compreender a necessidade de minha ausência para que este projeto pudesse se concretizar. Que se obrigou por tantas vezes mostrar-se madura e me encorajar com sensíveis palavras para que, diante das dificuldades eu conseguisse atravessar barreiras e transcender minha jornada.

Pelos beijos, abraços e carinhos que me confortavam no momento em que eu regressava ao lar.

Pelo constante apoio nesta etapa da minha vida.

Por me mostrar que não estou nem nunca estarei sozinha.

Filha, muito obrigada por tudo. Eu te amo... Eternamente!!!

À minha família,

Que se orgulha da pessoa que sou...

Aos meus pais Inez e Flávio pelo incessante encorajamento e por acreditarem que sou capaz. Pelas barreiras ultrapassadas para que minha formação se complementasse.

Aos meus irmãos Daniela e Renato, por estarem por perto, sem precisar estar fisicamente ao meu lado. Grande parte de minha personalidade se formou graças a vocês. Vocês foram desde sempre minha referência para a vida.

Às minhas sobrinhas, Valentina e Rebeca, que alegam minha vida em qualquer momento.

Obrigada por existirem... Eu amo vocês...

Dedico... Com Muito Amor!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter-me dado todas as condições e oportunidades que me permitiram concluir o presente trabalho.

A minha orientadora, Késia Oliveira da Silva Miranda, pelas contribuições, parceria, compreensão e amizade ao longo desta jornada.

Ao programa de pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola, assim como a todos os professores, funcionários e alunos, especialmente ao Prof. Dr. Sérgio Oliveira Moraes, por muitas contribuições no processo de finalização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Iran José Oliveira da Silva, pelos ensinamentos frente às atividades do NUPEA, contribuindo de forma complementar para minha formação profissional.

À Granja Querência, ao Sr. Renato, gerente geral; Sr. Paulo Michelone Filho, gerente de produção, e todos os funcionários, por terem aberto as portas para que eu pudesse executar meu experimento.

Ao Sr. Paulinho Michelone, pelas idéias e sugestões dadas ao longo do meu trabalho.

Ao Professor Carlos Tadeu S. Dias, pela contribuição e sugestões quanto à elaboração das análises estatísticas deste estudo.

Aos AMIGOS: Giselle Borges, Valéria Cristina Rodrigues, Elizabete Maria Mellace, Rofson Flacão, Frederico Márcio C. Vieira, Maria Luíza A. Nunes, Sheila T. Nascimento, Claiton Zotti, Aérica C. Nazareno, Ariane de Castro, Carlos Eduardo Oltramari, Carlos Zaguetto, Natália Ota, Juliano Rangel, Carolzinha, Leonardo Oliveira Lombardi. Tenho razões particulares para agradecer muito a cada uma destas pessoas que compartilharam e enfrentaram inúmeras dificuldades e desafios nesta jornada. Agradeço também por toda ajuda, sugestões e pela incansável torcida pelo meu sucesso.

Aos estagiários Vinícios Menegale, Ana Sartori, Renata Vieira, Paulo Abili, Elenilson.

À Sra. Marilza Bucalon e Sr. Antônio Bucalon, por permitirem a realização deste sonho, fazendo do lar de sua família, o meu lar temporário...meu MUITO OBRIGADA!!!

Ao meu namorado Paulo Henrique Bucalon pela indispensável paciência, compreensão e apoio na execução do presente trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Biosistemas, em especial ao Sr. Hélio e Sr. Antônio.

Ao meu padrinho, Édson Vaz por toda ajuda desde sempre.

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo auxílio à pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Bem-estar animal	21
2.1.1 Conforto térmico favorecendo o bem-estar animal.....	22
2.2 Vocalização	23
2.2.1 Análises de sons	27
2.2.1.1 Extração de características acústicas	28
2.2.1.2 Variáveis acústicas envolvidas na vocalização dos suínos.....	29
2.2.1.3 Métodos de distinção das variáveis acústicas.....	30
2.2.2 Uso da vocalização na identificação de doença.....	30
2.3 Sanidade	31
2.3.1 Pontos críticos em fase de maternidade	32
2.3.2 Artrite.....	33
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Caracterização da área	35
3.2 Considerações gerais sobre estudo de campo	36
3.3 Animais envolvidos no estudo	37
3.3.1 Análise clínica da patologia	38
3.3.2 Nível de lesão.....	38
3.4 Variáveis do animal e do ambiente	39
3.5 Aquisição sonora.....	40
3.6 Análise dos áudios	43
3.7 Análise dos resultados	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 Vocalizações de animais sadios e animais com artrite	47

4.1.1 Avaliação da intensidade sonora (dB)	49
4.1.2 Frequência fundamental	51
4.1.3 Formantes.....	52
4.2 Influência da intensidade da lesão ocasionada pela artrite na vocalização dos animais	54
4.3 Influência da massa corporal (kg) nos parâmetros acústicos da vocalização de animais sadios e com artrite	59
4.4 Influência da idade nos parâmetros acústicos da vocalização de animais sadios e com artrite.....	66
4.5 Características acústicas em função do gênero dos animais	74
4.6 Variações das características acústicas em função da temperatura do ambiente no interior da instalação.....	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
6 CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS	87

RESUMO

Uso da vocalização como indicador patológico em leitões na fase de maternidade

O estudo da vocalização em animais de produção tem sido uma metodologia amplamente utilizada para avaliar as condições de bem-estar às quais os animais são submetidos. Diante disto, é importante tentar estabelecer novos métodos de identificação do quadro sanitário dos animais, na tentativa de melhorar a qualidade de vida dos mesmos. O presente trabalho tem, como objetivo principal, comparar as características acústicas presentes na vocalização de leitões com artrite e sadios durante a fase de maternidade. Algumas observações mais específicas também foram avaliadas envolvendo a variação da vocalização frente diferentes níveis de lesões proporcionadas pela artrite; a relação de parâmetros inerentes aos animais, tais como peso, idade, gênero e a influência da temperatura do ambiente na vocalização dos mesmos. O experimento foi desenvolvido na fase de maternidade em uma granja comercial de suínos. Durante o processo de aquisição de dados foram utilizados 123 leitões com idades entre 5 e 21 dias de vida; dentre estes, 60 eram animais artríticos e 63 sadios. Todos os animais selecionados foram submetidos a uma análise clínica prévia e a um processo de apreensão manual capaz de estimular a emissão de vocalização. Um microfone digital diretivo foi utilizado para realizar o registro dos sons emitidos por animais diagnosticados positivos bem como o dos negativos. A medida da temperatura ambiental foi feita por um *datalogger* posicionado no centro geométrico do galpão. Os níveis de lesões nos animais com artrite foram analisados clinicamente e separados em lesões leves, moderadas e intensas. As chamadas foram editadas pelo *software* Audacity® versão 1.3 Beta e analisadas pelo *software* PRAAT®, capaz de fornecer os parâmetros envolvidos no espectro sonoro dos sinais, tais como a duração (s), frequência fundamental (Hz), intensidade sonora (dB) e quatro níveis de formantes (Hz). Os dados foram submetidos à análise de variância (GLM) e teste de significância entre as médias (Tukey). A partir destas medidas do sinal sonoro foi possível verificar que as vocalizações emitidas por leitões com artrite diferiram das vocalizações emitidas por leitões sadios em fase de maternidade, principalmente pelos menores valores médios encontrados na duração das chamadas, intensidade sonora, primeira e segunda formantes presentes na vocalização de animais com artrite. Os resultados relacionados aos níveis de lesão revelaram que os valores médios da intensidade sonora, frequência fundamental, primeira e segunda formantes diminuíram à medida que o nível de lesão aumentou. Para os animais sadios envolvidos no estudo, encontraram-se diferenças significativas em muitas variáveis acústicas presentes na vocalização de animais apresentando diferentes idades, pesos (Kg), gênero e condições fisiológicas em função da temperatura do ar.

Palavras-chave: Bioacústica; Espectro sonoro; Artrite; Saúde animal

ABSTRACT

Vocalization as an indicator of piglet's disease in farrowing

The vocalization's study in farm animals has been a methodology used to assess the conditions of welfare which animals are subjected. In front of this, it is important to try to establish new methods to identifying the health situation of animals in an attempt to improve the quality of life for them. The purpose of this study was to analyze the acoustic features of vocalizations piglet's vocalization in two different conditions: arthritis and healthy animals during farrowing house. Some specific comments were also evaluated involving calls variation in front of different levels of injuries provided by arthritis; the relation of animal's parameters such as weight, age, sex and the influence of environmental temperature. The experiment was conducted in farrowing stage in a commercial farm pigs. During the process of data acquisition, 123 piglets aged between 5 and 21 days of life were used. Sixty were with arthritis and 63 were healthy. All animals selected were submitted to a previous clinical examination and handled to stimulate the emission of vocalization. A steering digital microphone was used for recording the sounds. Measures of ambient temperature were done by a datalogger positioned at the geometric center of the shed. The levels of lesions in animals with arthritis were clinically analyzed and separated into light, moderate and intense injuries. After sound record, they were quantified as body weight, sex and age. Calls were issued by Audacity® software version 1.3 Beta and analyzed by software PRAAT®, which can provide parameters involved in the sound spectrum of the signals, such as duration (s), fundamental frequency (Hz), loudness (dB) four levels of formants (Hz). The data were submitted to analysis of variance (GLM) and test of significance between means (Tukey). From these measures sound signal was also observed that the vocalizations emitted by piglets differed from arthritis vocalizations emitted by healthy piglets being motherhood, especially by low values found in the average call duration, loudness, first and second formants present in vocalization of animals with arthritis. The results related to the level of injury revealed that the mean values of sound intensity, fundamental frequency, first and second formants were reduced as the level of injury increased. For healthy animals in the study, we found significant differences in many variables present in the acoustic vocalizations of animals with different ages, weights (kg), gender and physiological conditions as a function of air temperature.

Keywords: Bioacoustics; Sound spectrum; Arthritis; Animal health

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Nível de pressão sonora em função da temperatura ambiental em câmara climática	27
Figura 2 - Vista superior da Granja Querência – Elias Fausto – SP.....	35
Figura 3 – Imagens ilustrativas de uma sala de maternidade de suínos com sistema de criação em gaiolas	36
Figura 4 - Artrite em leitão em fase de maternidade	38
Figura 5 – Detalhes da artrite em leitões caracterizada como lesão de grau leve (a), moderado (b) e intenso (c)	39
Figura 6 – Sensor de aquisição de dados de temperatura e umidade do ar (a) e posicionamento do equipamento na instalação (b) – <i>Datalogger</i> HOBO	40
Figura 7 - Gravador digital diretivo Panasonic RR-US395 (a) e seu posicionamento no momento da aquisição dos dados sonoros (b).....	41
Figura 8 - Planilha utilizada para coleta de dados a campo	41
Figura 9 – Procedimento de posicionamento dos animais no momento da aquisição sonora	42
Figura 10 - Identificação numérica no dorso do leitão.....	42
Figura 11 - Imagem do sinal sonoro captado pelo microfone e gerado pelo software Audacity® 1.3 Beta	43
Figura 12 - Imagem do áudio representativo de um grito emitido por um leitão sadio (a) e com artrite (b)	43
Figura 13 – Representação gráfica de uma vocalização (grito) gerado pelo Software PRAAT®.....	44
Figura 14 - Representação gráfica do espectro sonoro de um grito suíno (a) e parâmetros acústicos representados pela frequência fundamental (b), intensidade sonora (c) e frequências harmônicas (d).....	44
Figura 15 - Organograma relacionando as condições dos animais e variáveis envolvidas no estudo.....	45
Figura 16 - Média da duração das vocalizações emitidas por animais sadios e com artrite	48

Figura 17 - Comparação das médias da intensidade sonora (dB) emitida por leitões com artrite e sadios	50
Figura 18 – Variação média entre as amplitudes das frequências harmônicas de animais sadios e com artrite	53
Figura 19 – Variação média entre as amplitudes das frequências harmônicas de animais com diferentes níveis de lesão	58
Figura 20 – Valores médios e respectivos desvios padrão da primeira (a), segunda (b), terceira (c) e quarta (d) séries de frequências harmônicas de todos os animais (sadios e com artrite) envolvidos no experimento em função da variabilidade de massa corpórea dos animais.....	64
Figura 21 - Duração das vocalizações emitidas por animais sadios com artrite de acordo com a idade	67
Figura 22 - Intensidade sonora média (dB) presente na vocalização de animais sadios e com artrite em diferentes idades (dados transformados).....	68
Figura 23 - Frequência média das quatro séries harmônicas (F1 (a), F2 (b), F3 (c), F4 (d)) presentes nas vocalizações de animais com artrite	72
Figura 24 - Frequências médias (dados transformados) das quatro séries harmônicas (F1 (a), F2 (b), F3 (c), F4 (d)) presentes nas vocalizações de animais sadios	73
Figura 25 - Duração média (s) das vocalizações emitidas por leitões machos e fêmeas portadores de artrite e sadios	74
Figura 26 - Médias da primeira (a), segunda (b), terceira (c) e quarta (d) formantes presentes na vocalização de leitões machos e fêmeas sadios e com artrite.....	76
Figura 27 - Duração média das vocalizações emitidas por leitões sadios e com artrite sob diferentes sensações térmicas em função da temperatura do ambiente	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condições ambientais recomendáveis para leitões em fase de maternidade	23
Tabela 2 -Transformações necessárias para normalização dos dados	46
Tabela 3 - Resultados da análise do espectrograma da vocalização de leitões em duas diferentes condições	47
Tabela 4 - Comparação das medidas de posição e dispersão da Intensidade sonora (dB)* entre animais sadios e com artrite	50
Tabela 5 - Medidas de posição e dispersão da Frequência Fundamental (Hz)* entre animais sadios e com artrite.....	51
Tabela 6 – Medidas de posição e dispersão das frequências harmônicas (Hz)* que compõem a vocalização de animais sadios e com artrite	52
Tabela 7 - Resultados da análise do espectrograma da vocalização de leitões em relação aos diferentes níveis de lesão presentes nos animais	55
Tabela 8 - Classificação dos leitões em função da massa corporal.....	59
Tabela 9 - Média das durações* das vocalizações (segundos) de animais com artrite e sadios em relação à massa dos animais.....	60
Tabela 10 - Médias da intensidade sonora (dB) presente na vocalização de animais sadios e com artrite em relação ao peso.....	62
Tabela 11 - Valores médios da frequência fundamental produzida na vocalização de animais sadios e com artrite de acordo com a variação de massa corporal	63
Tabela 12 - Médias das frequências harmônicas (Hz) em relação à massa corporal em animais sadios.....	65
Tabela 13 - Médias das frequências harmônicas (Hz) em relação à massa corporal em animais com artrite	66
Tabela 14 - Valores da frequência fundamental média presente na vocalização de leitões de diferentes idades.....	69
Tabela 15 - Classificação dos animais com artrite em função da massa corpórea e idade	71
Tabela 16 - Classificação dos animais sadios em função da massa corpórea e idade..	71

Tabela 17 - Médias da intensidade sonora (dB) presente nas vocalizações emitidas por leitões machos e fêmeas	75
Tabela 18 - Médias da intensidade sonora presente na vocalização de animais sadios e com artrite em relação à sensação térmica ocasionada pela variação na temperatura do ambiente	78
Tabela 19 - Média das frequências harmônicas (dados transformados) presentes na vocalização de leitões sadios e com artrite sob diferentes sensações térmicas em função da temperatura.....	80
Tabela 20 – Frequências harmônicas (Hz)* presentes na vocalização de leitões sadios e com artrite em diferentes condições de temperatura, de acordo com a demanda térmica nas diferentes idades.....	81

1 INTRODUÇÃO

A produção de suínos representa significativa parcela da economia nacional, e a carne desses animais é a terceira mais consumida mundialmente. Tanto a suinocultura brasileira como a mundial tem passado por uma série de transformações para conseguir alcançar um estágio satisfatório de bem-estar animal, pois este é um fator fundamental que reflete sobre a qualidade da carne a ser consumida. Os processos envolvidos no sistema de criação, tais como: sanidade, nutrição, ambiência, genética, reprodução e manejo, são capazes de alterar a produtividade e aumentar ou diminuir o custo de produção, variando de acordo com a qualidade de vida que é proporcionada aos animais.

Os diversos comportamentos apresentados pelos animais nada mais são do que um reflexo do estado emocional ou fisiológico causado por um evento externo aos quais estão submetidos. Uma importante característica na avaliação do comportamento animal, quanto ao seu bem-estar, é a vocalização, ou seja, a produção de sons capaz de exprimir uma sensação animal, podendo ocorrer de forma espontânea, como parte de seu repertório natural ou ser mediado por fatores que alterem o bem-estar particular de cada indivíduo. Por este motivo a vocalização transformou-se numa ferramenta importante para avaliação do seu bem-estar. Atualmente, a grande dificuldade em se trabalhar com vocalização animal é saber com exatidão o que aquela manifestação sonora representa.

Até o presente momento, poucos estudos tiveram por objetivo identificar a vocalização em animais enfermos, e esta caracterização se faz importante diante da grande preocupação com o bem-estar dos animais por parte dos consumidores, que passaram a exigir maior qualidade alimentar e menores condições de desconforto e sofrimento aos animais. A possibilidade de identificar uma condição patológica por intermédio da vocalização funciona como um monitoramento sanitário e fornece informações a pesquisadores que podem auxiliar no desenvolvimento de métodos precisos para interpretações do ambiente de produção.

A comprovação científica de existência de divergências entre a vocalização de animais doentes e sadios torna-se necessária para que essa seja uma informação

capaz de avaliar o sofrimento animal diante de um processo patológico. Tal informação poderá futuramente ser utilizada por produtores e trabalhadores envolvidos na atividade, auxiliando na identificação da patologia, que gera grandes perdas econômicas em granjas suinícolas.

A ocorrência de artrite entre os leitões em fase de maternidade é corriqueira, entretanto, os baixos índices de mortalidade associados a esta enfermidade se devem ao fato destes animais serem segregados e denominados como “refugos”, podendo vir a óbito sem devida associação com artrite. Mesmo que estes animais enfermos não venham a óbito, tal patologia é capaz de gerar uma significativa debilidade, de modo que o animal passe a ter dificuldade locomotora e, conseqüentemente, em se alimentar, causando assim perdas produtivas que podem se perpetuar até a fase final da criação, ou seja, até a terminação, pois nesta ocasião, este animal não apresentará condições fisiológicas suficientes para se restabelecer de forma equivalente a um animal sadio.

O desenvolvimento de técnicas e métodos não-invasivos de prevenção, identificação e monitoramento dos animais em ambiente confinado pode garantir diminuição de perdas produtivas pelo aumento no gerenciamento dos diversos setores envolvidos no sistema de produção. Para tanto, aplicam-se técnicas relacionadas à Zootecnia de Precisão, que pode ser definida como um conjunto de processos interligados, que atuam juntos, em uma rede complexa com o objetivo de fornecer respostas, em tempo real, sobre todo o sistema de produção, levando em consideração fatores relacionados ao bem-estar dos animais. Através destas ferramentas, será possível desenvolver uma metodologia de prevenção, evitando-se que possíveis doenças se espalhem pela granja ou passem despercebidas, ocasionando uma grande perda econômica para o produtor.

Entretanto, a presente pesquisa visa primeiramente fornecer subsídio a pesquisas futuras que buscam inovações nos métodos não-invasivos de identificação não só do bem-estar animal, mas também na identificação de patologias associadas à suinocultura industrial, permitindo que a tecnologia avance de tal maneira que um sistema inteligente seja capaz e autossuficiente para detectar problemas nos sistemas de criação.

O objetivo principal do presente trabalho foi avaliar a variação das características acústicas presentes no espectro sonoro das vocalizações emitidas por animais com e sem artrite, para verificar a possibilidade de estudar uma condição patológica por intermédio do som emitido pelos animais. Como parte complementar do trabalho, objetivou-se estudar também a influência do nível de intensidade dolorosa sofrido pelos animais com artrite de acordo com a característica clínica da lesão, influências da massa corpórea, idade, gênero e temperatura do ambiente nas características acústicas que perfazem o espectro sonoro de uma mesma vocalização presente no repertório acústico dos leitões em fase de maternidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bem-estar animal

O bem-estar dos animais de produção tem sido amplamente discutido em virtude de uma demanda de mercado que passou a exigir maior segurança alimentar. Nas últimas décadas, algumas sociedades reduziram a aceitação de produtos de origem alimentar de baixo custo em virtude do sofrimento aos quais os animais eram submetidos em sistemas produtivos intensivos (MOLENTO, 2005).

Entretanto, discutir bem-estar não é um assunto novo dentro dos sistemas de criação. Em 1979, a FAWC (Farm Animal Welfare Council) estabeleceu as “cinco liberdades”, que são cinco medidas básicas e necessárias para garantir um mínimo de qualidade de vida aos animais destinados ao consumo humano. Desde então, estas liberdades passaram a servir como base para formar padrões de bem-estar em todo o mundo. De acordo com a proposta, os sistemas de produção devem proporcionar liberdade contra medo e estresse, liberdade contra dor, ferimentos e doença, liberdade contra fome e sede, liberdade contra desconforto e liberdade para expressar seus comportamentos normais.

De maneira geral, o conceito de bem-estar animal pode ser definido como o estado de um indivíduo em relação às suas tentativas de se adaptar ao seu ambiente (BROOM, 1986), sendo esta adaptação capaz de exigir maior ou menor esforço por parte do animal e assim criar situações de bem-estar que variam em uma escala de muito bom a muito ruim (BROOM; MOLENTO, 2004). Entretanto, atualmente, as preocupações com o bem-estar têm levado a discussões sobre a capacidade de “sentir” dos animais, priorizando valorizar seus sentimentos como forma de evitar frustrações e garantir sua saúde psicológica.

A ausência de bem-estar durante a vida do animal, ocasionada por diversos fatores, incluindo os ambientais, proporciona a presença de estresse crônico nos suínos, fato este que pode interferir muito na qualidade da carne que chega aos abatedouros. Muitos manejos efetuados no ciclo de vida dos suínos alteram de forma acentuada o estado emocional dos animais, causando-lhes estresse. O estresse é uma

resposta de adaptação, mediada por características individuais ou processos psicológicos como consequência de um evento externo atuando de forma negativa sobre o indivíduo. Este evento pode ser denominado de “agente estressor”, podendo reduzir o bem-estar (MOBERG; MENCH, 2000).

De maneira geral, o estresse pode ser compreendido como uma resposta do animal aos estímulos adversos, podendo estes ser de origem física (excesso de frio ou calor) ou social (presença de novos animais), afetando o sistema imunitário do animal, resultando em menor resistência às infecções (PIFFER; PERDOMO; SOBESTIANSKY, 1998).

Os parâmetros relacionados à mensuração de bem-estar devem ser baseados na demonstração de comportamentos normais ou aversivos, grau em que os comportamentos preferidos são apresentados, observações da expectativa de vida, comprometimento de crescimento e reprodução, presença de lesões corporais, ocorrência de doenças, imunossupressão, tentativa fisiológica e comportamental de adaptação, reatividade (BROOM; JOHNSON, 1993).

Muitos procedimentos realizados nos sistemas de produção não estão de acordo com as propostas atuais de bem-estar, ou seja, corte de cauda, dentes e castração sem analgesia ou anestesia em leitões são promotores de dor aguda logo após os processos cirúrgicos e podem ainda promover dor crônica durante o processo de cicatrização. O uso da vocalização animal tem sido uma ferramenta utilizada entre pesquisadores para a avaliação de dor aguda em leitões (WEARY et al., 1998; TAYLOR; WEARY, 2000; MARX et al., 2003; LEIDIG et al., 2009). Entretanto, o uso da vocalização para identificar diferentes situações às quais os animais são submetidos pode ser limitado dependendo da espécie animal trabalhada (DUNKAN, 2005).

2.1.1 Conforto térmico favorecendo o bem-estar animal

De acordo com Baêta e Souza (1997), o ambiente ao qual os animais são submetidos pode ser definido pelo conjunto de todos os fatores que os afetam, com exceção da alimentação e agentes etiológicos, sendo que os fatores que causam maior efeito são: temperatura, umidade, radiação e o vento. Diante das pesquisas realizadas

em bem-estar, algumas condições ótimas de temperatura e umidade podem ser consideradas para o ambiente que cerca os leitões em fase de maternidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Condições ambientais recomendáveis para leitões em fase de maternidade

IDADE	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)
Ao nascimento	32-34	70-80
1ª Semana	28-32	70-80
2ª Semana	27-28	70-80
3ª Semana	26-27	60-70

Fonte: Comberg (1966) apud Sobestiansky et al. (1998).

O conforto e o bem-estar sofrem diretamente com a interferência do ambiente de criação intensiva, que ocasiona dificuldade na manutenção do balanço térmico no interior das instalações e na expressão de comportamentos naturais, afetando o desempenho produtivo e reprodutivo dos suínos (PANDORFI et al., 2007).

Os agentes estressores relacionados às condições ambientais provocam síndromes de múltipla etiologia, conhecidas como doenças multifatoriais. Como exemplo, estudos realizados por Kalich, citado por Piffer; Perdomo; Sobestiansky (1998) puderam comprovar que animais expostos a condições de frio extremo e livres dos principais agentes patológicos foram mais acometidos por quadros de pneumonias, isto por causa do efeito deprimente do frio no sistema imunológico. Entretanto, esta não é uma situação brasileira, em que o maior problema normalmente é ocasionado pelo estresse térmico por aumento da temperatura, causando problemas relacionados ao estado imunológico do animal. Sempre que um animal é submetido a um estresse prolongado, a concentração de corticoides aumenta na corrente sanguínea, atuando de forma antagônica ao sistema imunológico, ou seja, há uma redução na resposta imune permitindo a instalação de um processo infeccioso (CURTIS, 1983).

2.2 Vocalização

Desde a metade do século XX, a vocalização de suínos tem sido estudada e utilizada para tentar extrair informações sobre o estado individual do animal. A primeira classificação do repertório acústico desses animais foi realizada por Grauvogl (1958) e

permitiu distinguir vinte e três tipos de expressões vocais. Desta forma, estudos sequenciais foram introduzidos, utilizando métodos sonográficos capazes de extrair e analisar a frequência do sinal sonoro das chamadas emitidas pelos suínos.

Por se tratar de um método que não altera a rotina do ambiente, a análise da vocalização de animais de fazenda transformou-se em uma ferramenta cada vez mais importante para avaliar seu bem-estar. As chamadas emitidas são capazes de fornecer informação sobre o estado emocional de um animal e podem refletir sua necessidade psicológica frente à ausência de indivíduos que habitualmente estariam participando de seu convívio social (APPLEBY et al., 1999; WATTS; STOOKEY, 2000). O entendimento do sistema de comunicação de muitas espécies de animais pode ser uma alternativa para a compreensão de seus sentimentos, mas talvez nem todas as espécies de animais de produção são suficientemente capazes de se expressar por vocalizações, tornando este método pouco eficiente (DUNKAN, 2005).

A compreensão dos sistemas de comunicação animal tem apresentado grande progresso, e, provavelmente, diante desta evolução, o estudo da vocalização possa vir a auxiliar na interpretação dos sentimentos dos animais, sendo método não-invasivo, ou seja, sem a necessidade de interferir na forma natural do animal expressar seu comportamento (DUNKAN, 2005).

Animais sociáveis, como os suínos, apresentam um repertório bem desenvolvido de comportamento comunicativo, e a partir desta teoria, Jensen e Algers (1984) elaboraram um etograma de vocalização de leitões em fase de maternidade durante a amamentação, sugerindo 5 classes de vocalizações:

- Classe 1 (coaxar) – Classificado como um som curto e pobre em formantes. Normalmente emitido no início da amamentação, com frequências iniciais e finais aproximadamente iguais.
- Classe 2 (grunhido profundo) – Classificado como grunhido curto rico em formantes com frequência fundamental abaixo de 1 kHz.
- Classe 3 (grunhido alto) – Semelhante ao grunhido profundo, entretanto apresenta frequência fundamental maior que 1 kHz.
- Classe 4 (gritos) – Classificados como chamadas longas com altas frequências, emitidas em interações agressivas entre indivíduos de mesma ninhada.

- Classe 5 (guincho) – Classificação semelhante aos gritos, mas com frequência um pouco menor.

Frente a situações de estresse ou conflito, os suínos são capazes de expressar diferentes comportamentos individuais para conseguir lidar com estas situações; a vocalização é uma das ferramentas que utilizam para se expressarem e pode ser percebida e tomada como parâmetro mesmo nas primeiras semanas de suas vidas (HESSING et al., 1993).

Leitões de 1, 2, 3 e 4 semanas de idade vocalizam intensamente quando são retirados de suas respectivas ninhadas, expressando assim, sinais comportamentais de angústia. Estes sinais variam de acordo com a idade, pois leitões mais jovens emitem mais sons em alta frequência, quando comparados a leitões segregados com maior idade (Weary; Appleby; FRASER, 1999).

A análise da vocalização frente ao comportamento dos suínos pode auxiliar no entendimento da profundidade da dor, estresse e desconforto aos quais os animais possam estar submetidos (PUPPE et al., 2005). Estas condições de estresse podem ser classificadas como ações de separação, fome ou manipulação por contenção ou apreensão, permitindo que os animais expressem vocalizações em alta frequência (FRASER, 1975). As vocalizações emitidas em situações de estresse podem servir, inclusive, como um indicador de qualidade de diferentes estímulos estressantes e como uma avaliação instantânea do estado interno do animal (DUPJAN et al., 2008). Estudos realizados por diferentes autores mostram que os animais reagem às situações estressantes como, por exemplo, desmame, fome e dor mostrando vocalizações de alta frequência (FRASER, 1974; MARCHANT-FORDE et al., 2003).

Muitos estudos enfatizam a resposta vocal dos suínos submetidos a diferentes procedimentos de castração, realizados normalmente nos primeiros dias de vida (WEARY; BRAITHWAITE; FRASER, 1998; TAYLOR; WEARY, 2000; TAYLOR et al., 2001; MARX et al., 2003; PUPPE et al., 2005; LEIDIG et al., 2009). Durante este procedimento, os leitões produzem gritos de alta frequência (>1000Hz) quando comparados com um grupo controle submetido apenas à manipulação necessária para a realização do procedimento, mas não castrados (MARX et al., 2003). Animais castrados sem procedimentos anestésicos (anestesia local) emitem um maior número

de gritos, com frequências mais elevadas, quando comparados com animais submetidos ao mesmo procedimento, mas sob efeito de anestésico local (MARX et al., 2003). Utilizando-se do estudo da vocalização em suínos, Taylor et al. (2001) constataram que a teoria de que animais menores sentem menos dor do que animais mais velhos é falsa, obtendo como resultado em seus estudos a presença da dor durante a castração em diferentes idades.

As vocalizações são produzidas voluntariamente em animais por intermédio de expressões vocais que podem indicar estados específicos emocionais que acontecem espontaneamente ou induzidos por meio de eventos externos (SCHRADER; TODT, 1998). Diferentemente da fala em seres humanos, cujo repertório vocal é mais amplo, elaborado e com muitos significados, a vocalização em animais é limitada a poucos tipos de chamadas.

Mudanças de estados emocionais dos animais pode ser efeito de reações fisiológicas ou do ambiente, podendo ser medida e avaliada considerando o significado individual de uma vocalização para animais de mesma espécie (SCHRADER; TODT, 1998).

Estudos térmicos realizados com leitões verificaram que esses emitem chamadas variadas, quando expostos a ambientes com diferentes temperaturas, ou seja, a uma temperatura de 14°C os animais vocalizam mais, com maior frequência e duração em relação a ninhadas de leitões submetidos à temperatura de 30°C, demonstrando que a temperatura é um fator que propicia a alteração comportamental do animal (WEARY; ROSS; FRASER, 1997). Esta teoria também pôde ser confirmada por Hillmann et al. (2004), que ainda concluíram que a vocalização em alta frequência é um indicador da termorregulação comportamental quando os suínos são expostos a temperaturas inferiores à temperatura de conforto térmico. Como pesquisa complementar aos estudos relacionados com o bem-estar de suínos em fase de creche, Borges (2008) avaliou o nível de intensidade sonora (pressão sonora; ruído) de um grupo de animais, em relação a diferentes faixas de temperatura em ambiente controlado, concluindo que o desconforto do ambiente mediado pela temperatura do ar propicia um estado letárgico aos animais, caracterizado pela menor produção de ruído (Figura 1).

Figura 1 - Nível de pressão sonora em função da temperatura ambiental em câmara climática
Fonte: Borges (2008)

Segundo Manteuffel, Puppe e Schön (2004), em muitas ocasiões, as vocalizações não estão presentes, ou seja, nem todo estado emocional do animal é comunicado, como em casos de estresse ou dor crônica. No entanto, algumas condições em que o estado físico do animal está acometido cronicamente podem promover perturbações na vocalização normal do animal (TOKUDA et al., 2002). De qualquer maneira, a vocalização fornece indicações sobre um animal e, antes de utilizá-la como um indicador de bem-estar, deve-se ter provas de que a variação nas chamadas não reflete uma variação do estado do animal (WEARY; ROSS; FRASER, 1997)

2.2.1 Análises de sons

A comprovação científica e distinção entre as vocalizações emitidas por animais de produção baseiam-se na interpretação de parâmetros físicos (MANTEUFFEL; PUPPE; SCHÖN, 2004). A análise de som realizada sobre a emissão de vocalização por parte dos animais tem sido submetida a métodos cada vez mais criteriosos e sofisticados na tentativa de identificar, com maior precisão, as características de sinais capazes de transmitir informações de importância biológica (NARINS; CAPRANICA, 1977).

2.2.1.1 Extração de características acústicas

O espectro sonoro pode ser definido como a caracterização gráfica das ondas que compõem os sons audíveis e não audíveis pelo ser humano. O espectro é composto pela frequência fundamental que compõe o som e cada um de seus harmônicos (formantes) que soam junto com a fundamental (GARCIA, 2002).

Segundo Jensen e Algiers (1984), é possível analisar os espectrogramas partindo-se de duas frentes: pela análise de padrões, feita com base em sobreposições de imagens da envoltória do sinal sonoro, realizadas manualmente ou por intermédio de técnicas computadorizadas de rastreamento. A outra forma de avaliar um espectrograma é pela análise dos parâmetros acústicos que compõem o sinal sonoro.

Os primeiros métodos de análise de vocalização nos suínos foram elaborados a partir de métodos observacionais capazes apenas de classificar diferentes tipos de chamadas frente a diferentes situações em que os animais eram submetidos (GRAUVOGL, 1958; WHITTEMORE; FRASER, 1974; FRASER, 1975a; 1975b; HESSING et al., 1993; ILLMANN; SPINKA; STETKOVÁ, 1999; GEVERINK et al., 2002).

Aspectos visuais de sonogramas, sem processamento digital, vieram auxiliar os estudos relacionados à vocalização, entretanto não forneciam informações consistentes sobre as variáveis acústicas envolvidas nas chamadas (MANTEUFFEL; PUPPE; SCHÖN, 2004). Extração de informações acústicas no domínio do tempo faz referência à avaliação de dados como a energia, duração, sequência e volume de chamadas, sendo considerado o método mais básico de extração de características, no entanto não fornece qualquer informação sobre as frequências (MANTEUFFEL; PUPPE; SCHÖN, 2004).

A introdução do processamento digital de sinais pelo uso da Transformada Rápida de Fourier (COOLEY; TUKEY, 1965) implementou os sistemas de análise sonora, permitindo o surgimento dos sonogramas digitais para análises bioacústicas (PRAAT®, 1992). A transformada de Fourier é uma equação que permite converter informações que ocorrem no domínio do tempo, para o domínio da frequência e vice-versa.

A extração de parâmetros no domínio da frequência permite a identificação de parâmetros como a frequência fundamental e seus harmônicos, frequências de maior amplitude e a intensidade sonora das chamadas. Estas ferramentas de aplicação são amplamente utilizadas para a caracterização do sinal sonoro (MANTEUFFEL; PUPPE; SCHÖN, 2004; NÄÄS et al., 2008).

2.2.1.2 Variáveis acústicas envolvidas na vocalização dos suínos

Um som pode ser definido como um fenômeno vibratório resultante de variações de pressão no ar (FERNANDES, 2002). A qualidade fisiológica do som complexo pode ser definida por três parâmetros: a altura, a intensidade e o timbre.

A altura de um som é a qualidade que referencia a frequência com que um som é percebido, ou seja, um som pode ter uma baixa frequência (grave) ou alta frequência (agudo). Tratando-se de uma série harmônica, pode-se dizer que a primeira frequência representada pela mais baixa e forte frequência de um som é a frequência fundamental (*pitch*). Algumas vezes esta frequência fundamental pode não ser audível, sendo mascarada pela frequência emitida pela sua harmônica subsequente. A capacidade do ouvido humano de captar sons é limitada, tendo uma faixa definida entre 20 a 20.000Hz. Os sons com menos de 20 Hz são chamados de infrassons e os sons com mais de 20.000 Hz são chamados de ultrassons (GERGES, 2000). Variações da frequência fundamental podem estar relacionadas a variações de tensão, comprimento e massa das pregas vocais.

As harmônicas são frequências que surgem de forma consecutiva à frequência fundamental e participam da composição da onda sonora. Este conjunto de sons secundários, também conhecidos como sons harmônicos que acompanham o som principal (frequência fundamental) formam o timbre, que é a qualidade capaz de diferenciar dois sons de mesma frequência e intensidade. Os sons harmônicos que acompanham a frequência fundamental dependem da geometria do ambiente da fonte sonora, ou seja, variam conforme o formato e tamanho da boca e seus anexos, faringe e tensão das cordas vocais. O sinal sonoro ressoa naturalmente no trato supralaringeal que amplifica determinadas frequências.

A intensidade sonora é a quantidade de energia contida em um movimento vibratório (FRENANDES, 2002), e é a qualidade que permite um som ser percebido a uma maior ou menor distância da fonte sonora (GARCIA, 2002). A intensidade é mais intensa quanto maior for a superfície de vibração da fonte sonora (GARCIA, 2002).

2.2.1.3 Métodos de distinção das variáveis acústicas

As variáveis acústicas encontradas nas vocalizações podem ser analisadas por métodos estatísticos básicos como análise de variância e diferença entre médias (APPLEBY et al., 1999; FERRARI et al., 2008) mostrando-se bastante eficientes.

Métodos mais sofisticados, como o uso de redes neurais artificiais, têm sido atualmente utilizados para classificar os sinais sonoros emitidos pelos animais, pois são sistemas especialistas capazes de reconhecer padrões depois de treinadas (MOSHOU et al., 2001; SMITH, 2007; GUARINO et al., 2008; NÄÄS et al., 2008).

2.2.2 Uso da vocalização na identificação de doença

Sons não vocálicos, como por exemplo, a ocorrência de tosse (CHEDAD et al., 2001) podem ser um indicativo de que o *status* sanitário do plantel pode estar comprometido. A tosse é um dos sintomas mais claros de problemas respiratórios em suínos, podendo acometer as vias aéreas e os pulmões. Na tentativa de controlar melhor o ambiente destes animais, foi desenvolvido um *software* capaz de traduzir os diferentes tipos de sons capturados por meio de um microfone. O sistema tem por objetivo identificar uma verdadeira tosse suína causada por um agente químico, diferenciando-a de sons como grunhidos, sons de metais e barulhos de fundo, para que com isto seja possível identificar mais facilmente uma doença infecto-contagiosa de caráter respiratório dentro da criação (MOSHOW et al., 2001). Este método foi mais tarde aprimorado de forma que fosse possível diferenciar a tosse induzida por um agente químico da tosse provocada por um agente etiológico, utilizando diversas formas de análise de sons (VAN HIRTUM; BERKMANS, 2003; EXADAKTYLUS et al., 2008; FERRARI et al., 2008; SILVA et al., 2009).

A análise da vocalização dos animais permite ter acesso a informações sobre o estado e a condição do animal assim como a sua identificação individual, com o objetivo de melhorar a saúde e o bem-estar do grupo e, por fim, a eficiência de produção da granja. Portanto, o estudo da vocalização é uma ferramenta altamente aplicável à produção intensiva de animais por ser uma técnica não-invasiva, sem interferência no comportamento animal, que fornecerá parâmetros mais efetivos para a avaliação do bem-estar animal. Após uma vasta revisão na literatura, não foram encontrados trabalhos que revelem o comportamento acústico da vocalização de leitões com artrite.

Poucos estudos fazem referência ao uso da vocalização na tentativa de extrair informações sobre o estado sanitário do animal. Suínos em fase de terminação têm propiciado estudos sobre a ocorrência de tosse patológica na tentativa de criar sistemas automatizados de monitoramento sanitário no sistema de produção (FERRARI et al., 2008). A maior parte das pesquisas utiliza a vocalização dos suínos como um indicador de bem-estar, como apresentado por Moura et al. (2008). Entretanto, a vocalização animal deve ser estudada de forma bastante criteriosa quanto às observações realizadas a campo para que os dados não sejam mascarados e interpretados de forma errônea. O estudo da vocalização só é determinístico se as observações das condições dos animais forem bem apuradas.

2.3 Sanidade

O processo de sanidade dentro das granjas é um fator muito relevante desde a fase de gestação até a terminação dos animais, sua ausência ocasiona um desequilíbrio produtivo pelo grande número de animais que vem a óbito, causando, assim, um agravamento econômico ao produtor. A manifestação de doenças em rebanhos suínos é resultado da falta de sanidade e do manejo apropriado para o bom desenvolvimento dos animais. Os problemas sanitários comuns na suinocultura variam conforme a região onde o sistema de produção é instalado. As doenças que acometem os rebanhos suínos estão presentes, na maior parte das vezes, em granjas onde o sistema de criação intensivo é implantado, merecendo maior atenção sanitária para

diminuir as ocorrências e, conseqüentemente, diminuir o impacto negativo nos índices produtivos (MORES; ZANELLA, 2005).

Diante do moderno perfil da suinocultura, as doenças que normalmente acometem os animais podem ser classificadas em dois grupos, segundo Morés (2000):

- doenças causadas por agentes infecciosos específicos caracterizados por apresentar alta contagiosidade e altas taxas de morbidade e mortalidade;
- doenças multifatoriais de etiologia complexa que tendem a permanecer nos rebanhos com alta morbidade e baixa mortalidade, gerando fortes impactos econômicos, pois prejudicam consideravelmente os índices produtivos do rebanho.

2.3.1 Pontos críticos em fase de maternidade

A mortalidade de leitões na suinocultura industrial vem sendo o principal aspecto a ser considerado durante a fase de maternidade, sendo esta causada por uma série de fatores relacionados à experiência e manejo exercidos pelos trabalhadores envolvidos na atividade, o correto manuseio das fontes de calor oferecidas aos leitões, alimentação da fêmea lactante no período gestacional, correto dimensionamento das celas parideiras, higiene ambiental e problemas de natureza infecciosa (CUTLER et al., 1999).

Estudos realizados por Abrahão et al. (2004) revelaram que o esmagamento (fêmeas lactantes que se deitam sobre os filhotes) constitui o fator prevalente de mortalidade nesta fase de criação, acentuando-se nos meses quentes do ano, sendo responsável por 36,41% das mortes nesta fase; seguido de problemas que causam debilitação com 20,20%, síndrome diarréica com 15,37%, outras causas (mortes súbitas, encefalites ou lesões pouco específicas ou conclusivas) com 10,90%, defeitos genéticos com 7,89%, artrite com 6,44%, dermatite com 1,66% e, por fim, pneumonia com 1,09%.

Ao respeitar programas de vacinação, utilizando boas práticas de manejo, respeitando o bem-estar animal, introduzindo um rigoroso programa de higiene e desinfecção (MORES, 2000), muitos dos problemas associados à fase de maternidade

poderão ser estrategicamente controlados, melhorando a qualidade de vida dos animais bem como a garantia de segurança alimentar para o consumidor.

2.3.2 Artrite

A artrite é uma patologia que pode ser descrita como infecciosa ou traumática, causando reações inflamatórias intra-articulares. Quando mais de uma articulação é afetada, caracteriza-se um quadro de poliartrite, podendo afetar com maior frequência as articulações escápulo-umeral, úmero-rádio-ulnar, fêmur-tíbio-patelar e coxofemoral (MORÉS et al., 1991). Durante a fase de amamentação, em sistema intensivo de produção de suínos, ocorre um alto índice de morte de leitões, sendo a morte por artrite responsável por 6,44% dos leitões mortos (ABRAHÃO et al., 2004).

A ocorrência de artrite entre leitões durante a fase de maternidade é um fator de risco em potencial para formar animais com baixo ganho de peso e que ainda assim seguem para a fase de creche (MORÉS; AMARAL, 2001). Desta forma, a identificação e o tratamento precoce da artrite durante a fase de maternidade são medidas importantes para o bom desempenho dos animais.

Apesar da baixa ocorrência de mortes diretamente relacionadas à artrite, é fundamental saber que esta é uma patologia que compromete o perfeito crescimento do animal, pois, devido à grande debilidade e dor é impedido de se locomover e competir pelo alimento. Sendo assim, os animais na maior parte dos casos são segregados da ninhada e encaminhados a um lote nas mesmas condições.

O peso do leitão durante a fase de maternidade influencia fortemente o peso que terá na fase adulta (MORÉS; AMARAL, 2001). Animais com baixo peso, ao nascer e ao desmame, têm maior chance de apresentarem também menor peso à saída da creche; dessa forma, os animais entram mais leves na fase de terminação e chegam ao período de abate com menor peso em relação aos animais que se desenvolveram de forma plena ao longo de todo o sistema de produção (ALMEIDA et al., 2009). Pesquisas objetivadas em estudar os fatores de riscos relacionados com a diminuição do ganho de peso médio diário em leitões, desde o nascimento até o desmame, revelaram que

animais que apresentam artrite deixam de ganhar 38 g por dia em relação aos animais saudáveis (JOHANSEN et al., 2004).

A artrite traumática geralmente ocorre em animais lactentes por causa do tipo de piso utilizado nas maternidades. Logo que os animais nascem, uma frágil pele recobre suas articulações, e, quando em contato com um piso abrasivo, causam erupções, formando assim uma porta de entrada para bactérias que podem comprometer estas articulações (SOBESTIANSKY et al., 1999).

Alguns estudos puderam verificar que a grande maioria das articulações de suínos com artrite são assépticas, apresentando lesões que não caracterizam um processo infeccioso (TURNER et al., 1991), mas apenas um processo inflamatório originado a partir de traumatismos.

Estudos voltados a avaliar os fatores de risco, associados à ocorrência de artrite, mostraram que galpões com ausência de forro propiciam um mais alto índice de artrite nos animais em virtude deste aparato estar diretamente relacionado à qualidade térmica oferecida aos animais (MORÉS et al., 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

O experimento foi conduzido em uma granja comercial de produção de suínos (Granja Querência; Figura 2), localizada no município de Elias Fausto, no interior do Estado de São Paulo.

Figura 2 - Vista superior da Granja Querência – Elias Fausto – SP
Fonte: Google Earth®

Nas dependências desta propriedade encontra-se uma produção de ciclo completo, onde os animais seguem desde o nascimento até o abate. Os animais utilizados no experimento pertenciam à primeira fase de criação, denominada maternidade. A propriedade possui 5 salas de maternidade com sistema de criação em gaiolas; o número de gaiolas no interior da instalação é variável de acordo com a sala (Figura 3).

Figura 3 – Imagens ilustrativas de uma sala de maternidade de suínos com sistema de criação em gaiolas

As instalações possuem orientação em sentido leste-oeste, construídas com paredes de alvenaria, pilares de concreto armado, piso cimentado, pé-direito de 3,26m e cobertura de telhas de barro. Cada sala possui uma área de 279,12m² (12,00 x 23,69m). As laterais dos galpões possuem cortinas manejáveis, de acordo com a necessidade térmica das fêmeas lactantes. Todas as baias (gaiolas) possuem abrigos escamoteadores com lâmpadas incandescentes como fonte de aquecimento e manejados de acordo com a necessidade térmica dos leitões. Cada sala possui 36 gaiolas.

3.2 Considerações gerais sobre estudo de campo

A inserção tecnológica nos sistemas de produção cresce de acordo com a demanda de produção a fim de atender as necessidades de mercado. Desta forma, estudos relacionados à vocalização, com o objetivo de extrair informações sobre a qualidade de vida dos animais em sistemas intensivos de criação, têm gerado interesse entre pesquisadores. Entretanto, captar informações a partir dos sons emitidos por animais de produção e determinar uma relação entre as variáveis acústicas em diferentes situações muitas vezes necessitam de um contato com os trabalhadores envolvidos na atividade de produção para estabelecer uma lógica que a princípio é percebida a campo. Sendo assim, foi necessário realizar um estudo de campo prévio,

capaz de direcionar a presente pesquisa a um objetivo único, que foi estabelecer o reconhecimento de uma patologia pela vocalização dos animais. O ponto de partida mencionado pelos trabalhadores envolvidos na granja foi que todos os leitões em fase de maternidade, apresentando aumento da temperatura corpórea (febre), vocalizavam de forma diferente dos animais sem febre, sendo estas chamadas percebidas sem nenhuma avaliação acústica. Entretanto, em estudo direcionado por sistemáticas avaliações clínicas, percebeu-se que o aumento da temperatura corpórea não é suficiente para alterar a vocalização de muitos animais e que a busca pela condição até então desconhecida e capaz de alterar a vocalização foi a presença de artrite.

3.3 Animais envolvidos no estudo

As coletas dos sons foram feitas durante um período de 4 meses (outubro de 2008 a fevereiro de 2009), totalizando 9 dias de coletas. Em virtude da influência acústica proporcionada pelas telhas dos galpões, dias chuvosos impossibilitaram as coletas dos sons. No experimento foram estudados 123 leitões em fase de maternidade, oriundos de linhagem comercial Agrocere PIC, produto do cruzamento industrial entre macho AGPIC 415 e fêmea Camborough 25 (CB25). O período que compreende a fase de maternidade é de 21 dias (geralmente), ou seja, 3 semanas de criação.

Os animais foram avaliados de acordo com suas idades em semanas e selecionados a partir da presença ou não de artrite. Sendo assim, foram utilizados 60 animais com artrite e 63 animais saudáveis. Os animais sadios não apresentavam nenhum tipo de patologia e os animais artríticos não apresentavam nenhuma patologia ou injúria além da artrite. Os animais com artrite não foram medicados até o momento da coleta dos sons, para que o efeito analgésico dos medicamentos comerciais não influenciasse na vocalização. A cada semana novos animais eram selecionados para o estudo.

3.3.1 Análise clínica da patologia

A presença de artrite entre os leitões foi diagnosticada clinicamente a partir dos sinais apresentados (Figura 4). Da mesma forma, animais com ausência de tais sinais clínicos, estando em condições saudáveis, também foram avaliados para que suas chamadas fossem utilizadas de forma comparativa. Os sinais avaliados para concluir o quadro clínico foram: claudicação, o aumento de volume em uma ou mais articulações dos membros, dificuldade de locomoção, prostração e possível aumento de temperatura sistêmica ou do membro afetado (SOBESTIANSKY et al., 1999).

Figura 4 - Artrite em leitão em fase de maternidade

3.3.2 Nível de lesão

A artrite é uma lesão que pode ser progressiva se não tratada, causando um processo doloroso gradativo. Desta forma, os animais com artrite foram selecionados de acordo com o nível de lesão apresentado no momento das coletas sonoras. Para tanto, os graus de lesão foram divididos em:

- leve: animais com um leve aumento de volume em apenas um dos membros e pouca ou nenhuma dificuldade de locomoção (Figura 5a);

- moderado: animais com aumento de volume em uma ou duas articulações com claudicação moderada (Figura 5b);
- intenso: animal com aumento de volume em uma ou mais articulações e claudicação severa (Figura 5c).

Figura 5 – Detalhes da artrite em leitões caracterizada como lesão de grau leve (a), moderado (b) e intenso (c)

A classificação da progressão da lesão nos animais não depende apenas da característica morfológica da lesão, mas também do comprometimento físico do animal em relação à locomoção e desenvolvimento corpóreo.

3.4 Variáveis do animal e do ambiente

Alguns parâmetros relacionados aos animais foram registrados a fim de estabelecer maiores explicações sobre a variação dos parâmetros acústicos presentes na vocalização. Dados como idade, sexo e peso dos animais serviram como informações adicionais para tentar relacionar a variação de uma mesma vocalização frente a diferentes circunstâncias fisiológicas.

A temperatura de bulbo seco (Tbs °C) e a umidade relativa (UR%) do ambiente interno das instalações foram registradas por um *datalogger* (HOBO®; Figura 6a). No entanto, os dados de umidade relativa do ar não puderam ser utilizados, em virtude de problemas técnicos no sensor de umidade relativa do equipamento. Sendo assim, apenas os dados de temperatura foram levados em consideração. O equipamento foi alojado no centro geométrico de cada galpão distanciado a 1,5m dos animais (Figura

6b), com a finalidade de verificar a condição do ambiente térmico durante o momento da coleta dos dados.

Figura 6 – Sensor de aquisição de dados de temperatura e umidade do ar (a) e posicionamento do equipamento na instalação (b) – *Datalogger* HOBO

Para garantir que os leitões não fossem influenciados pela condição térmica gerada pelos abrigos escamoteadores, antes das coletas, enquanto os animais eram selecionados para participarem do estudo, todos foram direcionados para a parte externa da baia de maternidade onde as matrizes ficavam alojadas. Ali permaneceram por um período mínimo de 30 minutos até o início da coleta de dados.

3.5 Aquisição sonora

O som emitido pelos animais foi coletado por um gravador digital diretivo Panasonic® RR-US395 (Figura 7a), posicionado a uma distância de aproximadamente 5 a 10cm da boca do animal (Figura 7b). Os sons foram registrados a campo por este equipamento, e depois descarregados e arquivados em computador. Todas as informações referentes aos animais foram registradas em uma planilha de campo (Figura 8).

Figura 7 - Gravador digital diretivo Panasonic RR-US395 (a) e seu posicionamento no momento da aquisição dos dados sonoros (b)

**Planilha de Dados - Experimento envolvendo leitões (maternidade) com e sem
artrite – Local: Granja Querência**

CONDIÇÃO DO ANIMAL: ☐ SADIO ☐ DOENTE

ANIMAL N°: _____ DATA: ____/____/____

SEXO: M F PESO: _____ kg

TEMPERATURA RETAL: _____ °C IDADE: _____ dias

POSIÇÃO DO ANIMAL NO MOMENTO DA COLETA:

☐ Escamoteador ☐ Baia matema

TEMPERATURA (Tbs): _____ °C UMIDADE RELATIVA: _____ %

HORÁRIO DA COLETA: _____ DURAÇÃO: _____

DIRETÓRIO DE SOM: _____ FAIXA: _____

ARQUIVO: _____

GRAU DE LESÃO: _____

Observações: _____

Figura 8 - Planilha utilizada para coleta de dados a campo

Após análise clínica, os leitões que apresentaram artrite, assim como os animais selecionados para controle (sadios), foram segurados pelo corpo (PUPPE et al., 2005; MOURA et al., 2008), e os sons emitidos, registrados (Figura 9). Segurar manualmente um leitão implica numa situação de desconforto ocasionando um quadro de estresse,

gerando um estímulo para que ele vocalize, emitindo gritos. Estudos realizados por Moura et al. (2008) revelam que os gritos emitidos pelos suínos possuem uma posição particular no repertório de leitões, diferenciando significativamente dos demais sons emitidos por estes animais. Sendo assim, segurar gentilmente os animais foi a escolha mais uniforme na tentativa de extrair vocalizações semelhantes a todos os animais sob diferentes situações. Após a gravação sonora, o animal foi identificado numericamente com uma tinta atóxica na porção dorsal do corpo, e recolocado junto aos demais (Figura 10).

O procedimento de captura foi realizado em dois momentos de um mesmo dia. Um em condição ambiental mais favorável e outra mais desconfortável ao animal.

Figura 9 – Procedimento de posicionamento dos animais no momento da aquisição sonora

Figura 10 - Identificação numérica no dorso do leitão

3.6 Análise dos áudios

Depois de realizadas as coletas, os sons foram descarregados em um computador, com uma taxa de amostragem de 22050Hz e resolução de 16 bits. Cada animal proporcionou o registro de uma faixa sequencial de gritos que foram editados, ou seja, separados para criar áudios individuais a partir dos gritos emitidos pelos leitões. Este processo foi realizado pelo *software* Audacity® versão 1.3 Beta (Figura 11) fazendo com que cada grito fosse devidamente selecionado e os ruídos indesejáveis de outros animais fossem removidos (SILVA, 2008; NÄÄS et al., 2008)

Figura 11 - Imagem do sinal sonoro captado pelo microfone e gerado pelo software Audacity® 1.3 Beta

Depois de separados os áudios (Figura 12), as 5 primeiras vocalizações (gritos) de cada animal foram escolhidas para serem analisadas pelo *software* Praat® 5.1.19 (BOERSMA; WEENINK, 2009), que foi capaz de extrair parâmetros acústicos pela aplicação da Transformada de Fourier, gerando um espectro sonoro (Figuras 13 e 14a).

Figura 12 - Imagem do áudio representativo de um grito emitido por um leitão sadio (a) e com artrite (b)

A utilização deste software para análise da vocalização animal foi estudada por Yeon et al. (2006), com o objetivo de extrair as variáveis acústicas existentes na vocalização de fêmeas bovinas em duas situações distintas.

Figura 13 – Representação gráfica de uma vocalização (grito) gerado pelo Software PRAAT®

Os parâmetros acústicos gerados a partir deste *software* revelam a duração (s) de cada uma das vocalizações, a frequência fundamental (F0 em Hz; Figura 14b), intensidade sonora (dB; Figura 14c) e quatro níveis de formantes, também chamadas de harmônicas (Hz; Figura 14d) registrados a cada 5ms. Os dados numéricos destas variáveis acústicas foram gerados em arquivos com formato txt.

Figura 14 - Representação gráfica do espectro sonoro de um grito suíno (a) e parâmetros acústicos representados pela frequência fundamental (b), intensidade sonora (c) e frequências harmônicas (d)

3.7 Análise dos resultados

Primeiramente foi elaborada uma análise com a finalidade de verificar diferenças estatísticas entre os parâmetros acústicos presentes nas vocalizações dos animais frente à presença ou não de artrite; ao grau de lesão do processo inflamatório ocasionado pela artrite; às características dos animais e à temperatura do ambiente (Figura 15).

Figura 15 - Organograma relacionando as condições dos animais e variáveis envolvidas no estudo

As análises foram executadas pelo *software* estatístico SAS[®] 9.0 (SAS, 2004). Foi realizada uma análise de variância pelo Modelo Linear Geral (GLM) executada pelo procedimento *proc glm*, e o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para verificar diferença entre as médias. As interações foram executadas pelo procedimento *LSMeans*.

Por se tratar se um estudo observacional, em que não era possível interferir na rotina da granja e a condição dos animais estudados dependia da ocorrência natural da doença, o delineamento experimental foi do tipo não-estruturado. As análises descritivas foram executadas pelo procedimento *proc Univariate*, utilizando os dados brutos (originais) extraídos do sinal sonoro. Entretanto, para efetuar a comparação entre médias, foi necessário transformar alguns parâmetros acústicos para que estes adquirissem características de uma distribuição normal e, assim, diminuir os efeitos da variabilidade dos dados, conforme apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 -Transformações necessárias para normalização dos dados

Variáveis Acústicas	Transformações
Duração das chamadas (s)	$X^{0,4}$
Intensidade Sonora (dB)	$X^{10,4}$
Frequencia Fundamental	X^2
Primeira Harmônica (F1; Hz)	$X^{0,9}$
Segunda Harmônica (F2; Hz)	não foi necessária
Terceira Harmônica (F3; Hz)	não foi necessária
Quarta Harmônica (F4; Hz)	$\log_{10}(X)$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Vocalizações de animais sadios e animais com artrite

Todos os animais envolvidos no estudo vocalizaram quando segurados, entretanto, a variação entre os picos de frequências, capaz de distinguir diferentes tipos de chamadas, não foi avaliada, pois o padrão comportamental da vocalização emitida por todos os animais era o mesmo (gritos), ou seja, o propósito do presente estudo não foi avaliar o repertório vocal dos suínos, mas sim utilizar apenas um mesmo tipo de vocalização e, a partir destas, verificar variações nos parâmetros acústicos em relação às condições propostas no estudo. Jensen e Algers (1984) classificaram os gritos emitidos por leitões em fase de maternidade, como vocalizações longas, ricas em frequências ressonantes (formantes), o que concorda com os resultados obtidos no presente experimento. A frequência que caracteriza um grito de leitão em fase de maternidade é superior a 1000 Hz (WEARY; BRAITHWAITE; FRASER, 1998).

O presente trabalho traz, como resposta ao seu objetivo principal, a informação de que todas as variáveis acústicas estudadas apresentaram diferenças significativas entre as vocalizações de animais com artrite e sadios (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultados da análise do espectrograma da vocalização de leitões em duas diferentes condições

Parâmetros Acústicos	Condição**	
	Artrite	Sadio
Duração (s)*	0,94 ± 0,16 a	0,99 ± 0,16 b
Intensidade Sonora (dB)*	5,31 x 10 ¹⁹ ± 2,09 x 10 ¹⁹ a	6,39 x 10 ¹⁹ ± 1,99 x 10 ¹⁹ b
Frequência Fundamental (Hz)*	158686,16 ± 67254,60 a	155317,28 ± 63627,97 b
1ª Formante (Hz)*	564,38 ± 150,92 a	627,11 ± 148,74 b
2ª Formante (Hz)	2197,76 ± 506,25 a	2430,54 ± 458,33 b
3ª Formante (Hz)	3248,68 ± 340,02 a	3226,11 ± 331,06 b
4ª Formante (Hz)*	3,5887 ± 0,03 a	3,5870 ± 0,03 b

*Dados transformados.

**Os dados são apresentados como média ± desvio padrão. Valores com letras diferentes, entre as linhas, são diferentes pelo Teste de Tukey (p < 0,05).

A duração das chamadas dos animais sadios variou entre 0,14 e 2,31 segundos. Já nos animais doentes esta variabilidade foi menor, indo de 0,15 a 1,88 segundos.

A média das durações das chamadas emitidas por animais sadios, quando os dados não são transformados, é de 1,01s, com desvio padrão de 0,41s. Já, as chamadas emitidas por animais doentes possuem duração média de 0,89s e desvio padrão de 0,35s. Testes experimentais revelaram que, 6 horas após a indução de um processo inflamatório na articulação de ratos, o processo doloroso da artrite aguda proporcionou a ocorrência de vocalizações em maior número e duração (HAN et al., 2005), contrapondo aos resultados do presente estudo em função do quadro da artrite em suínos apresentar um processo doloroso que tende a cronicidade. Desta forma, é importante refletir sobre a característica da dor avaliada para que os resultados dos estudos não se tornem obscuros. Normalmente, em um processo doloroso com características crônicas, assim como em um estresse crônico, os animais não emitem vocalizações (MANTEUFFEL et al., 2004), limitando a utilização desta metodologia de avaliação do bem-estar em animais criados em sistemas de produção. Entretanto, é importante estudar os processos fisiológicos envolvidos na vocalização destes animais para que seja possível identificar o nível doloroso sofrido por eles.

Animais sadios emitem chamadas mais longas que animais com artrite (Figura 16), fato que se deve à capacidade de expulsão de ar pelos pulmões.

Figura 16 - Média da duração das vocalizações emitidas por animais sadios e com artrite

Animais em boas condições corporais e livres de qualquer processo inflamatório são capazes de acumular maior quantidade de ar nos pulmões e possuem maior força de expulsão deste ar, em virtude da qualidade fisiológica da musculatura que compõe a parede torácica, músculos abdominais e diafragma dos leitões. Estas estruturas participam ativamente do processo de vocalização, pois fornecem energia necessária para movimentação do ar e das cordas vocais (GARCIA, 2002). O potencial de tônus da musculatura vocal dos animais foi estudado por Friedman e Ringel (1966), que observaram diminuição das vocalizações em cobaias submetidas a procedimentos de paralisia muscular.

A duração das chamadas observadas no presente estudo faz referência a um único padrão de vocalização (gritos) dentro de um limitado repertório vocal suíno. A classificação de gritos descrita por Jensen e Algers (1983) descreve esta vocalização com uma duração média de 0,49 segundos, entretanto a ocasião estudada pelos autores faz referência a gritos emitidos em situações agressivas entre os leitões de mesma ninhada e não a gritos gerados a partir da manipulação dos animais.

4.1.1 Avaliação da intensidade sonora (dB)

Animais sadios emitem gritos com maior intensidade do que animais artríticos (Figura 17). Esta característica é discriminada pela intensidade sonora (dB) das chamadas, e a explicação para a ocorrência deste fato deve-se também ao desempenho dos animais em estimular a expulsão de ar pelas vias aéreas promovendo a vibração das cordas vocais.

Figura 17 - Comparação das médias da intensidade sonora (dB) emitida por leitões com artrite e sadios

Pela tabela 4, é possível avaliar as medidas de posição e dispersão da intensidade sonora (dB) de acordo com a condição do animal.

Tabela 4 - Comparação das medidas de posição e dispersão da Intensidade sonora (dB)* entre animais sadios e com artrite

	Total de Observações	Média (dB)	Erro Padrão (dB)	Desvio Padrão (dB)	Mínima (dB)	Mediana (dB)	Máxima (dB)	Moda (dB)
Condição								
Sadio	31937	79,76	0,018	3,252	47	80	86	81
Artrite	27084	78,15	0,022	3,644	48	79	86	80

*Dados originais (não transformados).

Estudos realizados por Moura et al. (2008), em condições de granja, revelam que ao submeter leitões à apreensão manual e ao sacudi-los ligeiramente, ocasionando uma situação de estresse, os animais emitiram vocalizações com pressão sonora equivalente a 61,4dB, fato que se contrapõe ao presente trabalho, em que, ao segurar manualmente os animais em ótimas condições sanitárias, ocasionando uma situação de estresse, estes emitem valores médios de 79,76dB.

O uso da intensidade sonora das chamadas como uma variável acústica mostra-se muito flexível em virtude da capacidade dos animais em regular este parâmetro (SMOTHERMAN, 2007). A significativa diferença entre as intensidades sonoras

encontradas entre animais sadios e com artrite pode parecer pequena, porém é explicada por Moura et al. (2008), pois os dados estão em escala logarítmica.

O uso da intensidade sonora como fator determinante para a interpretação do bem-estar a partir da vocalização de suínos foi eficiente em pesquisa desenvolvida por Nääs et al. (2008).

A intensidade sonora varia de 63,46dB a 72,5dB entre seres humanos, quando submetidos a um experimento em que deveriam pronunciar a letra “e” aumentando a intensidade da vocalização sem alterar a frequência (KOISHI et al., 2003). Isto se deve à pressão subglótica que é manipulada pela força expiratória (SMOTHERMAN, 2007).

4.1.2 Frequência fundamental

As medidas de posição e dispersão das frequências fundamentais emitidas na vocalização de animais sadios e com artrite pode ser observada na tabela 5, no qual é possível perceber que animais sadios produzem vocalizações mais graves do que animais com artrite.

Tabela 5 - Medidas de posição e dispersão da Frequência Fundamental (Hz)* entre animais sadios e com artrite

	Total de Observações	Média (Hz)	Erro Padrão (Hz)	Desvio Padrão (Hz)	Mínima (Hz)	Mediana (Hz)	Máxima (Hz)	Moda (Hz)
Condição								
Sadio	21744	382,94	0,631	93,118	75	409	500	465
Artrite	13680	385,26	0,866	101,299	75	418	500	479

*Dados originais (não transformados).

A diferença entre as médias da frequência fundamental apresentou resultados significativos ($P < 0,05$) quando as vocalizações de animais sadios foram comparadas com as de animais com artrite. O número de observações da frequência fundamental foi maior em animais sadios em relação aos animais doentes, em virtude da ausência de valores encontrados no espectro total de cada vocalização. Quando a frequência fundamental é ausente, significa que esta frequência não pode ser audível e está sendo inferida pela frequência superior a esta série de frequências, ou seja, está sendo

mascarada pela harmônica que segue após a frequência fundamental. A frequência fundamental representa o primeiro valor de frequência referente à série de harmônicas, no entanto, no presente estudo esta variável foi tratada separadamente, pois representa o parâmetro relacionado à tensão das cordas vocais dos animais.

4.1.3 Formantes

Os valores de posição e dispersão das formantes (frequências harmônicas) oriundas da vocalização de animais sadios e com artrite apresentam diferenças significativas entre si ($P < 0,05$), fornecendo-nos informações de que o timbre dos animais varia nas duas condições estudadas (Tabela 6). O presente trabalho trata as harmônicas separadamente da frequência fundamental (variável que pode muitas vezes ser considerada como primeira harmônica), pois frequências subsequentes à primeira refletem a ressonância de estruturas presentes no processo de vocalização, tais como formato de boca e fossas nasais (SMOTHERMAN, 2007).

Tabela 6 – Medidas de posição e dispersão das frequências harmônicas (Hz)* que compõem a vocalização de animais sadios e com artrite

Séries harmônicas	Condição	Total de Avaliações	Média (Hz)	Erro Padrão (Hz)	Desvio Padrão (Hz)	Mínima (Hz)	Mediana (Hz)	Máxima (Hz)
1ª Formante	Sadio	57255	1287	1,404	336	72	1322	2857
	Artrite	48267	1146	1,542	339	87	1153	2802
2ª Formante	Sadio	57255	2430	1,915	458	603	2447	3879
	Artrite	48266	2197	2,804	506	552	2171	3807
3ª Formante	Sadio	57254	3226	1,383	331	1821	3256	4338
	Artrite	48267	3248	1,547	340	1615	3293	4468
4ª Formante	Sadio	57237	3875	1,196	286	2676	3859	5376
	Artrite	48255	3889	1,319	289	2677	3876	5370

*Dados originais (não transformados).

Todos os animais sadios apresentaram um maior número de observações de frequências harmônicas em relação aos animais com artrite. Isto se deve ao fato das chamadas dos animais sadios possuírem maior duração do que as chamadas dos animais com artrite, conforme pode ser visto na tabela 3.

Os valores médios da primeira e segunda harmônicas produzidas na vocalização de animais sadios apresentam valores mais altos do que a primeira e segunda

harmônicas produzidas na vocalização de animais com artrite. Entretanto, as médias da terceira e quarta harmônicas produzidas na vocalização de animais com artrite são maiores do que a média das frequências existentes na terceira e quarta harmônicas oriundas da vocalização de animais sadios. Para Yeon (2006), a utilização dos valores médios das quatro formantes presentes na vocalização de vacas em duas condições distintas revelou resultados satisfatórios, sendo então variáveis acústicas que permitem a diferenciação entre a vocalização emitida em situação de estro e vocalização emitida momentos antes da alimentação em bovinos. No presente estudo, foram analisadas as quatro formantes, revelando bons resultados quando utilizadas para diferenciar as duas condições propostas.

As médias dos valores presentes em cada formante da vocalização de felinos forneceram bons resultados na tentativa de diferenciar as vocalizações emitidas durante o período pré-alimentar e em situações agonísticas (onde expressam agressividade). Dentre estas, Nicastro (2004) relatou que as primeiras e segundas formantes ressonantes são parâmetros acústicos importantes para diferenciar a vocalização de gatos domésticos e selvagens, podendo refletir a natureza de filtragem (amplificação do sinal) do trato vocal.

No presente trabalho, a distância média entre uma série harmônica e sua subsequente, nas vocalizações dos leitões sadios e com artrite, é variável (Figura 18).

Figura 18 – Variação média entre as amplitudes das frequências harmônicas de animais sadios e com artrite

Em relação às vocalizações de animais sadios, percebe-se maior distância entre as médias das primeiras e segundas formantes do que em relação às demais; a menor distância entre as médias das frequências harmônicas pode ser vista entre a terceira e a quarta formante. Nos animais doentes, as maiores distâncias percebidas entre séries harmônicas foram entre a primeira e a segunda formante, e entre a segunda e a terceira formante, no entanto, estas diferenças foram iguais. Assim como em animais sadios, a menor distância entre as séries harmônicas em animais doentes foi entre a terceira e a quarta formante. Em estudos comparativos realizados por Moura et al. (2008), a vocalização emitida por leitões em situação de estresse, no momento em que são segurados, produz uma menor diferença entre a primeira série de frequências (considerando-se a frequência fundamental) e a segunda, quando comparada com as diferenças percebidas entre as séries harmônicas presentes na vocalização de leitões submetidos a condições pouco estressantes.

4.2 Influência da intensidade da lesão ocasionada pela artrite na vocalização dos animais

Tendo visto que a vocalização de leitões acometidos por artrite revela parâmetros acústicos, cujas médias divergem dos parâmetros estabelecidos pelos animais em boas condições sanitárias, outro fator importante a ser avaliado é a gravidade da lesão, sabendo que a artrite pode ser progressiva, quando não tratada, como mostram os estudos realizados por Mores e Amaral (2001). No presente estudo, os animais foram avaliados e classificados quanto à característica da gravidade da lesão durante a etapa de gravação das vocalizações. Os resultados dos parâmetros acústicos em relação aos diferentes níveis de lesões estudados podem ser observados na tabela 7.

Tabela 7 - Resultados da análise do espectrograma da vocalização de leitões em relação aos diferentes níveis de lesão presentes nos animais

Parâmetros acústicos	Grau de lesão**		
	Leve	Moderada	Intensa
Duração (s)*	0,93 $\pm$ 0,15 a	0,95 $\pm$ 0,16 b	0,94 $\pm$ 0,17 c
Intensidade Sonora (dB)*	5,52 $\times 10^{19}$ $\pm$ 2,15 $\times 10^{19}$ a	5,10 $\times 10^{19}$ $\pm$ 2,01 $\times 10^{19}$ b	4,87 $\times 10^{19}$ $\pm$ 1,92 $\times 10^{19}$ c
Frequência fundamental (Hz)*	162574,06 $\pm$ 65654,96 a	156825,73 $\pm$ 68940,65 b	136398,33 $\pm$ 68960 c
1ª Formante (Hz)*	584,20 $\pm$ 150,18 a	556,86 $\pm$ 155,41 b	496,28 $\pm$ 118,11 c
2ª Formante (Hz)	2259,15 $\pm$ 507,59 a	2136,14 $\pm$ 507,16 b	2080,14 $\pm$ 457,11 c
3ª Formante (Hz)	3234,40 $\pm$ 350,72 a	3259,67 $\pm$ 311,72 b	3284,11 $\pm$ 354,38 c
4ª Formante (Hz)*	3,59 $\pm$ 0,03 a	3,59 $\pm$ 0,03 ab	3,60 $\pm$ 0,03 c

*Dados transformados.
 **Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão. Valores com letras diferentes, entre as colunas, são significativamente diferentes pelo Teste de Tukey (p <0,05).

Animais apresentando lesões moderadas produziram vocalizações mais longas do que animais com lesões intensas ou leves. Na tentativa de avaliar dor em associação à exposição de uma situação estressante de castração, Leidig et al. (2009) analisaram a soma das durações das vocalizações emitidas por leitões durante diferentes procedimentos cirúrgicos e constataram maiores durações de chamadas quando a técnica era realizada sem anestésicos, enquanto que, durante a castração após procedimentos anestésicos, os animais emitiram vocalizações com menor duração. Desta forma, os autores concluíram que quanto maior o tempo de vocalização, mais doloroso é o procedimento de castração. Resultados semelhantes quanto à duração das chamadas em leitões submetidos a diferentes técnicas de castração foram obtidos por Marx et al. (2003). Os dados não transformados referentes à duração média das chamadas revelaram valores de 0,87, 0,92 e 0,90 segundos para animais apresentando lesões classificadas como leve, moderada ou intensa, respectivamente. Desta forma, pode-se considerar que, de acordo com os autores citados, é importante definir com exatidão a característica do processo doloroso. As vocalizações estudadas pelos autores refletem uma sensação de dor aguda, e neste caso pode ser utilizada como

medida comparativa apenas entre situações que expressem dor aguda. No entanto, no presente estudo os animais apresentavam lesões com sintomas característicos de dor crônica.

A intensidade sonora (dB) média das chamadas emitidas variou em função do nível de lesão dos animais. Animais com lesões articulares classificadas como leves e com baixo comprometimento locomotor apresentaram média das intensidades sonoras superior às médias dos animais categorizados como portadores de lesões moderadas e intensas. A menor média das intensidades sonoras estudadas para avaliar o nível de lesão foi a dos animais classificados como portadores de lesões intensas, nas quais a debilidade locomotora era fortemente expressada. Animais com lesões intermediárias, categorizados como portadores de lesões moderadas, emitiram vocalizações com intensidade sonora média intermediária aos animais possuidores de lesões leves ou intensas. O comportamento acústico da variável intensidade sonora revela resultados condizentes com os mecanismos de produção de vocalização, em que é necessário um esforço muscular cada vez maior por parte do animal para que ele consiga emitir vocalizações com alta intensidade. Os dados não-transformados apresentaram o mesmo comportamento, com os seguintes valores médios de 78,15dB, 77,79dB e 77,36dB para a variável intensidade sonora da vocalização de animais com lesões leves, moderadas e intensas, respectivamente.

Os valores médios da frequência fundamental da vocalização dos animais doentes revelam uma relação importante quanto à gravidade das lesões causadas nas articulações dos leitões. À medida que o nível de lesão aumenta, a frequência fundamental diminui significativamente ($P < 0,05$). Para animais com lesões caracterizadas como intensas, a frequência fundamental das vocalizações emitidas foi menor do que quando comparadas com a frequência fundamental presente na vocalização de animais com lesões leves e moderadas. A frequência fundamental média presente na vocalização de animais com lesões leves foi mais alta do que em vocalizações provenientes de animais com lesões moderadas ou intensas. Sendo assim, lesões moderadas, com características intermediárias de debilidade locomotora, revelaram frequências fundamentais intermediárias às médias das frequências fundamentais presentes na vocalização de animais com lesões leves e intensas.

Estudos experimentais em cobaias, realizados por Friedman e Ringel (1966), revelaram que, após paralisia laríngea provocada pelo uso de substâncias que paralisam a junção neuromuscular (induzida pelo fármaco d-tubocurarina), a tensão da musculatura vocal diminui, proporcionando redução da duração da vocalização e da frequência fundamental pela falta de tônus muscular para sustentar a vocalização. Logo, se a tensão das cordas vocais diminui, a frequência fundamental também diminui. Ao se relacionar os níveis de lesões encontrados com as respectivas médias de frequência fundamental (Tabela 7), pode-se concluir que os animais apresentaram um nível intenso de lesão e também menor tensão das cordas vocais. Os valores não transformados das frequências fundamentais revelaram comportamento semelhante aos dados transformados, tendo animais com lesões leves emitido sons com frequência fundamental média de 391Hz, animais com lesões moderadas, 382Hz e com lesões intensas, 352Hz. Processos dolorosos com característica crônica revelaram que a gravidade da lesão proporciona diminuição nos valores médios da frequência fundamental. Pesquisas revelam que o aumento da frequência fundamental no choro de crianças recém-nascidas está associado à tensão da musculatura, em decorrência do estresse, bem como a execução de procedimentos dolorosos (BRANCO et al., 2006).

A primeira e segunda séries de frequências harmônicas (F1 e F2) apresentaram tendências semelhantes aos valores médios da frequência fundamental, quando comparadas com os níveis de lesões estudadas. À medida que a gravidade da lesão aumenta, a frequência média destas séries harmônicas tende a diminuir. A terceira formante (F3) mostrou-se inversa; à medida que o grau de lesão aumenta as frequências médias relacionadas a esta série aumentam também. A quarta série de frequências (F4) revelou que animais com lesões intensas emitem maiores frequências médias em suas vocalizações, quando comparadas com as médias da vocalização oriunda de animais com lesões leves e moderadas. Não houve diferença entre as médias desta formante na vocalização de animais com lesões leves e moderadas.

As diferenças entre as médias das frequências harmônicas podem ser observadas na figura 19. Em condições leves e moderadas de lesão, as distâncias entre todas as séries de frequências são bastante próximas.

Figura 19 – Variação média entre as amplitudes das frequências harmônicas de animais com diferentes níveis de lesão

Todas as amplitudes das frequências harmônicas presentes na vocalização de animais com níveis severos de lesão mostram variações mais intensas do que animais com lesões leves e moderadas.

Ao estabelecer um comparativo entre os valores médios da frequência fundamental de animais sadios e doentes e esses mesmos valores em função da intensidade da lesão observada em animais doentes, nota-se que os valores médios de animais com artrite atingem valor inferior aos animais portadores de lesões leves; enquanto o valor médio desta mesma variável para animais sadios alcança valor médio inferior aos animais com lesão moderada. Desta forma, a frequência fundamental revela-se uma variável duvidosa em relação à determinação de uma variável acústica confiável para diferenciar vocalizações emitidas por leitões sadios e com artrite. No entanto, a variação da tensão muscular que proporciona alterações na frequência fundamental em função do progresso da lesão estudada, revelou que essa variável acústica pode ser capaz de indicar um nível doloroso sofrido pelo animal, desde que a lesão tenha características crônicas, fato que se contrapõe a Weary et al. (2006), os quais afirmam que, apesar das lesões articulares em animais impedirem o movimento normal da articulação, levando a uma rigidez na marcha, podem não estar associadas à dor.

4.3 Influência da massa corporal (kg) nos parâmetros acústicos da vocalização de animais sadios e com artrite

Durante a fase de maternidade, nas condições do presente experimento, os leitões permaneceram alojados com suas respectivas matrizes por um período de 21 dias. Desde o nascimento até o desmame, espera-se que os mesmos ganhem massa corporal de forma satisfatória. Os valores de massa dos animais no presente estudo variaram entre 1,5kg e 6,7kg. Sendo assim, foi necessário dividir os animais em classes (Tabela 8), para que fosse possível estabelecer uma relação entre a quantidade de massa corporal e os parâmetros acústicos envolvidos na vocalização.

Cada classe foi dividida em intervalos de 1,5kg. Ao estabelecer um maior número de classes com diferenças de massa menores que 1,5kg, ocorreriam classes com poucos animais. Animais divididos em classes a cada 1kg, formando cinco classes a serem estudadas, não foram significativos no modelo, com um valor de F muito baixo ($p > 0,05$).

Tabela 8 - Classificação dos leitões em função da massa corporal

Massa Corporal (Kg)	Classes	Nº de animais	
		Sadios	Artrite
$\geq 1,5$ até ≤ 3	I	9	24
> 3 até $\leq 4,5$	II	38	28
$> 4,5$ até ≤ 6	III	11	6
> 6 até $\leq 7,5$	IV	5	2

As classes foram desenvolvidas baseando-se em variações de massa corporal com intervalos de 1,5Kg.

À medida que os leitões eram identificados e diagnosticados, procedia-se a aquisição sonora e, sequencialmente, um animal sadio era abordado para o registro sonoro. A seleção deste animal sadio foi feita em função de sua proximidade com o animal doente, ou seja, com características de idade mais próxima possível. Desta forma, avaliando os animais doentes, verificou-se que 46,67% apresentaram massa corporal variando entre 3 e 4,5kg e 3,33% variando entre 6 e 7,5kg.

De maneira geral, a média da duração das vocalizações de todos os 123 animais do estudo variou conforme a massa corporal dos leitões. Animais apresentando 1,5kg a

3kg emitiram vocalizações com duração média de 0,92 segundos com desvio padrão de 0,19 segundos. Animais com massa entre 3 e 4,5kg aumentaram um pouco mais a duração de suas chamadas, apresentando uma média de 0,95 segundos, com um desvio padrão de 0,14 segundos. A média das durações das vocalizações atingiu 1,04 segundos em animais pesando entre 4,5 e 6kg, com desvio padrão de 0,16; este valor médio foi o mais alto alcançado em relação à duração das chamadas emitidas. Animais com massa superior a 6kg emitiram vocalizações com uma duração média de 1,03 segundo e desvio padrão de 0,11 segundos.

A influência das diferentes massas corporais na duração das chamadas apresentou um erro padrão de 0,022s. Para a avaliação da duração das chamadas em relação às classes de massa corporal estimadas, todas as classes mostraram diferenças significativas no modelo, com um valor de $P < 0,05$.

Tabela 9 - Média das durações* das vocalizações (segundos) de animais com artrite e sadios em relação à massa dos animais

Classes de Massa corporal	Duração das chamadas (s) **	
	Sadio	Artrite
I	0,97 aA	0,85 aB
II	0,90 bA	0,92 bB
III	1,00 cA	0,95 cB
IV	0,98 dA	0,95 cdB

*Dados Transformados ($X^{0,4}$).

**Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A duração das vocalizações dos animais sadios variou de forma significativa entre todas as classes de massa corporal (Tabela 9). Animais sadios, com massa variando entre 4,5 e 6kg, emitiram vocalização média com maior duração (1s) quando comparados com animais das demais classes.

A duração das chamadas em animais com artrite foi crescente em relação às classes de pesos, no entanto, observou-se que não houve diferença entre as médias das durações relacionadas aos animais com massa corporal entre 4,5 e 6kg (classe III) e 6 e 7,5kg (classe IV).

A duração das vocalizações foi aumentando à medida que as classes de massa corpórea aumentaram, com exceção da classe IV, provavelmente em virtude da proximidade anatômica existente entre animais das classes III e IV. Weary e Fraser (1995) avaliaram a duração das vocalizações emitidas por leitões em baixo e alto ganho de massa e constataram que animais com baixo ganho de massa, quando separados de suas mães, produziam vocalizações mais longas do que animais com alto ganho de massa, em virtude de frustração causada pelo fato de perder o período de amamentação.

A intensidade sonora média presente na vocalização de todos os 123 animais envolvidos no experimento aumentou de acordo com as classes de massa corporal. Animais classificados como I emitiram vocalizações com menor intensidade média ($5,50 \times 10^{19}$ dB) quando comparados com os animais das outras classes. Animais pertencentes à classe II emitiram vocalizações com intensidade média um pouco maior ($5,97 \times 10^{19}$ dB) do que os animais da classe I. Animais da classe III emitiram sons com intensidade de $6,0 \times 10^{19}$ dB, mas apesar da diferença, os valores médios dos animais da classe II e III não podem ser considerados diferentes a um nível de probabilidade de 0,05. Já os animais da classe IV emitiram maiores médias de intensidade sonora ($6,37 \times 10^{19}$ dB).

As médias das intensidades sonoras emitidas por animais sadios não obedece a uma estreita relação com a crescente classe de massa corpórea (Tabela 10). A intensidade sonora presente na vocalização de animais da classe I não diferiu da intensidade sonora presente na vocalização de animais da classe IV ($P > 0,05$), sendo as mais altas intensidades encontradas entre as classificações, logo se percebe que a intensidade sonora é um parâmetro bastante variável e capaz de ser controlada pelo animal sadio, podendo estar associada ao maior estresse pela manipulação em virtude de haver animais mais jovens e mais sensíveis inseridos na classe de massa corpórea equivalentes a 1,5 e 3kg.

Tabela 10 - Médias da intensidade sonora (dB) presente na vocalização de animais sadios e com artrite em relação ao peso

Classes de Massa corporal	Intensidade Sonora (dB)			
	Dados Transformados*		Dados Originais	
	Sadio**	Artrite**	Sadios	Artrite
I	$6,2 \times 10^{19}$ aA	$4,56 \times 10^{19}$ aB	79,53	76,78
II	$5,93 \times 10^{19}$ bA	$5,26 \times 10^{19}$ bB	79,04	77,98
III	$5,86 \times 10^{19}$ bcA	$5,55 \times 10^{19}$ cB	79,01	78,52
IV	$6,36 \times 10^{19}$ adA	$5,49 \times 10^{19}$ bcdB	79,67	78,30

*Dados Transformados ($X^{10,4}$).**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Nos animais com artrite, a intensidade sonora (dB) das vocalizações foi crescente, diferindo significativamente entre animais das classes I, II e III, mostrando que a condição debilitante em que os animais se encontravam permitiu que a vocalização fosse mediada pela massa corporal dos animais.

Os resultados referentes à variação da frequência fundamental em relação à massa corporal dos animais revelam que animais da classe III, com massa variando entre 4,5 e 6,0kg, não foram significativos no modelo ($P=0,1919$), desta forma não se mostra na tabela 11. Dentre os animais sadios, a frequência fundamental mostrou-se mais alta em animais mais leves (>3 até $\leq 4,5$ Kg) do que em animais mais pesados ($>4,5$ até ≤ 6 Kg), fato que se deve à maior tensão das cordas vocais pelo menor acúmulo de massa muscular entre os animais menores. De acordo com Nicastro (2004), gatos domésticos com menor dimensão corporal produzem vocalizações com maior frequência fundamental média do que gatos de maior dimensão corporal. Isso ocorre devido ao menor tamanho das pregas vocais em animais menores, proporcionando, assim, maiores taxas de vibração durante a fonação. A frequência fundamental revelou-se uma variável acústica pouco eficiente para se estimar o peso em cervídeos (REBY; MCCOMB, 2003). O valor intermediário encontrado em animais sadios da classe I deve-se provavelmente a outros fatores envolvidos na variação deste parâmetro acústico, como a idade dos animais.

Com relação aos animais doentes, os mais leves vocalizaram de forma mais grave do que animais pesados, mostrando que a influência da ocorrência de artrite é capaz de mascarar a frequência fundamental presente na vocalização dos suínos. Não houve variação entre a frequência fundamental emitida por animais sadios e com artrite quando os pesos dos animais variam entre 1,5 e 3,0kg.

Tabela 11 - Valores médios da frequência fundamental produzida na vocalização de animais sadios e com artrite de acordo com a variação de massa corporal

Classes de Massa corporal	Frequência Fundamental (Hz)			
	Dados Transformados**		Dados Originais	
	Sadio*	Artrite*	Sadios	Artrite
I	136611,16 aA	142690,75 aA	353,08	361,40
II	162532,40 bA	148566,25 bB	389,37	371,61
IV	129052,76 cA	165861,43 cB	349,99	396,94

**Dados Transformados (X^2).

*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A Figura 20 fornece o panorama dos valores médios originais das quatro formantes que constituem as vocalizações de animais sadios e com artrite. A primeira formante (Figura 20a) mostra um perfil crescente dos valores médios das frequências entre as classes de peso. À medida que a massa corpórea aumenta, a primeira harmônica torna-se mais aguda.

Figura 20 – Valores médios e respectivos desvios padrão da primeira (a), segunda (b), terceira (c) e quarta (d) séries de frequências harmônicas de todos os animais (sadios e com artrite) envolvidos no experimento em função da variabilidade de massa corpórea dos animais

A segunda formante (Figura 20b) mostrou uma conformação semelhante aos valores médios da primeira série, com exceção da média das vocalizações emitidas pelos animais inseridos na terceira classe de massa corporal, mostrando-se um pouco menor do que a média das frequências emitidas pelos animais da classe II.

Diferentemente da primeira e segunda, a terceira formante (Figura 20c) mostrou um perfil em que os maiores valores médios das frequências emitidas nesta série foram observados em classes de menor massa corpórea, no entanto novamente a terceira classe mostra um comportamento um pouco diferenciado, ao apresentar valor médio menor do que a quarta classe.

Pouca relação se percebe ao observar a variação dos valores médios da quarta formante (Figura 20d) em relação à variação de massa entre os animais.

Ao tratar as classes de massa dos animais de acordo com a condição patológica em que os animais se encontram, observou-se que a classe que comporta animais entre 1,5 e 3,0kg não foi significativa no modelo ($F=0,38$) quando a primeira formante (F_1) é tida como variável resposta. Da mesma forma, a classe IV mostrou-se não significativa no modelo ($F= 0,17$) quando a segunda formante (F_2) foi tida como variável resposta. Sendo assim, as duas condições citadas não foram tratadas na análise.

A primeira série de frequências harmônicas apresenta uma sequência semelhante com relação às diferentes classes de massa tanto em animais doentes como em animais sadios. Em ambos os casos, os valores médios da primeira formante aumentam de acordo com a massa dos animais (Tabela 12 e 13). Pelas tabelas, observa-se que a vocalização de animais mais leves e sadios produziu uma frequência de ressonância mais aguda do que animais com artrite inseridos em mesma classe de massa corpórea.

Tabela 12 - Médias das frequências harmônicas (Hz) em relação à massa corporal em animais sadios

Classes de massa corporal	Formantes (Hz) ****			
	F1*	F2	F3	F4**
I	***	2293,54 a	3232,86 a	3,584 a
II	611,08 a	2342,29 b	3202,02 b	3,588 b
III	636,50 b	2282,64 ac	3064,88 c	3,583 bc
IV	672,45 c	***	3184,59 d	3,595 d

*Dados transformados ($X^{0.9}$).

**Dados transformados ($\log_{10}(X)$).

***Dados não significativos no modelo ($P>0,05$).

**** Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A segunda formante não apresentou uma sequência ascendente ou descendente em função da massa dos animais sadios, sendo o maior valor médio das frequências produzidas na vocalização dos animais pertencente à classificação intermediária. Entretanto, nos animais com artrite a ressonância da segunda série de frequências foi crescente de acordo com o aumento da massa dos animais.

A terceira formante mostrou características de ressonâncias agudas em animais sadios com baixa massa corpórea até ressonâncias graves em animais com maior massa, exceto para animais com massa corpórea superior a 6kg.

Tabela 13 - Médias das frequências harmônicas (Hz) em relação à massa corporal em animais com artrite

Classes de massa corporal	Formantes (Hz) ****			
	F1*	F2	F3	F4**
I	***	2049,61 a	3268,7 a	3,592 a
II	590,74 a	2238,79 b	3268,22 ab	3,595 b
III	676,90 b	2321,96 c	3187,46 c	3,592 ac
IV	699,28 c	***	3005,6 d	3,58 d

*Dados transformados ($X^{0,9}$).

**Dados transformados ($\log_{10}(X)$).

***Dados não significativos no modelo ($P>0,05$).

**** Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Nos animais com artrite, a frequência de ressonância na terceira harmônica apresentou diminuição dos valores médios à medida que os pesos aumentavam.

Quanto à quarta formante, o valor médio, apesar de apresentar diferenças significativas em algumas classes de peso, revelou pouca variação tanto entre as condições dos animais como as classes de pesos em que os animais foram selecionados.

4.4 Influência da idade nos parâmetros acústicos da vocalização de animais sadios e com artrite

A idade média dos animais com artrite observados no estudo foi de 13,23 dias, tendo como menor idade observada, um animal com 2 dias e maior idade observada, animais com 21 dias. Dos animais sadios estudados, a média entre as idades foi de 13,51, com idades variando entre 6 e 22 dias de vida.

A idade dos animais foram avaliadas em semanas de vida. O período de exposição nas salas da maternidade seguiu desde o nascimento até 21 dias de vida, como é adotado na granja onde o experimento foi conduzido. Os leitões puderam ser classificados em animais de 1, 2 ou 3 semanas de vida. Dentre os sadios, 2 apresentaram uma semana, 44 apresentaram 2 semanas e 17 apresentaram 3 semanas de idade. Dentre os doentes, 4 apresentaram 1 semana, 38 apresentaram 2 semanas e 18 apresentaram 3 semanas de idade.

O tempo que cada animal vocaliza, dentro de um mesmo padrão de vocalização, é um indicador sobre a idade dos animais quando sua saúde não está comprometida. A figura 21 revela informações de que animais sadios, com uma semana de idade, possuem, em média, vocalizações mais curtas do que animais com 2 ou 3 semanas de vida ($P < 0,05$). Animais de 2 e 3 semanas de vida, em mesmas condições, não variaram a duração das vocalizações ($p > 0,05$).

Figura 21 - Duração das vocalizações emitidas por animais sadios com artrite de acordo com a idade

A duração das vocalizações em animais com artrite não revelou um comportamento semelhante ao dos animais sadios em função da idade, percebendo-se maior média das durações das chamadas em animais de 2 semanas, sendo que este valor diferenciou-se significativamente da média das durações das chamadas dos animais de 1 e 3 semanas, que não apresentaram diferenças significativas entre si ($P > 0,05$). Esta baixa relação existente entre a faixa etária e duração das chamadas nos animais com artrite se ocorreu devido à debilidade corporal ocasionada pela injúria presente, pois a massa corpórea dos animais revelou-se comprometida, não acompanhando um pleno desenvolvimento observado em animais sadios. Como foi observado anteriormente, a média da duração das chamadas dos animais com artrite em diferentes classes de massa corpórea foi crescente, à medida que as classes aumentavam, fornecendo melhor resposta da duração das chamadas em animais com artrite, uma vez que o processo expiratório de ar capaz de proporcionar a vibração das cordas vocais é mediado pela musculatura intercostal e diafragmática.

A intensidade sonora média presente nas vocalizações na primeira e segunda semana de vida em leitões sadios não apresentou diferenças significativas ($P>0,05$) entre elas, alcançando valores médios em dados originais, de 79,27dB e 79,57dB respectivamente; no entanto, percebeu-se que até as duas semanas de idade, eles são capazes de vocalizar com maior energia, pois na terceira semana de vida esta intensidade sonora média reduziu de forma significativa (Figura 22), alcançando valor médio, em dados originais, de 78,41dB. Estes resultados corroboram os de Fraser (1975) em estudos relacionados à segregação dos leitões de suas mães em diferentes idades, concluindo que o declínio da intensidade das chamadas, com o aumento da idade, pode refletir uma tendência crescente dos leitões em busca da independência.

Na primeira semana de vida, os leitões vivenciam um alto nível de estresse, pois alguns manejos de rotina são executados. Estas abordagens fazem referência à castração sem procedimentos anestésicos, corte de dentes, corte de cauda, aplicação intramuscular de ferro e esquemas de vacinação. Desta forma, toda manipulação e abordagem necessárias para um pleno desenvolvimento do sistema de produção geram consequências muito estressantes, que refletem esta sensação ao serem abordados, pelo aumento da intensidade sonora das vocalizações, tendo em vista que esta é a única defesa dos leitões.

Figura 22 - Intensidade sonora média (dB) presente na vocalização de animais sadios e com artrite em diferentes idades (dados transformados)

O manejo dos leitões em sistemas intensivos de produção é executado de forma sequencial em um mesmo dia, para que todo estresse ocorra de uma só vez. A menor

proximidade entre os procedimentos em relação à maior idade estudada explica o fato dos animais de 3 semanas de idade produzirem vocalizações com intensidade sonora média inferior às dos animais de primeira e segunda semana de vida.

Não é possível diferenciar a intensidade sonora presente na vocalização de animais com artrite de primeira semana com os de segunda e terceira semana ($P>0,05$). A diferença entre as médias só se mostra significativa ao comparar a intensidade sonora de animais com 2 e 3 semanas de idade ($P<0,05$).

Animais mais jovens, em boas condições (sádios), produzem vocalizações mais agudas do que animais mais velhos (tabela 14). Indivíduos jovens possuem cordas vocais mais curtas, possibilitando maior tensão e, por consequência, o aumento da frequência fundamental.

Tabela 14 - Valores da frequência fundamental média presente na vocalização de leitões de diferentes idades

Idade	Frequência Fundamental (Hz)			
	Dados Transformados**		Dados Originais	
	Sádios*	Artrite*	Sádios	Artrite
1 Semana	149629,06 aA	149055,18 aA	360,9	356,11
2 Semanas	129613,124 bA	180135,14 bB	358,67	399,06
3 Semanas	127167,928 cbA	152641,89 cB	365,77	365,92

**Dados Transformados (X^2).

*Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

O decréscimo desta variável acompanha o aumento da idade dos animais sádios, mesmo verificando ausência de diferença significativa entre as médias da frequência fundamental presente na vocalização de animais de 2 e 3 semanas de idade. Isso se deve provavelmente à estreita proximidade entre as faixas etárias, podendo ser mais acentuado se a diferença entre as idades dos animais fosse maior.

Diferenças significativas na frequência fundamental média presentes nas vocalizações de veados (cervídeos) jovens e adultos concordam com o presente estudo, revelando que animais mais jovens produzem sons com maior frequência que animais mais velhos, sendo respectivamente, 125,1 e 106,9Hz (REBY; MCCOMB, 2003).

A comparação entre as médias no presente experimento obedece aos pressupostos necessários para a execução de uma análise estatística envolvendo comparação entre médias. Desta forma, uma comparação importante a ser feita é com relação aos dados da frequência fundamental dos animais sadios, em que é possível perceber a variação entre as médias obtidas de dados transformados e dados originais que fogem aos pré-requisitos necessários para o desenvolvimento de uma análise correta. Os dados originais da frequência fundamental observada nos animais sadios ocasionariam um erro de interpretação, pois haveria animais mais velhos com maior frequência fundamental do que animais mais jovens.

A vocalização mais aguda entre os animais doentes é percebida em animais com 2 semanas de idade, seguido pelos animais apresentando 3 semanas de vida, e a vocalização mais grave, com menor valor de frequência fundamental, é percebida em animais de 1 semana de vida. Esta pouca relação existente entre a frequência fundamental e a idade entre os animais doentes deve-se à incapacidade do animal em manter um desenvolvimento pleno, pois a massa corporal dos animais aumenta à medida que ficam mais velhos. A maior parte dos animais com artrite apresenta condição corpórea abaixo do peso ideal.

As tabelas 15 e 16 apresentam a distribuição dos animais com artrite e sadios, respectivamente, envolvidos no estudo em função da idade e peso. A relação entre idade e peso dos animais com artrite mostra um coeficiente de associação (Coeficiente Phi) de 0,40, mais baixo do que em animais sadios.

Tabela 15 - Classificação dos animais com artrite em função da massa corpórea e idade

Classes	Idade em Semanas			TOTAL
	1	2	3	
I	2 3,33%	18 30%	3 5%	23 38,33%
II	1 1,67%	18 30%	10 16,67%	29 48,33%
III	0 0%	3 5%	3 5%	6 10%
IV	0 0%	0 0%	2 3,33%	2 3,33%
TOTAL	3 5%	39 65%	18 30%	60 100%

Valores expressos em frequência de observação e porcentagem.

A distribuição dos animais de acordo com idade e massa em animais sadios demonstra uma situação mais verdadeira de como os valores de massa corpórea deveriam se ajustar à idade dos animais. O coeficiente de associação (Coeficiente Phi) entre massa corpórea e idade em animais sadios equivale a 0,66, um valor considerado alto uma vez que este coeficiente atinge seu valor máximo de associação em 0,80.

Tabela 16 - Classificação dos animais sadios em função da massa corpórea e idade

Classes	Idade em Semanas			TOTAL
	1	2	3	
I	2 3,17%	7 11,11%	0 0%	9 14,29%
II	0 0%	32 50,79%	8 12,7%	40 63,49%
III	0 0%	5 7,94%	3 5%	8 17,46%
IV	0 0%	0 0%	6 9,52%	6 4,76%
TOTAL	2 3,17%	44 69,84%	17 26,98%	63 100%

Valor expresso em frequência de observação e porcentagem.

As frequências harmônicas ressoam de forma particular entre os indivíduos de mesma espécie, estando estes em boas condições físicas ou acometidos por artrite (Figuras 23 e 24).

A primeira formante (Figura 23a) revelou valores diferentes ($P<0,05$) para animais doentes de 1, 2 e 3 semanas de idade, sendo os maiores valores desta série observados em animais com até 1 semana de idade. A segunda formante (Figura 23b) revela que ressonâncias mais agudas foram verificadas em animais de 1 e 2 semanas de idade, sendo que estes valores não foram significativamente diferentes entre si ($P>0,05$). A terceira formante (Figura 23c) presente na vocalização de animais doentes não revelou diferenças significativas entre animais de primeira e segunda semanas de vida, no entanto, os valores médios desta série harmônica para animais com 3 semanas de vida não foram significativos no modelo. A quarta formante (Figura 23d) apresenta valores maiores em animais de 1ª semana, demonstrando menores valores em animais com 2 semanas de vida.

Figura 23 - Frequência média das quatro séries harmônicas (F1 (a), F2 (b), F3 (c), F4 (d)) presentes nas vocalizações de animais com artrite

A primeira formante (Figura 24a) presente na vocalização de leitões sadios atinge valores mais elevados em animais com 3 semanas de vida, no entanto este valor não difere significativamente dos valores obtidos em animais de 1 semana de vida. Os valores médios desta série harmônica são maiores em animais doentes do que em animais sadios, quando analisados em relação à idade dos animais. A segunda formante (Figura 24b) exprime valores mais elevados em animais de 2 semanas, no

entanto, em animais de 1 e 3 semanas estes valores não apresentaram diferenças significativas.

A terceira formante (Figura 24c) dos animais de 3 semanas não foi significativa no modelo, enquanto os valores médios desta série harmônica em animais de 1 e 2 semanas não mostraram diferenças significativas. A quarta formante (Figura 24d) diminuiu em valores médios, à medida que os animais ficam mais velhos.

Figura 24 - Frequências médias (dados transformados) das quatro séries harmônicas (F1 (a), F2 (b), F3 (c), F4 (d)) presentes nas vocalizações de animais sadios

A maior parte dos resultados obtidos no estudo das formantes em relação à idade dos leitões concorda com trabalhos desenvolvidos por Reby e McComb (2003), ao estudarem a vocalizações de veados (cervídeos), em que se constataram a diminuição das formantes, à medida que os animais ficam mais velhos, concluindo, assim, que, em cervídeos, as frequências harmônicas são bons indicadores da idade. Para tanto, a figura 23, demonstra claramente a diminuição das frequências harmônicas na terceira semana de vida, principalmente em relação aos animais de 1 semana de idade. No entanto, em animais sadios (Figura 24), a primeira formante não foi capaz de expressar esta configuração, já a segunda, terceira e quarta séries de frequências, sim. A estreita proximidade etária entre os animais estudados pode ser uma explicação para a configuração desordenada da primeira e segunda formantes (Figura 24a e b),

principalmente em animais sadios, uma vez que Reby e McComb (2003) avaliaram animais com idades variando entre 7 anos.

4.5 Características acústicas em função do gênero dos animais

De todos os animais estudados, 65 eram machos, divididos em sadios e doentes, sendo 38 (63,33%) com artrite e 27 sadios (42,86%). O total de fêmeas estudadas totalizou 58 animais, sendo que 22 (36,67%) foram classificadas como doentes e 36 (57,14%) como sadias.

Diante do grupo de animais doentes, os dados originais (não transformados) referentes à duração das vocalizações dos leitões machos mostraram que a duração mínima das chamadas emitidas foi de 0,14 segundos, enquanto nas fêmeas, este valor foi bastante próximo, alcançando 0,15 segundos. Entretanto, a duração máxima destas vocalizações chegou a 1,79 segundos em machos e 1,88 segundos em fêmeas.

Em relação aos animais sadios, o menor período de vocalização foi observado em fêmeas, 0,14 segundos, enquanto os machos produziram gritos com duração mínima de 0,24 segundos. No entanto, a vocalização de maior duração excede os valores encontrados em animais com artrite; machos sadios emitiram gritos com duração de até 2,31 segundos e fêmeas com duração máxima de até 2,23 segundos.

A comparação entre a duração média das vocalizações emitidas por machos e fêmeas revelou diferenças significativas ($P < 0,05$) e pode ser observada na figura 25.

Figura 25 - Duração média (s) das vocalizações emitidas por leitões machos e fêmeas portadores de artrite e sadios

Mesmo observando individualmente valores máximos e mínimos maiores em animais machos sadios, a média da duração das vocalizações foi maior nas fêmeas, ou seja, as leitoas emitiram sons mais longos que os machos. No entanto este panorama se reverte, ao avaliar-se o tempo de vocalização dos animais com artrite, pois os machos produziram sons mais longos que as fêmeas ($P < 0,05$). A média do tempo de duração das vocalizações entre machos e fêmeas, desconsiderando a relação entre animais doentes e sadios, é maior em fêmeas, que expressam sons com duração média de 0,98 s, enquanto machos produzem sons com duração média de 0,94s.

A intensidade sonora produzida na vocalização de leitões sadios não é influenciada pelo sexo dos animais (tabela 17). Suínos machos e fêmeas, com idades entre 1 e 21 dias emitem sons com mesma intensidade sonora. No entanto, observam-se diferenças significativas na intensidade sonora dos gritos emitidos por animais machos e fêmeas, quando estes se encontram acometidos por artrite.

Tabela 17 - Médias da intensidade sonora (dB) presente nas vocalizações emitidas por leitões machos e fêmeas

Sexo	Intensidade Sonora (dB)**	
	Artrite*	Sadios*
Macho	$5,35 \times 10^{19}$ aA	$5,89 \times 10^{19}$ aB
Fêmea	$5,56 \times 10^{19}$ bA	$5,9 \times 10^{19}$ aB

**Dados Transformados ($X^{10,4}$).
 *Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

A frequência fundamental presente na vocalização de leitões não apresenta diferenças significativas entre animais machos e fêmeas. No entanto esta diferença passa a ser significativa em animais com artrite, pois fêmeas produzem vocalizações mais graves do que animais machos.

As primeiras e segundas formantes presentes nas vocalizações de fêmeas revelam valores médios mais elevados do que em animais machos tanto em animais com artrite como em animais sadios (Figura 26a e b). Na terceira formante (Figura 26c) observam-se valores médios superiores em animais sadios machos em relação aos animais sadios fêmeas, mas esta configuração se inverte ao observar os valores médios presentes na vocalização de animais com artrite. A quarta formante (Figura 26d)

presente nas vocalizações de machos e fêmeas revela que não há diferenças significativas entre o sexo dos animais.

Figura 26 - Médias da primeira (a), segunda (b), terceira (c) e quarta (d) formantes presentes na vocalização de leitões machos e fêmeas sadios e com artrite

4.6 Variações das características acústicas em função da temperatura do ambiente no interior da instalação

Os valores relacionados à temperatura de conforto dos leitões em fase de maternidade são baseados em experimentos prévios e citados na tabela 1. Sendo assim, no presente estudo, a vocalização dos animais foi avaliada considerando a temperatura ambiente como fator relevante que pode oferecer condições térmicas favoráveis ou desfavoráveis a leitões durante a fase de maternidade. A perda de dados referentes à umidade relativa do ar impossibilitou a exata avaliação do conforto térmico pela utilização de índices. Sendo assim, os animais estudados foram classificados dentro de faixas de temperatura capazes de proporcionar conforto, calor e frio. Durante a execução do experimento, foi possível realizar coletas sonoras em diferentes dias, obtendo-se valores variando entre 21 e 35°C.

Considerando todos os animais envolvidos no estudo, observa-se uma maior duração média das vocalizações em animais submetidos à faixa de temperatura de

conforto, valores estes que diferem de forma significativa da duração das chamadas emitidas por leitões submetidos a condições de altas e baixas temperaturas. Os valores médios da duração das vocalizações emitidas por animais sadios e com artrite apresentam também valores superiores, quando estes são mantidos em temperaturas capazes de proporcionar conforto (Figura 27). Animais sadios mantidos à temperatura ambiental abaixo e acima da zona de conforto, emitem duração média das chamadas maiores do que os animais com artrite em mesmas condições térmicas.

Figura 27 - Duração média das vocalizações emitidas por leitões sadios e com artrite sob diferentes sensações térmicas em função da temperatura do ambiente

Os resultados obtidos quanto à duração das chamadas, frente a diferentes temperaturas, diferem dos resultados obtidos em estudos realizados por Weary, Ross e Fraser (1997), que perceberam uma maior duração das vocalizações em leitões expostos a temperaturas abaixo de sua zona de conforto em relação à duração das chamadas emitidas por animais expostos à temperatura de conforto.

Vocalizações mais curtas em situação de desconforto térmico ocasionado por altas temperaturas, principalmente em animais sadios, podem ser explicadas pela necessidade do animal em tentar diminuir sua perda energética, entrando em uma situação de prostração; do mesmo modo, animais que mantêm suas atividades plenas pela ausência de esforços termorregulatórios em situação térmica favorável refletem maior estímulo para vocalizar.

A intensidade sonora (dB) das vocalizações emitidas pelos leitões em condições saudáveis varia de forma significativa entre os sons produzidos em diferentes

temperaturas ambientais (Tabela 18). Independente da condição patológica em que os animais estudados se encontravam foi observada menor intensidade sonora média na vocalização de animais mantidos em temperatura de conforto. De acordo com os dados originais, estes valores de intensidade sonora frente a uma temperatura de conforto, alcançam valores médios para animais sadios e com artrite, respectivamente, de 77 e 79dB.

Tabela 18 - Médias da intensidade sonora presente na vocalização de animais sadios e com artrite em relação à sensação térmica ocasionada pela variação na temperatura do ambiente

Sensação térmica animal	Intensidade Sonora (dB)**	
	Condição dos animais*	
	Sadio	Artrite
Frio	$5,76 \times 10^{19}$ aA	$5,72 \times 10^{19}$ aA
Conforto	$5,56 \times 10^{19}$ bA	$4,97 \times 10^{19}$ bB
Calor	$6,36 \times 10^{19}$ cA	$5,68 \times 10^{19}$ acB

**Dados Transformados ($X^{10,4}$).

*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Em condições adversas ao conforto ocasionado pelas temperaturas ideais a partir da faixa etária de cada animal, os animais que tiveram o registro de suas vocalizações efetuado em momentos de temperaturas desconfortáveis, tanto pelo aumento como pela diminuição da temperatura do ambiente, revelaram intensidades sonoras mais elevadas. Nos animais sadios, o aumento desta variável acústica foi ainda mais acentuado em situações em que a temperatura estava elevada em relação à faixa de temperatura considerada confortável, de acordo com a faixa etária de cada animal.

Estudos realizados por Borges (2008) demonstram que a intensidade sonora produzida por um grupo de suínos em fase de creche varia sob diferentes temperaturas, tendendo a um aumento desta variável à medida que a temperatura se eleva, concordando com o presente trabalho; entretanto, a exposição dos animais a temperaturas extremas (altas temperaturas) acaba por diminuir a intensidade sonora das chamadas em função de um quadro de prostração dos animais. Como o presente estudo foi realizado em condições de campo e em leitões durante a fase de

maternidade, não foi possível submeter os animais a temperaturas extremas, acima da faixa de conforto. Desta forma, os animais não alcançaram um estado de letargia.

A frequência fundamental média presente nas vocalizações dos leitões com artrite, sob diferentes temperaturas ambientais, não foi significativa no modelo. Para os animais sadios, os valores médios referentes à frequência fundamental foram significativamente diferentes entre os animais em situação de frio, calor ou conforto. As vocalizações mais graves foram observadas em animais classificados dentro de uma condição de conforto, levando em consideração a temperatura do ambiente no momento da aquisição sonora, tendo como frequência média, em dados originais, uma vocalização de 349Hz. Sob altas temperaturas, os animais emitem vocalizações mais agudas do que em outras condições térmicas, atingindo valores médios de frequência fundamental de 486Hz. Em condições de baixas temperaturas, a frequência fundamental média revelou-se intermediária às frequências presentes em vocalizações emitidas em temperaturas altas e de conforto, alcançando, assim, valores médios de 359Hz. Suínos adultos em fase de terminação produzem um maior número de vocalizações em alta frequência, quando expostos a temperaturas abaixo de 16°C (HILLMANN et al., 2004).

As formantes presentes na vocalização dos animais sadios revelaram valores mais elevados em todas as séries de frequências estudadas no momento em que os animais se encontravam em condições de altas temperaturas. Desta forma, em condições de altas temperaturas, para os animais saudáveis, as séries revelam que as frequências de ressonância acompanham o desconforto dos animais (Figura 19).

Tabela 19 - Média das frequências harmônicas (dados transformados) presentes na vocalização de leitões sadios e com artrite sob diferentes sensações térmicas em função da temperatura

A primeira formante (Figura 19a) revelou diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as faixas de temperatura estabelecidas tanto em animais sadios como para animais doentes. A comparação entre a primeira série de frequência harmônica presente nas vocalizações de animais doentes e sadios revelou um perfil oposto para os animais mantidos dentro de uma faixa onde a temperatura é confortável; os dados originais presentes na tabela 20, revelaram que a frequência média da primeira harmônica varia em 101Hz entre animais sadios e com artrite.

As médias da segunda formante (Figura 19b) presentes na vocalização de animais sadios apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as faixas de temperatura de conforto, frio e calor. No entanto, o mesmo não ocorre para animais com artrite, em que se verificou ausência de diferenças significativas ($P > 0,05$) entre animais mantidos a baixas temperaturas ou em temperaturas de conforto. As médias da segunda formante não revelaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre animais sadios e com artrite em condições de altas e baixas temperaturas.

Tabela 20 – Frequências harmônicas (Hz)* presentes na vocalização de leitões sadios e com artrite em diferentes condições de temperatura, de acordo com a demanda térmica nas diferentes idades

Formantes* (Hz)	Sensação térmica					
	Frio		Conforto		Calor	
	Sadios	Doentes	Sadios	Doentes	Sadios	Doentes
F1	1246	1297	1222	1323	1369	1292
F2	2326	2264	2279	2204	2398	2287
F3	3160	3224	3121	3170	3232	3152
F4	3895	3951	3843	3894	3903	3849

* Dados originais

A terceira formante (Figura 19c) presente na vocalização de animais com artrite e sadios variou ($P < 0,05$) nas três temperaturas estudadas, entretanto não houve variação ($P > 0,05$) da frequência da terceira e da quarta série harmônica entre animais com artrite e sadios mantidos sob temperaturas de conforto.

Nos animais sadios, fora da faixa de conforto, as formantes elevaram seus valores, diferentemente do que aconteceu com os animais expostos à temperatura de conforto. Esta variação pode estar relacionada à alteração da vascularização corporal na tentativa de dissipar ou reter calor. Alteração do volume sanguíneo presente na musculatura, ocasionada por um processo de vasoconstrição e vasodilatação pode produzir variações na ressonância das frequências devido a uma leve alteração do volume muscular presente nas vias aéreas superiores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da mesma forma com que muitos pesquisadores acreditam que o bem-estar animal não possa ser avaliado apenas pela ausência de experiências negativas no sistema de produção, a vocalização não pode ser interpretada como um método baseado apenas no repertório acústico dos animais. A vocalização dos animais é uma forma de expressão capaz de retratar alterações fisiológicas de acordo com cada situação vivenciada pelos animais, sejam elas em decorrência de uma disfunção física, psicológica ou ambiental. As características inerentes a cada animal fornecem condições suficientes para alterar mecanismos biológicos envolvidos na produção das vocalizações, de forma que, mesmo avaliando um mesmo tipo de vocalização, os parâmetros acústicos presentes revelam-se flexíveis.

A variabilidade dos parâmetros acústicos, observados em função das diferentes condições propostas no presente estudo, retrata a necessidade de estabelecer maior acurácia no desenvolvimento de pesquisas relacionadas à vocalização dos animais de produção. Uma vez a vocalização, capaz de exprimir de forma plena as sensações e alterações psicofisiológicas dos animais, é importante estabelecer critérios para categorizar o maior número de informações possíveis que possam comprometer o ciclo de vida dos animais estudados, para que este método de avaliação do bem-estar animal retrate com veracidade as situações propostas.

A implementação de sistemas, amparados pela inovação tecnológica, pode aperfeiçoar e aumentar a produtividade do plantel. Desta forma, espera-se que os resultados revelados no presente estudo sirvam como fonte elementar de informação a estudos subsequentes, objetivando o desenvolvimento de métodos de aquisição e interpretação sonora em sistemas de produção, de forma que as sensações dos animais possam ser interpretadas pela vocalização, permitindo as intervenções necessárias para garantir o bem-estar animal.

6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pela pesquisa, nas condições em que foi realizado o experimento, pode-se concluir que:

a vocalização de animais com artrite é diferente da vocalização de animais sadios, sendo melhor caracterizada pela duração, intensidade sonora, primeira e segunda formantes das chamadas produzidas, em que estes valores se revelam diminuídos em animais com artrite;

a variação do nível de intensidade da lesão pode ser claramente identificada pela intensidade sonora, frequência fundamental, primeira e segunda formantes, nas quais estes valores médios tendem a diminuir à medida que o nível da lesão aumenta;

a idade dos animais sadios pode ser estimada, definindo-os quanto a animais mais jovens e mais velhos pela variação da duração, intensidade sonora, frequência fundamental, 2ª, 3ª e 4ª formantes presentes na vocalização dos animais;

leitões são animais ainda muito jovens para que haja variações consideráveis entre os parâmetros acústicos de machos e fêmeas, no entanto a intensidade sonora em animais sadios revelou-se eficiente para supor a variação entre gêneros;

variáveis acústicas, como a duração das chamadas, intensidade sonora e frequência fundamental são bons parâmetros para estimar a sensação de desconforto por altas temperaturas em leitões lactentes sadios;

a massa corpórea dos animais sadios utilizados no presente estudo pouco influenciou de forma clara a variação dos parâmetros acústicos para que esses possam ser determinísticos de tal característica;

a condição de artrite revelou-se um limitante para expressar conclusões sobre os parâmetros acústicos presentes na vocalização em relação ao peso, massa corporal, idade, gênero e temperatura do ar.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, A.A.F.; VIANNA, W.L.; CARVALHO, L.F.O.S.; MORETTI, A.S. Causas de mortalidade de leitões neonatos em sistema intensivo de produção de suínos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 41, p. 86-91, 2004.
- ALMEIDA, M.N.; GHELLER, N.B.; LIPPKE, R.T.; MORES, T.J.; OLIVEIRA, F.T.; BERNARDI, M.L.; CORBELLINI, L.G.; BARCELLOS, D.E.S.N. Fatores que contribuem para a falta de uniformidade de suínos de terminação. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 37, n. 1, p. 31-37, 2009.
- APPLEBY, M.; WEARY, D.M.; TAYLOR, A.A.; ILLMANN, G. Vocal communication in pigs: Who are nursing piglets screaming at? **Ethology**, Berlim, v. 10, n. 5, p. 881–892, 1999.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais**. Viçosa: Ed. UFV, 1997. 246 p.
- BOERSMA, P.; WEENINK, D. **Praat**: doing phonetics by computer (v. 5.1.19). Institute of Phonetic Sciences of the University of Amsterdam. Disponível em: <www.praat.org>. Acesso em: 05 jan. 2009.
- BORGES, G. **Utilização da pressão sonora (ruído) como indicativo de bem-estar animal na produção industrial de suínos**. 2008. 139 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- BRANCO, A.; FAKETE, S.M.W.; RUGOLO, L.M.S.S.; REHDER, M.I. Valor e variações da frequência fundamental no choro de dor de recém-nascidos. **Revista CEFAC**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 529-35, 2006.
- BROOM, D.M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, London, v. 142, p. 524-526, 1986.
- BROOM, D.M.; JOHNSON, K.G. **Stress and animal welfare**. London: Chapman Hall, 1993. 221 p.
- BROOM, D.M.; MOLENTO, C.F.M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – Revisão. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2004.
- CHEDAD, A.; MOSHOU, D.; AERTS, J.M.; HIRTUM, A. Van; RAMON, H.; BERCKMANS, D. Recognition system for pig cough based on probabilistic neural networks. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 79, p. 449-457, 2001.
- COOLEY, J.W.; TUKEY, J.W. An algorithm for the machine calculation of complex fourier series. **Mathematics of Computation**, Providence, v. 19, p. 297–301, 1965.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 1983. 409 p.

CUTLER, R.S.; FAHY, V.A.; SPICER, E.M.; CRONIN, G.M. Preweaning mortality. In: STRAW, B.E.; D'ALLAIRE, S.; MENGELING, W.L.; TAYLOR, D.J. (Ed.). **Diseases of swine**. 8th ed. Oxford: Blackwell Science, 1999. p. 985-1001.

DUNKAN, I.J.H. Science-based assessment of animal welfare: farm animals. **Revue Scientifique et Technique-Office International des Épizooties**, Paris, v. 24, n. 2, p. 483-492, 2005.

DÜPJAN, S.; SCHÖN, P.; PUPPE, B.; TUCHSCHERER, A.; MANTEUFFEL, G. Differential vocal responses to physical and mental stressors in domestic pigs (*Sus scrofa*). **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 114, p. 105-115, 2008.

EXADAKTYLUS, V.; SILVA, M.; AERTS, J.M.; TAYLOR, C.J.; BERKMANS, D. Real-time recognition of sick pig cough sounds, **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 63, n. 2, p. 207-214, 2008.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL. Disponível em: <www.fawc.org.uk/pdf/fivefreedoms1979.pdf>. Acesso em: 05 out. 2009.

FERNANDES, J.C. **Acústica e ruídos**: apostila do curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Bauru: UNESP, 2002. 51 p.

FERRARI, S.; SILVA, M.; GUARINO, M.; AERTS, J.M.; BERKMANS, D. Cough sound analysis to identify respiratory infection in pigs. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 64, p. 318-325, 2008.

FRASER, D. Vocalizations of isolated piglets. I. Sources of variation and relationships among measures. **Applied Animal Ethology**, Amsterdam, v. 1, p. 387-394, 1975.

_____. Vocalizations of isolated piglets. II. Some environmental factors. **Applied Animal Ethology**, Amsterdam, v. 2, p. 19-24, 1975.

FRIEDMAN, A.H.; RINGEL, R.L. Evaluation of drug action using spectrographic analysis of evoked vocalization. **International Journal of Neuropharmacology**, New York, v. 5, p. 85-89, 1966.

GARCIA, E.A.C. **Biofísica**. São Paulo: Savier, 2002. 387 p.

GERGES, S.N.Y. **Ruído**: fundamentos e controle. 2. ed. Florianópolis: UFSC, DEM, 2000. 696 p.

GEVERINK, N.A.; SCHOUTEN, W.G.P.; GORT, G.; WIEGANT, V.M. Individual differences in behavioral and physiological responses to restraint stress in pigs. **Physiology and Behavior**, New York, v. 77, p. 451-457, 2002.

GRAUVOGL, A. **Über das Verhalten des Hausschweines unter besonderer Berücksichtigung des Fortpflanzungsverhaltens**. 1958. 81 p. Dissertation (Inaugural) - Freie Universität, Berlin, 1958.

GUARINO, M.; JANS, P.; COSTA, A.; AERTS, J.M.; BERCKMANS, D. Field test of algorithm for automatic cough detection in pig houses. **Computers and electronics in agriculture**, Amsterdam, v. 62, p. 22-28, 2008.

HAN, J.S.; BIRD, G.C.; LI, W.; JONES, J.; NEUGEBAUER, V. Computerized analysis of audible and ultrasonic vocalizations of rats as a standardized measure of pain-related behavior. **Journal of Neuroscience Methods**, Amsterdam, v. 141, p. 261-269, 2005.

HESSING, M.J.C.; HAGELSO, A.M.; VAN BEEK, J.A.M.; WIEPKEMA, P.R.; SCHOUTEN, W.G.P.; KRUKOW, R. Individual behavioural characteristics in pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 37, p. 285-295, 1993.

HILLMANN, E.; MAYER, C.; SCHÖN, P.; PUPPE, 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., SPINKA, M., STETKOVÁ, 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, n. 3, p. 237-248, 1984.

JOHANSEN, M.; ALBAN, L.; KJAERSGARD, H.D.; BAEKBO, P. Factors associated with suckling piglet average daily gain. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 63, p. 91-102, 2004.

KOISHI, H.U.; TSUJI, H.; IMAMURA, R.; SENNES, L.U. Variação da intensidade vocal: estudo da vibração das pregas vocais em seres humanos com videoquimografia. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 69, n.4, p. 464-70, 2003.

LEIDIG, M.S.; HERTRAMPF, B.; FAILING, K.; SCHUMANN, A.; REINER, G. Pain and discomfort in male piglets during surgical castration with and without local anaesthesia as determined by vocalization and defence behaviour. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 116, p.174-178, 2009.

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

MARCHANT-FORDE, J.N.; BRADSHAW, R.H.; MARCHANT-FORDE, R.M.; 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. 287-296, 2003.

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.

MOBERG, G.P.; MENCH, J.A. (Ed.). **The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare**. Wallingford; Oxon: CABI International; 2000. 377 p.

MOLENTO, C.F.M. Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos – Revisão. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2005.

MORÉS, N. Estudos ecopatológicos na prevenção de doenças multifatoriais em suínos. In: ENCONTRO TÉCNICO DA ABRAVES - SC, 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa CNPSA, 2000. p. 37.

MORÉS, N.; AMARAL, A.L. Patologias associadas ao desmame. In: CONGRESSO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABRAVES, 2001. p. 215-224.

MORES, N.; ZANELLA, J.C. **Perfil sanitário da suinocultura no Brasil**. 2005. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_x1b40v7z.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2010.

MORES, N.; BRITO, M.A.V.P.; YAMAMOTO, M.T.; PEREIRA, M.A.C. Poliartrite em suínos de abatedouro: resultados preliminares das causas e características patológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 5., 1991, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: ABRAVES, 1991. p. 85.

MORES, N.; PIEROSAN, R.; AMARAL, A.L.; BARIONI JÚNIOR, W. Fatores de risco associados com artrites em suínos de abate. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 2, p. 133-140, 2003.

MOSHOU, D.; CHEDAD, A.; VAN HIRTUM, A.; DE BAERDEMAEKER, J.; BERCKMANS, D.; RAMON, H. Neural recognition system for swine cough. **Mathematics and Computers in Simulation**, Amsterdam, v. 56, p. 475-487, 2001.

MOURA, D.J.; SILVA, W.T.; NÄÄS, I.A.; TOLÓN, Y.A.; LIMA, K.A.O.; VALE, M.M. Real time computer stress monitoring of piglets using vocalization analysis. **Computers and Eletronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 64, n. 1, p. 11-18, 2008.

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

NARINS, P.M.; CAPRANICA, R.R. An automated technique for analysis of temporal features in animal vocalizations. **Animal Behaviour**, London, v. 25, p. 615-621, 1977.

NICASTRO, N. Perceptual and acoustic evidence for species-Level differences in meow vocalizations by domestic cats (*Felis catus*) and african wild cats (*Felis silvestris lybica*). **Journal of Comparative Psychology**, Washington, v. 118, n.3, p. 287-296, 2004.

PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O.; GUISELINI, C.; PIEDADE, S.M.S. Uso da lógica fuzzy na caracterização do ambiente produtivo para matrizes gestantes. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 83-92, 2007.

PIFFER, I.A.; PERDOMO, C.C.; SOBESTIANSKY, J. Efeito de fatores ambientais na ocorrência de doenças. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S.; SESTI, L.A.C. **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1998. cap. 13, p. 256 – 274.

PUPPE, B.; SCHÖN, P.C.; TUCHSCHERER, A.; MANTEUFFEL, G. Castration-induced vocalisation in domestic piglets, *Sus scrofa*: Complex and specific alterations of the vocal quality. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 95, p. 67–78, 2005.

REBY, D.; MCCOMB, K. Anatomical constraints generate honesty: acoustic cues to age and weight in the roars of red deer stags. **Animal Behaviour**, London, v. 65, p. 519-530, 2003.

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

SCHRADER, L.; TODT, D. Vocal quality is correlated with levels of stress hormones in domestic pigs. **Ethology**, Berlin, v. 104, p. 859–876, 1998.

SILVA, M.; EXADAKTYLOS, V.; FERRARI, S.; GUARINO, M.; AERTS, J.; BERCKMANS, D. The influence of respiratory disease on the energy envelope dynamics of pig cough sounds. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 69, p. 80-85, 2009.

SILVA, W.T. **Desenvolvimento de um sistema para estimativa de bem-estar a partir de dados de vocalização de suínos**. 2008. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SMITH, J. Ambulatory methods for recording cough. **Pulmonary Pharmacology & Therapeutics**, Amsterdam, v. 20, p. 313-318, 2007.

SMOTHERMAN, M.S. Sensory feedback control of mammalian vocalizations. **Behavioural Brain Research**, Amsterdam, v. 182, p. 315-326, 2007.

SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S.; SESTI, L.A.C. **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: EMBRAPA, SPI; Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1998. 388 p.

SOBESTIANSKY, J.; BARCELLOS, D.; MORES, N.; CARVALHO, L.F.; OLIVEIRA, S. **Clínica e patologia suína**. 2. ed. Goiânia: Art 3, 1999. 464 p.

TAYLOR, A.A.; WEARY, D.M. Vocal response of piglets to castration: identifying procedural sources of pain. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 17-26, 2000.

TAYLOR, A.A.; WEARY, D.M.; LESSARD, M.; BRAITHWAITE, L. Behavioural responses of piglets to castration: the effect of piglet age. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 73, p. 35-43, 2001.

TOKUDA, I.; RIEDE, T.; NEUBAUER, J.; OWREN, M.J.; HERZEL, H. Nonlinear analysis of irregular animal vocalizations. **Journal of the Acoustical Society of America**, New York, v. 111, n. 6, p. 2908-2919, 2002.

TURNER, G.V.S.; COLLETT M.G.; VEARY C.M.; KRUGER C. Arthritis in slaughter pigs. **Journal of the South African Veterinary Association**, Centurion, v. 62, n. 3, p. 107-109, 1991.

VAN HIRTUM, A.; BERKMANS, 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.

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 Eletronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 64, p. 2-10, 2008.

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. Calling by domestic piglets: reliable signals of need? **Animal Behaviour**, London, v. 50, p. 1047-1055, 1995.

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.

WEARY, D.M.; BRAITHWAITE, L.A.; FRASER, D. Vocal response to pain in piglets. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 56, p. 161-172, 1998.

WEARY, D.M.; ROSS, S.; FRASER, D. Vocalizations by isolated piglets: a reliable indicator of piglet need directed towards the sow. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 53, p. 249-257, 1997.

WEARY, D.M.; NIEL, L.; FLOWER, F.C.; FRASER, D. Identifying and preventing pain in animals. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 100, p. 64-76, 2006.

WHITTEMORE, C.T.; FRASER, D. The nursing and suckling behaviour of pigs. II. Vocalization of the sow in relation to suckling behaviour and milk ejection. **British Veterinary Journal**, London, v. 130, n. 4, p. 346-356, 1974.

YEON, S.C.; JEON, J.H.; HOUPPT, K.A.; CHANG, H.H.; LEE, H.C.; LEE, H.J. Acoustic features of vocalizations of Korean native cows (*Bos taurus coreanea*) in two different conditions. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 101, p. 1-9, 2006.