



Alexandra Ferreira da Silva Cordeiro

**CLASSIFICAÇÃO DE CONDIÇÕES DE ESTRESSE, GASTO ENERGÉTICO E
IDENTIFICAÇÃO DE SUINOS A PARTIR DE SUA VOCALIZAÇÃO.**

Campinas

2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Alexandra Ferreira da Silva Cordeiro

**CLASSIFICAÇÃO DE CONDIÇÕES DE ESTRESSE, GASTO ENERGÉTICO E
IDENTIFICAÇÃO DE SUINOS A PARTIR DE SUA VOCALIZAÇÃO.**

Orientadora: Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da
Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Engenharia
Agrícola.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A VERSÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA ALEXANDRA
FERREIRA DA SILVA CORDEIRO E ORIENTADA PELA
PROF^a. IRENILZA DE ALENCAR NAAS.

Errata- onde se lê: "...obtenção do título-
de Doutor em Engenharia Agrícola."
Leia-se: "...obtenção do Título de Doutora
em Engenharia Agrícola, na área de
concentração de Construções Rurais e Ambiente."

Assinatura do Orientador

Prof. Dr. ZÍGOMAR MENEZES DE SOUZA
Matrícula 23041-2
Coordenador de Pós-Graduação
FEAGRI/UNICAMP

Campinas

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

C811c Cordeiro, Alexandra Ferreira da Silva
Classificação de condições de estresse, gasto
energético e identificação de suínos a partir de sua
vocalização / Alexandra Ferreira da Silva Cordeiro. --
Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Irenilza de Alencar Nääs.
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Bem-estar. 2. Suíno - Confinamento. 3. Suíno -
Vocalização. 4. Processamento de sinais - Análise
espectral. 5. Mineração de dados. I. Nääs, Irenilza de
Alencar, 1951-. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Classification of stress conditions, energy expenditure and
identification of pigs from your vocalization

Palavras-chave em Inglês: Well-being, Swine - Confinement, Swine -
Vocalization, Signal processing - Analyze spectral,
Data mining

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiente

Titulação: Doutora em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Fabiana Ribeiro Caldara, Mario Mollo Neto, Stanley
Robson de Medeiros Oliveira, Daniella Jorge de Moura

Data da defesa: 14-08-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

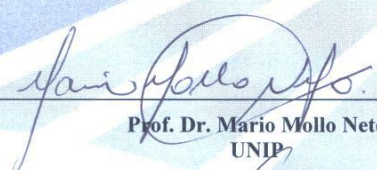
Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Alexandra Ferreira da Silva Cordeiro**, aprovada pela Comissão Julgadora em 14 de agosto de 2012, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Profa. Dra. Irenilza de Alencar Nääs – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp



Profa. Dra. Fabiana Ribeiro Caldara - Membro Titular
UFGD



Prof. Dr. Mario Mollo Neto
UNIP



Prof. Dr. Stanley Robson de Medeiros Oliveira - Membro Titular
Embrapa/CNPTIA



Profa. Dra. Daniella Jorge de Moura - Membro Titular
Feagri/Unicamp

Dedicatória

Dedico,

A Deus, por que Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas (Romanos 11:36). Foi Ele quem me deu vida, saúde e inteligência para conquistar este Título.

Aos meus pais Sebrino e Nazaré, pelo apoio, incentivo e participação durante toda minha vida escolar e acadêmica.

Ao meu esposo Francisco de Assis, pela compreensão, companheirismo e apoio durante esta jornada.

A minha filha Gabriela, por entender minha ausência e incentivar minhas conquistas.

Agradecimentos

A minha orientadora Prof^ª Irenilza Nääs, por me conduzir nesta etapa da vida acadêmica.

A Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, pelo apoio a esta pesquisa.

Aos docentes do curso de pós- graduação da Feagri- Unicamp, pela contribuição em nossa formação.

Ao prof. Fábio Violaro da Faculdade de Engenharia Elétrica, pelo apoio, incentivo e participação fundamental no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao prof. Stanley Robson Medeiros pelas contribuições indispensáveis nesta pesquisa.

A equipe do laboratório de ambiência da Feagri- Unicamp que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, em especial a Andréia Almeida, Diego Pereira Neves, Brenda Medeiros, Ana Paula de Assis Maia, Marta Baracho, Rimena Vercellino, Fabiana Gonçalves Lima, Flavia Jacob e Felipe Leitão.

A toda equipe da granja que colaboraram com esta pesquisa.

A Fapesp, pela concessão de bolsa.

RESUMO

Entre os desafios da suinocultura no atual mercado competitivo destaca-se a rastreabilidade do produto que garante entre muitos pontos a questão do bem estar animal. O objetivo dessa pesquisa é estimar o gasto energético da vocalização de leitões em situação de dor e identificar suínos e sua condição de estresse pela sua vocalização. A primeira hipótese é que é possível estimar a energia gasta na vocalização. A segunda é que é possível identificar suínos pela sua vocalização e a terceira é que é possível identificar o estado de bem-estar ou estresse de suínos pela sua vocalização. Para tanto foram realizados três experimentos em granja comercial da cidade de Holambra- SP. No primeiro experimento foi analisada a vocalização de dois grupos de leitões durante a castração, um grupo com anestesia local e outro sem anestesia. A energia emitida no sinal vocal foi processada no *software* Matlab[®]. No segundo foi realizado a gravação da vocalização dos animais durante a caudectomia, marcação e castração. No terceiro experimento foi realizada a gravação da vocalização de leitões nas fases de maternidade, creche, crescimento e terminação em diferentes situações de estresse: sem estresse e com estresse térmico, fome, sede e dor. Para análises dos sinais de sons foi utilizado o *software* Praat[®]. Foi possível estimar a energia gasta na vocalização dos suínos e identificar condições de estresse pela sua vocalização. Porém, não foi possível identificar os animais pela sua vocalização.

Palavras-chaves: bem-estar, expressão vocal, rastreabilidade, gasto energético.

ABSTRACT

Among the challenges in today's competitive market hog stands out for the product traceability, that ensures many points between the issue of animal welfare. The objective of this research is to estimate the energy expenditure of the vocalization of piglets in a situation of pain and identify pigs and their stress condition for their vocalization. The first hypothesis is that it is possible to estimate the energy expended in vocalization. The second is that pigs can be identified by their vocalizations, and the third is that it is possible to identify the state of well-being or stress of pigs by their vocalization. For this purpose, two experiments were conducted in commercial farm, in the city of Holambra-SP. In the first experiment, we analyzed the vocalizations of two groups of piglets during castration, one group with local anesthesia and the other without anesthesia. The energy emitted in the voice signal was obtained in Matlab ®. In the second experiment we analyzed the vocalizations of piglets during caudectomy, marking and castration. In the third experiment, it was performed recording of the vocalization of piglets in the stages of farrowing, nursery, growing and finishing in different situations of stress: no stress and thermal stress, hunger, thirst and pain. The software Praat® was used for analyzing of sound signals. It was possible to estimate the energy expended in the vocalization of pigs, and identify the stress conditions by using their vocalization as input variable. However, it was not possible to identify animals by their vocalization.

Key words: well-being, vocal expression, traceability, energy expenditure

Índice

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo geral	3
2.2	Objetivos específicos	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	Suinocultura	4
3.2	Bem- estar de suínos	5
3.3	Rastreabilidade.....	6
3.4	Vocalização de animais	7
3.5	Atributos acústicos.....	9
3.6	Técnicas de Mineração de Dados	10
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
4.1	Descrição da granja:.....	14
4.2	Coletas de sinais vocais:	17
4.3	Experimento 1:.....	18
4.3.1	Descrição do experimento:	18
4.3.2	Análise do som	20
4.3.3	Índice Zootécnico	21
4.4	Experimento 2.....	22
4.4.1	Descrição do experimento:	22
4.4.2	Análises dos sons.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
	Capítulo I.....	34
	Capítulo II.....	49
	Capítulo III	58
	Capítulo IV	69
	Capítulo V	83
6	CONCLUSÕES GERAIS	95
7	RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS	97
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema da onda sonora, onde λ representa o comprimento de onda e y representa a amplitude da onda.....	10
Figura 2. Tarefas de Mineração de dados (adaptado de REZENDE, 2003).....	11
Figura 3. Vista externa do galpão de maternidade e creche.	14
Figura 4. Esquema dos galpões de maternidade e creche e de crescimento e terminação da granja onde os experimentos foram realizados.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 5. Baia de maternidade.....	16
Figura 6. Baias de creche.....	16
Figura 7. Presença de sombrite.....	17
Figura 8. Abertura na cumeeira do telhado.	17
Figura 9. Microfone unidirecional Yoga.	17
Figura 10. Gravador digital Marantz PMD 660.	17
Figura 11. Pesagem do leitão antes da castração.....	18
Figura 12. Pesagem do leitão após a castração.....	18
Figura 13. Caixa de madeira usada para contenção do leitão.....	19
Figura 14. Aplicação do anestésico lidocaína nos testículos.....	19
Figura 15. Incisão nos testículos com bisturi.	19
Figura 16. Marcação na orelha pelo método Australiano.....	21
Figura 17. Animal isolado no corredor durante gravação.	24
Figura 18. Estresse por dor, aperto firme do animal pelo tratador.	24
Figura 19. Tecido emborrachado preso à porca impedindo o acesso a amamentação. ..	24
Figura 20. Leitões impedidos de mamar devido ao tecido emborrachado.	24
Figura 21. Leitões após a restrição de amamentação.	25
Figura 22. Animais agrupados durante estresse por frio.	25
Figura 23. Comedouro circular sem ração durante estresse por fome.....	26
Figura 24. Estresse por dor a partir de um aperto forte no animal pelo tratador.....	27
Figura 25. Animais disputando pelo bebedouro após estresse por sede.....	27
Figura 26. Estrutura de aço e madeira construída usada para coleta dos sons.	28

Figura 27. Em (a) baia subdividida em duas metades com a caixa de madeira interrompendo a passagem entre elas e os animais confinados em uma das metades antes das gravações. Em (b) animal dentro da caixa durante gravação. Em (c) animal saindo da caixa após gravação.	29
Figura 28. Animais disputando lugar no bebedouro após o estresse por sede.	30
Figura 29. Gravação da vocalização do animal dentro da caixa de madeira.	30

Índice de Tabelas

Tabela 1. Esquema da matriz de confusão.	12
Tabela 2. Descrição das condições de estresse em que os animais foram submetidos. .	20
Tabela 3. Descrição das situações de estresse a serem utilizadas no experimento.	22
Tabela 4. Atributos referentes aos sinais acústicos.	31

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Na economia globalizada, a suinocultura busca a competitividade de seus produtos para atrair o consumidor atual, que é cada vez mais exigente. Preço, qualidade e biossegurança é o tripé do êxito no comércio de produtos alimentícios, pois as exigências para este mercado estão se tornando cada vez mais rigorosas.

Entre os desafios da suinocultura neste mercado competitivo, destaca-se a preocupação com o meio ambiente, o bem estar do animal e a transmissão de microorganismos dos animais aos seres humanos, tanto pelo contato direto com os animais, quanto pelo consumo da carne, além da relevante questão dos resíduos de drogas veterinárias no alimento. Os grandes progressos nas áreas de melhoramento genético, nutrição e outros manejos viabilizaram a produção de maior número de animais por área, aumentando o risco sanitário. A ocorrência de doenças na suinocultura eleva a taxa de mortalidade, diminui o desempenho produtivo dos animais, aumenta gastos com medicamentos e honorários veterinários, além de representar riscos sanitários aos seres humanos envolvidos com a produção e consumo desses animais. O estresse aumenta a predisposição a doenças, porque o cortisol, um dos principais hormônios envolvidos com o estresse, além de ter efeito negativo sobre a produtividade, atua como imunossupressor.

Para garantir o bem estar dos animais é indispensável o uso da rastreabilidade, que é a capacidade de recuperação de histórico, da aplicação ou da localização de um item por meio de identificação registrada. Assim, dados como data de nascimento, origem, raça, informações sobre o manejo, sanidade, normas ambientais e bem estar animal podem ser registrados e consultados quando necessário.

Com o crescimento da suinocultura e da concentração de animais por unidade de produção, o registro de dados de cada animal torna-se cada vez mais difícil. Segundo Wismans (1999), a União Européia preconiza a identificação de todos os animais (bovinos, suínos, caprinos e ovinos) para total controle do nascimento até a linha de abate, definindo um padrão mundial para dispositivos eletrônicos de identificação, assegurando a

compatibilidade entre os sistemas dos diferentes fabricantes e possibilitando uma projeção do registro e identificação de todos os animais.

Os sistemas automáticos de identificação eletrônica por meio de *transponders* podem auxiliar na detecção e controle de doenças, resposta fisiológica ao estresse, ingestão de alimentos, atividade física e impacto ambiental causado pelo sistema de produção e garante maior eficiência do gerenciamento da granja. Entre as desvantagens do uso dos *transponders* destaca-se a migração deles pelo corpo do animal, o que pode afetar órgãos vitais e dificultar a recuperação desses *microchips* nos abatedouros. Estes sistemas de identificação têm custo elevado principalmente pelo custo individual do *transponder*, o que onera o custo de produção do produto final diminuindo sua competitividade.

Existem evidências de que cada animal possua características individuais na vocalização. Os animais utilizam a vocalização como forma de comunicação entre indivíduos da mesma espécie (GRANDIN, 1998). A vocalização também tem sido estudada como ferramenta para medir o bem estar animal (MARX et al., 2003).

O desenvolvimento de um programa computacional capaz de identificar o animal e o significado das suas chamadas (fome, sede, calor, frio, dor), além de garantir a rastreabilidade do animal por um custo baixo, pode também auxiliar na detecção e localização de animais com hipertermia, dor ou ainda com tosse, o que poderia ser indicativo de alguma doença, que quanto antes identificado e o animal isolado e tratado, maiores as chances de evitar proliferação na granja. Pode ainda identificar animais sofrendo algum tipo de estresse, problema que poderia ser resolvido tão logo detectado a causa.

Esta pesquisa apresenta três hipóteses: a primeira hipótese é que é possível estimar a energia gasta na vocalização; a segunda é que é possível identificar suínos pela sua vocalização e a terceira é que é possível identificar o estado de bem-estar ou estresse de suínos pela sua vocalização.

A seguir serão apresentados os objetivos, revisão bibliográfica e material e métodos utilizados nesta pesquisa. Posteriormente serão apresentados cinco artigos científicos contendo os resultados encontrados.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

Estabelecer o padrão individual da vocalização de suínos submetidos a diferentes situações de estresse e em diferentes idades.

2.2 *Objetivos específicos*

- 1- Identificar suínos individualmente pela sua vocalização.
- 2- Identificar condições e nível de estresse em suínos pela sua vocalização.
- 3- Estimar a energia despendida na vocalização de dor e sua correlação com a possível perda de peso do animal e o seu desempenho produtivo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico será apresentado uma breve revisão sobre suinocultura, bem-estar de suínos, rastreabilidade, vocalização dos animais e técnicas de mineração de dados.

3.1 *Suinocultura*

A carne suína é a mais consumida no mundo e o Brasil é um importante exportador de carne suína.

No Brasil as instalações para criação de suínos são bastante padronizadas. Em geral os galpões têm de 10 a 14 metros de largura e pé- direito de 3 a 3,5 metros, com laterais abertas e utilização de cortinas. São construídos com o eixo longitudinal no sentido leste-oeste evitando entrada de radiação solar pelas laterais do galpão nas horas mais quentes do dia.

Na maioria das vezes, as granjas têm no mínimo quatro tipos de instalações diferentes destinados aos animais em diferentes idades: maternidade, creche, crescimento e terminação. A maternidade é composta por baias com gaiolas parideiras para as porcas, escamoteador para aquecimento dos leitões e corredor nas laterais da gaiola parideira para aleitamento dos leitões. Pandorfi et al. (2005) avaliaram a eficiência de diferentes sistemas de aquecimento em abrigos escamoteadores e encontrou que a lâmpada incandescente e a resistência elétrica foram os mais eficientes do ponto de vista térmico e técnico-econômico.

A creche é composta por baias de piso parcial ou totalmente ripados, com paredes de 50 a 70 cm de altura e área de 30 a 35 cm² por animal. Deve se ter um sistema de aquecimento a gás, luz ou lenha para dias com temperaturas amenas. De acordo com Silva (1999), a temperatura de conforto para leitões na fase de creche varia de 24 a 28 °C.

As fases de crescimento e terminação podem ser na mesma instalação ou em instalações diferentes. Nesta instalação, o piso também pode ser parcial ou totalmente ripados, com área de aproximadamente 0,70 a 1 m² por animal. Uso de ventiladores é indispensável nestas fases, já que o suíno tem dificuldade em perder calor. De acordo com Manno et al. (2006), altas temperaturas na fase de crescimento mantém deposição de

proteína na carcaça, mas interfere negativamente no desempenho dos suínos em crescimento.

3.2 Bem-estar de suínos

Bem-estar animal é a combinação de aspectos subjetivos e objetivos das condições de vida dos animais, incluindo doença e saúde, manejo e modo de criação, sendo, portanto, uma idéia complexa e abstrata (FITZPATRICK et al., 2006).

A proteção aos animais é um tema de interesse geral da sociedade, que incorpora questões éticas, científicas, econômicas e políticas, tendo estreita relação com produtividade e saúde animal.

Dentre os pontos importantes para a definição de bem-estar animal, estão as cinco liberdades:

- (1) Liberdade psicológica (de não sentir medo, ansiedade ou estresse);
- (2) Liberdade comportamental (de expressar seu comportamento normal);
- (3) Liberdade fisiológica (de não sentir fome ou sede);
- (4) Liberdade sanitária (de não estar exposto a doenças, injúrias ou dor); e
- (5) Liberdade ambiental (de viver em ambientes adequados, com conforto).

Os principais problemas do confinamento, com relação ao bem-estar animal são privação psicológica e física, doenças de produção e pouco interesse pelo animal individualmente, ao se pensar apenas no rebanho como um todo. Além disso, os suínos estão sujeitos a fatores agressores que produzem dor, como a caudectomia, castração e corte de dentes (DUNCAN, 2005).

De acordo com Kiefer et al. (2009), suínos sob estresse por calor permaneceram mais tempo na posição em pé e dormindo, apresentaram maior frequência respiratória, temperatura retal e de superfície e menor ganho de peso em relação aos animais mantidos sob conforto térmico.

O estresse é uma resposta fisiológica do organismo, provocada pela alteração da homeostasia, que busca fornecer ao corpo subsídios para responder e adaptar-se a estas alterações. Estressores ambientais como temperatura, manejo, instalações, e conflitos sociais, aumentam a secreção endógena de ACTH (hormônio adrenocorticotrófico) que estimula a adrenal a produzir cortisol e esteróides sexuais, os quais inibem ou alteram a

secreção de hormônios gonodotróficos, causando problema de infertilidade ou baixa eficiência reprodutiva (TSUMA et al., 1998). O agente estressor provoca um estímulo nervoso que desencadeia alteração na dinâmica hormonal, levando ao aumento da secreção de catecolaminas e glicocorticóides, principalmente do cortisol. Os glicocorticóides, em conjunto com as catecolaminas, provocam alterações metabólicas visando mobilizar e fornecer energia para o organismo, através da lipólise, glicogenólise e da degradação de proteína, dando subsídios para que o corpo possa restabelecer o equilíbrio (GONZALES e SILVA, 2003). Este fato indica que ocorre gasto energético no combate ao estresse, o que pode onerar o custo de produção.

Silva et al. (2007) compararam as exigências normativas do Brasil, dos Estados Unidos da América, da Austrália e da União Européia considerando os pontos críticos para o bem estar de suínos em produção e encontrou que o Brasil é o país que dá menos atenção a este tema, além de não possuir uma legislação específica. Entretanto o Brasil é um importante exportador de carne suína no mundo e precisa se adequar as exigências internacionais quanto ao bem estar dos animais.

Segundo Fitzpatrick et al. (2006), métodos para mensurar objetivamente dor e bem estar em animais de produção precisam ser muito bem estudados para não se obter resultados incorretos.

3.3 Rastreabilidade

Segundo Silva et al (2004), a rastreabilidade é um processo crescente e irreversível decorrente dos avanços tecnológicos e da demanda do mercado importador.

A rastreabilidade pode ajudar o produtor a gerenciar de forma mais eficiente e rápida os dados zootécnicos alcançando maior produtividade, auxiliar os órgãos públicos no controle sanitário da indústria animal, e garantir ao consumidor alimentos seguros. A maior dificuldade para realização da rastreabilidade é a identificação do animal. Tatuagem, brincos plásticos e corte de orelha embora bastante usados são métodos invasivos e que prejudicam o bem estar animal, além disso são pouco seguros e podem perder informação com o tempo. Segundo Malucelli (2000), o controle da produção quando feito manualmente pode ter deficiências e acarretar em planilhas e relatórios não confiáveis .

Os identificadores eletrônicos como transponder injetável; brincos, anéis e colares com microchip acoplado e etiqueta RFID (identificação por radiofrequência) têm alto custo de implantação, onerando os custos de produção animal.

3.4 *Vocalização de animais*

Muitos autores têm estudado a vocalização como ferramenta para medir o bem estar animal (WEARY e FRASER, 1997; MARX et al., 2003; MANTEUFFEL e SCHON, 2004). Vocalização com baixa tonalidade, como grunhidos, são usados para manter contato social com membros do grupo, enquanto, muitas vocalizações com alta tonalidade semelhantes a gritos são mais usadas em estado de excitação (SCHRADER e TODT, 1998).

A maioria dos estudos em bioacústica em suínos procura encontrar chamadas características coerentes associadas com determinadas situações como desmama, castração e conflito social. De acordo com Weary e Fraser (1997), a vocalização é uma ferramenta útil para indicar estado de bem-estar ou estresse de um animal.

Poucos estudos de vocalização de suínos analisaram a relação entre comportamento vocal e resposta fisiológica como liberação de hormônio do estresse. Segundo Schrader e Todt (1998), uma resposta ao estresse como liberação de adrenalina, pode ser acompanhada por mudanças nas taxas de tipos específicos de vocalização, o que poderia ser indicativo de uma origem comum dessas duas reações no sistema nervoso central. Johnson et al. (1994) observaram porcos após receberem injeção de corticotrofina apresentaram altamente excitados, ativos e com aumento na taxa de vocalização. Estes resultados indicam relação entre hormônios do estresse e vocalização.

Segundo Kranendonk et al. (2006), a elevação do cortisol durante a gestação afetou características comportamentais dos leitões. Estes autores estudaram o comportamento da leitegada de porcas submetidas a tratamento com cortisol durante a gestação e encontraram que, leitões de porcas tratadas com cortisol, diminuíram o comportamento de brincadeiras e, quando colocados em ambiente diferente, aumentaram a locomoção e vocalização, em relação aos leitões de porcas que não foram tratadas com cortisol.

De acordo com Ikeda e Ishii (2008) é possível reconhecer mudanças fisiológicas pela análise das características da frequência dos sinais vocais. Estes autores avaliaram a

vocalização de vacas em dois estados de estresse fisiológicos diferentes, com fome e na separação da cria para desmama e encontraram que, a vocalização para separação da cria teve menor frequência ressonante que a vocalização de quando a vaca estava com fome.

Manteuffel e Schon (2004) desenvolveram um sistema para gravar e monitorar a quantidade de chamadas de estresse de suínos. Usando uma combinação de análises de sons, por predição linear e codificando uma rede neural artificial, foi possível detectar vocalização de animais estressados. O sistema foi programado para ser insensível a ruídos ambientais, falas humanas e outras vocalizações de suínos sem estresse. Jahns (2008) gravou 688 chamadas de 39 vacas e através do modelo HMMs conseguiu reconhecer o significado das chamadas das vacas.

De acordo com Marx et al. (2003), o desenvolvimento de uma classificação automática de tipos de chamada poderia ser usado como ferramenta para comparar situações de estresse de animais, com medidas objetivas. Segundo estes autores, parâmetros de emissão de energia, frequência e duração das chamadas, são particularmente apropriados para caracterizar o tipo de chamada. Os autores também encontraram que, a dor em leitões pode ser identificada por tipos de chamadas como gritos, um tipo de chamada que difere significativamente de outros tipos de chamadas características de leitões. Estas chamadas aumentam quando leitões estão com dor. A transformação das características da chamada, após anestesia local, também indicou uma relação entre vocalização e intensidade de dor. Leidig et al. (2009) compararam a vocalização de leitões durante a castração e encontrou que leitões castrados sem anestesia emitiram chamadas de estresse durante 50,8% do tempo total da castração enquanto leitões castrados com anestesia local emitiram vocalização de estresse em 30,7% do tempo. Segundo estes autores, a anestesia local pode melhorar o bem estar dos leitões durante a castração, porém não totalmente porque o animal ainda sofre com o estresse da apanha e manejo durante o procedimento.

De acordo com Cordeiro et al. (2009), a medida de vocalização de leitões indicou que há um gasto de energia envolvido no processo de emissão dos sons e que este valor aumenta em função do estresse a que o animal está submetido. A estimativa da energia perdida na vocalização e do correspondente peso perdido durante a castração pode justificar ainda mais a melhoria do bem estar dos animais nas granjas.

Outra aplicação prática do uso da vocalização é a detecção de doenças respiratórias. Silva et al. (2008) desenvolveram um algoritmo para localização de tossidos dentro da granja utilizando o tempo de chegada do som captado por diferentes microfones distribuídos nas baias e conseguiu localizar o local de origem dos tossidos. De acordo com estes autores esta informação pode ser útil para visualizar a distribuição de doenças respiratórias possibilitando o tratamento precoce e seletivo.

Segundo Schöen et al. (1999), as porcas expressam individualmente uma composição da frequência do grunhido. Puppe et al. (2003) estudaram o comportamento de leitões de diferentes porcas, enquanto estes escutavam por *play-back* a gravação de suas mães e encontraram que os leitões reagem a gravação da vocalização da sua mãe, escolhendo ficar mais perto desta fonte de vocalização, do que da fonte de vocalização de outras porcas.

Nääs et al. (2008), procurando reconhecer vocalizações relacionadas com padrões indicativos de bem estar em suínos, encontraram diferença entre os formatos de ondas e o espectro do som emitido pelas reprodutoras, concluindo que este fato demonstra que, a expressão de cada porca foi diferente, frente a um mesmo tipo de evento. Entretanto, estes autores não avaliaram se existia diferença entre os formatos de ondas e o espectro do som emitido pela mesma reprodutora, em diferentes situações de bem estar ou estresse, o que poderia indicar se estas características da vocalização são capazes de identificar um indivíduo.

Jahns et al. (1998) gravaram a vocalização de quatro vacas em diferentes situações (fome, calor, sede, antes de parir ou de amamentar) e avaliaram as diferenças intra e inter-individuais. Segundo este autor a estimativa do PSD (*Power Spectrum Density*) parece ser eficiente para reconhecer vacas individualmente, porém, para identificar o estado da vaca, este parâmetro deveria ser suplementado por outro. Estes autores consideram que, reconhecer o estado da vaca, pela sua vocalização é mais difícil do que identificar a vaca pela sua vocalização.

3.5 Atributos acústicos

O som são ondas de deslocamento, densidade e pressão que se propaga pelos fluidos. A onda sonora é uma senóide, que possui velocidade ou frequência de oscilação medida em Hertz e amplitude medida em decibéis. A amplitude se refere á diferença entre

os valores máximo e médio de pressão ao longo do tempo. Quando a pressão varia do seu valor máximo ao mínimo, retornando ao máximo ela completa uma oscilação ou ciclo (Figura 1). Frequência da onda refere-se ao número de oscilações por unidade de tempo (CRISTÓFARO SILVA E YEHA, 2009). A Frequência de Pitch refere-se a altura do som, quanto maior o Pitch mais agudo é o som.

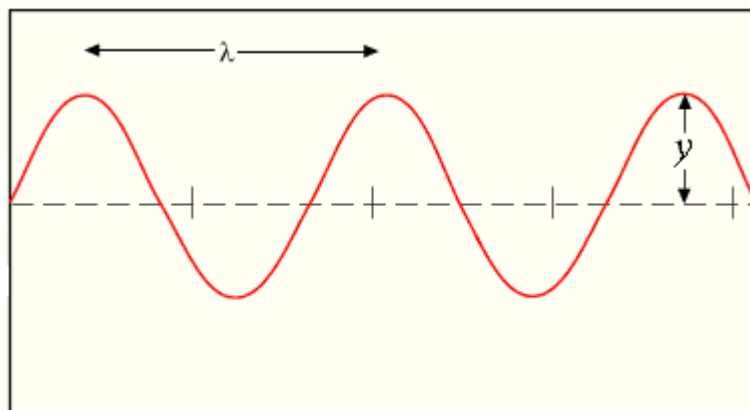


Figura 1. Esquema da onda sonora, onde λ representa o comprimento de onda e y representa a amplitude da onda.

3.6 Técnicas de Mineração de Dados

A mineração de dados tem auxiliado na descoberta de vários conhecimentos na área de produção animal (NÄÄS et al., 2008; LIMA e RODRIGUES, 2010; PANDORFI et al., 2011). Segundo Fayyad (1996) “*Data mining*” é a extração de conhecimento previamente desconhecido e potencialmente útil a partir de dados. Os padrões descobertos em bancos de dados podem ser úteis para descrever estruturas não conhecidas ou para prever novas situações.

Rezende (2003) divide as tarefas de mineração de dados em preditivas e descritivas (Figura 2). Segundo esta autora, os dois principais tipos de tarefas preditivas são classificação e regressão. A classificação é a predição de um valor categórico e a regressão é a predição de um valor contínuo. As atividades descritivas consistem na identificação de componentes intrínsecos do conjunto de dados. A clusterização consiste em segmentar um banco de dados heterogêneos em subgrupos com itens homogêneos. A técnica de associação é usada para descobrir o relacionamento entre itens de dados que ocorrem com

determinada frequência. A sumarização envolve métodos para obter uma descrição compacta para um conjunto de dados.

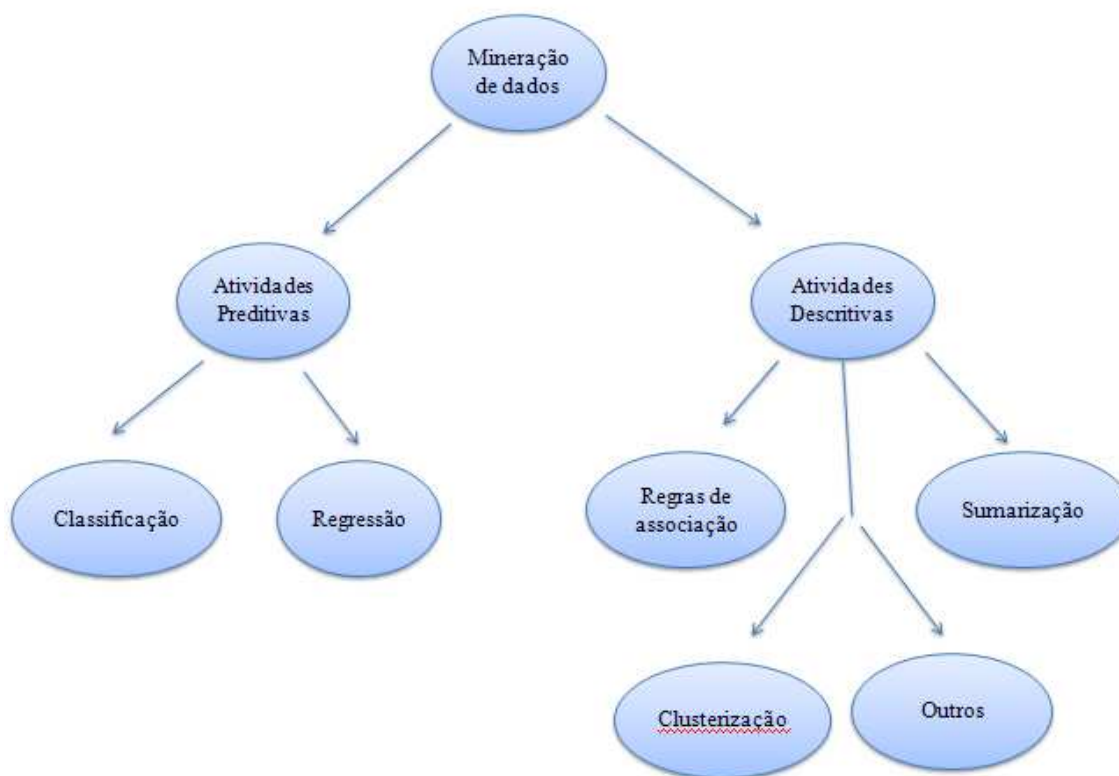


Figura 2. Tarefas de Mineração de dados (adaptado de REZENDE, 2003).

A classificação possibilita gerar a partir de um conjunto de exemplos (treinamento) um classificador capaz de identificar um novo exemplo em sua classe. Os algoritmos mais usados na classificação são o C4.5 (Árvore de decisão) baseado na entropia dos atributos, k-NN (k- vizinhos mais próximos) que determina a importância de uma variável a partir da distância euclidiana, o Naïve Bayes (classificador bayesiano) que é um modelo baseado em dependência probabilística, o *Multilayer Perceptron* (Redes Neurais) que aprende fortes conexões para algumas entradas e fracas para outras e SMO ou SVM (*Support Vector Machine*) em que funções não lineares mapeiam os vetores de entrada em um espaço de características, onde um hiperplano de separação é obtido para solução de problemas de classificação.

O algoritmo o C4.5 é um dos mais usados na tarefa de classificação, por possibilitar a ilustração do conhecimento adquirido, por meio de regras.

O algoritmo C4.5 induz modelos de classificação, conhecidos como árvores de decisão (QUINLAN, 1996). Este algoritmo possui várias implementações, dentre elas o algoritmo J48, aplicado no programa computacional Weka® para gerar árvores de decisão.

O C4.5 também gera a matriz de confusão que apresenta os valores preditos e ocorridos, mostrando assim os erros e acertos para cada uma das classes. A Tabela 1 apresenta a matriz de confusão para um problema de duas classes. Os verdadeiros positivos (VP) são os casos que o classificador prediz ser positivos e acertou; os falsos positivos são os casos que o classificador prediz ser positivo e errou; os verdadeiros negativos (VN) são os casos que o classificador prediz ser negativos e acertou e os falsos negativos são os casos que o classificador prediz ser negativos e errou.

Tabela 1. Esquema da matriz de confusão.

		<i>Predição</i>	
		Positivo	Negativo
Ocorrência	Positivo	VP	FN
	Negativo	FP	VN

A curva Roc descreve a relação entre as taxas de verdadeiros positivos (*TP rate*) e falsos positivos (*FP rate*). Os classificadores interiores ao “fecho convexo” tem taxa de acerto inferior aos que estão no “fecho convexo”. Quanto maior a área sob a curva maior a capacidade de o modelo acertar. A estatística Kappa mede o grau de confiança do classificador e varia de 0 a 1, onde 0 indica ausência de confiança e 1 máxima confiança. Sendo considerada mediana (0,4-0,75) e excelente (>0.75) (LANDIS e KOCH, 1977).

Antes da aplicação dos algoritmos é importante fazer a seleção e redução dos dados (REZENDE, 2003). A discretização é uma técnica que divide um conjunto de valores contínuos em faixas de valores com rótulos distintos. Os métodos de seleção de atributos visam diminuir o número de atributos do modelo sem afetar o desempenho do algoritmo. Os métodos de seleção mais usados são os métodos do Qui- quadrado que seleciona atributos com maior correlação com a classe, o Infogain que ranqueia os atributos através do ganho de informação, o Gainration que também se baseia no ganho de informação, mas

a quantidade de informação segmentada é sensível a faixa de valores dos atributos e CFS que seleciona atributos altamente correlacionados com a classe e pouco correlacionados entre si. Segundo MARTÍNEZ e FUENTES (2005) resultados experimentais utilizando o algoritmo J48 para a seleção de variáveis mostraram que este algoritmo mantém o poder de classificação em diferentes bancos, reduzindo significativamente o tempo de processamento.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 *Descrição da granja:*

Foram realizados três experimentos no segundo semestre de 2011 em uma granja comercial situada na cidade de Holambra-SP . A granja é do tipo ciclo completo e utiliza inseminação artificial com sêmen procedente de cooperativa. Os animais criados com as mães na sala de maternidade até aproximadamente 21 dias, quando são desmamados e são transferidos para baias de creche, onde permanecem até aproximadamente 60 dias de idade e são transferidos para o galpão de crescimento e terminação, saindo desta instalação apenas para o abate.

Os galpões são orientados no sentido leste-oeste, com pé-direito de 3,5 metros, muretas nas laterais de aproximadamente 1 metro de altura e restante das laterais abertas, com uso de cortinas (Figura 3).

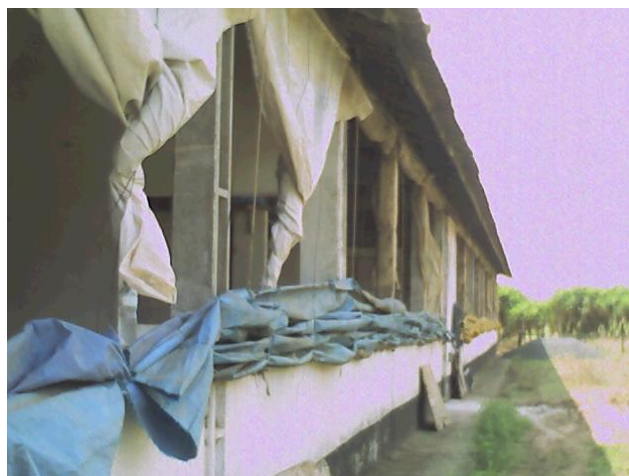


Figura 3. Vista externa do galpão de maternidade e creche.

A Figura 4 apresenta o esquema dos galpões onde os animais foram criados. As instalações de maternidade e creche são no mesmo galpão, sendo cada instalação em um lado do galpão. Já as fases de crescimento e terminação ocorrem nas mesmas instalações.

A maternidade é composta por baias de 2 x 1,6 m, e um abrigo escamoteador formado no canto da baia para os leitões, além de bebedouro e comedouro privativo para porca e comedouro e bebedouro para os leitões (Figura 5). O piso é parcialmente ripado para melhor escoamento dos dejetos. A creche é composta por salas, cada sala com quatro baias de 1,26 x 1,6 m e 1 baia de 2,25 x 4 m cada. O piso é do tipo ripado fabricado com plástico polietileno. Cada baia é provida de uma câmpanula para aquecimento dos leitões, bebedouros e comedouros (Figura 6). Cada sala possui dois ventiladores colocados a aproximadamente 2 m de altura.



Figura 5. Baia de maternidade.



Figura 6. Baias de creche.

O galpão de crescimento e terminação é composto por duas baias de 2,8 x 4 m e quatro baias de 5,6 x 4 m. O piso é parcialmente ripado e são providas de bebedouros e comedouros. Para amenizar o estresse térmico, o galpão possui sombrite nas laterais do telhado (Figura 7) e uma abertura de aproximadamente 5 cm na cumeeira do telhado (Figura 8).



Figura 7. Presença de sombrite.



Figura 8. Abertura na cumeeira do telhado.

4.2 Coletas de sinais vocais:

Para a captura dos sinais acústicos foi utilizado um microfone unidirecional Yoga (Figura 9), posicionado a aproximadamente 20 cm dos animais. Este microfone foi conectado a um gravador digital Marantz PMD 660 (Figura 10), onde os sinais foram digitalizados a uma frequência de até 44.100 Hz.



Figura 9. Microfone unidirecional Yoga.



Figura 10. Gravador digital Marantz PMD 660.

4.3 Experimento 1:

4.3.1 Descrição do experimento:

Foi gravada a vocalização de dois grupos de 10 animais cada, durante a castração de animais entre três e quatro dias de idade. No primeiro grupo, a castração foi feita sem anestesia e no segundo grupo com anestesia local. Os animais foram pesados antes e depois da castração para verificar possível perda de peso e se esta diferença de peso teria alguma correlação com a energia emitida na vocalização. A pesagem foi realizada em balança digital Toledo com carga máxima de 15 kg e precisão de 5g. Foi feito a tara com uma caixa de papelão e em seguida o animal foi colocado dentro da caixa e pesado (Figura 11). Após a castração, o animal foi pesado juntamente com os testículos retirados que foram colocados em um recipiente previamente pesado (Figura 12).



Figura 11. Pesagem do leitão antes da castração.



Figura 12. Pesagem do leitão após a castração

A técnica escolhida para a castração foi pelo método escrotal, onde o animal foi contido primeiramente em uma caixa de madeira específica para castração com medição 10 cm de largura, 10 cm de altura e 30 cm de comprimento (Figura 13).



Figura 13. Caixa de madeira usada para contenção do leitão

Com o animal em decúbito dorsal, foi feita a anti-sepsia na região do escroto com Iodo tópico, após a limpeza, para o grupo de animais que recebeu anestesia. Foi aplicado o anestésico Lidocaína a 20% dez minutos antes da incisão dos testículos (Figura 14). A cirurgia de castração foi feita de forma similar tanto para o grupo que recebeu anestésico quanto para o grupo castrado sem anestesia. Foi feita uma incisão no sentido vertical em cada testículo com o bisturi (Figura 15), onde foram exteriorizados, tracionados até a exposição do cordão espermático até seu rompimento. Após a retirada dos testículos, foi feita a limpeza com Iodo tópico.



Figura 14. Aplicação do anestésico lidocaína nos testículos.



Figura 15. Incisão nos testículos com bisturi.

Foram coletados os sinais de sons de cada animal em diferentes situações de estresse (Tabela 2) durante o manejo da cirurgia.

Tabela 2. Descrição das condições de estresse em que os animais foram submetidos.

<i>Procedimento</i>	<i>Descrição</i>
Apanha	Segurar o animal pelas mãos
Primeira pesagem	Pesagem do animal antes da castração
Contenção	Segurar o animal em caixa própria para castração
Anestesia	Aplicação do anestésico nos testículos
Castração	Execução da cirurgia
Castração pós anestesia	Execução da cirurgia dos animais previamente anestesiados.
Segunda pesagem	Pesagem do animal após a castração
Segunda pesagem pós anestesia	Pesagem dos animais tratados com anestesia, após a castração
Soltura	Devolução dos animais nas baias de origem

4.3.2 Análise do som

a- Para estimativa da energia gasta na vocalização:

Para determinação da energia emitida na vocalização foi utilizado um programa no ambiente Matlab®, como descrito por Cordeiro et al. 2009. O programa, desenvolvido no ambiente Matlab®, inicialmente faz o input dos sinais coletados, para realizar o cálculo do envelope do sinal que está sendo analisado. Em seguida, é calculada a Transformada de Hilbert, para a obtenção da envoltória estimada dos sinais. As análises estatísticas foram realizadas no *software* Minitab®.

b- Para estimativa do nível de estresse:

Os sinais de sons coletados foram editados e analisados no *software* Praat®. Inicialmente foram excluídos os ruídos como fala humana ou outros sons diferentes da

vocalização dos suínos. Cada sinal coletado foi dividido em três amostras e para cada amostra foi extraído a amplitude máxima e mínima, a frequência de Picth e a frequência das formantes 1, 2, 3 e 4. Além desses atributos foi obtido o intervalo de amplitude (pela diferença das amplitudes máxima e mínima), a duração do sinal, e a média das três amostras para cada atributo, obtendo-se 29 atributos. Através das análises de variância das médias ($\alpha < 0,05$) realizadas no software Minitab®, foi possível a discretização dos valores desses atributos em três faixas: baixo, médio e alto. As situações de estresse também foram classificadas em três níveis de estresse (sem estresse, estresse moderado e estresse agudo). A partir desses resultados foi feita mineração dos dados no *software* Weka® (WITTEN e FRANK, 2005). Inicialmente os atributos foram ranqueados utilizando os métodos do Qui-quadrado, *Infogain*, *Gainration* e CFS. A partir dos atributos selecionados foram executados os algoritmos J48 (Árvore de decisão), k-NN (k- vizinhos mais próximos), *Naive Bayes*, *Multilayer Perceptron* (Redes Neurais) e SMO (*Support Vector Machine*).

4.3.3 Índice Zootécnico

No dia da castração os animais foram marcados de 1 a 20 pelo método Australiano, com picos na orelha (Figura 16). Posteriormente eles foram pesados individualmente no final das fases de maternidade e de creche. Foi feito o teste de correlação de Pearson para o ganho de peso na fase de maternidade e creche com a energia emitida na vocalização.



Figura 16. Marcação na orelha pelo método Australiano.

4.4 Experimento 2

Neste experimento foi gravada a vocalização individual de 20 leitões machos na fase de maternidade dos animais em situação normal, ou seja, livre de estresse e durante o manejo de caudectomia, de marcação pelo método Australiano, com corte na orelha e de castração. Para situação normal os leitões foram tirados de suas baias e alocados individualmente em um corredor para a coleta do sinal vocal da situação normal ou sem estresse. Em seguida acompanhou-se os procedimentos realizados habitualmente na granja na primeira semana de vida dos animais. Os procedimentos foram realizados por funcionários da granja e os sinais acústicos foram coletados simultaneamente. Durante o estresse por marcação os animais foram marcados de um a vinte com piques e furos na orelha de acordo com o método Australiano. Posteriormente, foi realizada a caudectomia com equipamento tipo guilhotina com ferro quente. E por último, foi feita a castração com uma incisão sobre cada testículo, longitudinalmente, através do qual se exterioriza os mesmos, tracionando o cordão espermático até seu rompimento.

4.5 Experimento 3

4.5.1 Descrição do experimento:

O experimento foi feito com o objetivo de identificar o animal e a sua condição de estresse. Foi realizada a gravação da vocalização de 40 leitões (20 machos e 20 fêmeas) em diferentes situações de estresse (Tabela 3) na fase de maternidade, creche, crescimento e terminação.

Tabela 3. Descrição das situações de estresse a serem utilizadas no experimento.

<i>Estresse</i>	<i>Descrição</i>
Sem estresse	Temperatura de conforto; acesso à água e alimentação; ausência de dor.
Estresse térmico	Temperatura fora da zona de conforto. (Frio na fase de maternidade e creche e calor na fase de crescimento e terminação).
Fome	Restrição a amamentação ou alimentação.
Sede	Restrição ao acesso à água.
Dor	Aperto firme do animal pelo tratador.

Os animais foram marcados de 1 a 40 pelo método Australiano antes do início das coletas e nos dias das coletas eles foram marcados no dorso com bastão Raidex para facilitar sua identificação deles durante a gravação.

Para cada situação de estresse, nas quatro fases de vida, foram coletados três sinais de sons de cada animal. Após cada gravação foi anotado o número de cada gravação, seguido do número do leitão, fase de vida e tipo de estresse.

1. Fase de Maternidade

Este experimento foi feito com leitões na primeira semana de vida. Os leitões foram tirados de suas baias e alocados individualmente em um corredor (Figura 17) para a coleta dos sinais vocais das situações às quais foram submetidos. Primeiramente, foram coletados os sinais vocais dos animais em situação sem estresse, com conforto térmico, com acesso a amamentação e sem dor. Em seguida, realizou-se o estresse por dor, que consiste em um aperto firme do animal pelo tratador (Figura 18). Nesta situação o leitão vocalizou intensamente.

Após a situação de estresse por dor, os animais foram devolvidos em suas baias, e lá permaneceram por duas horas até a próxima condição de estresse. A situação seguinte foi o estresse térmico, onde os animais foram submetidos a uma temperatura de cerca de 25°C por 30 min, abaixo da temperatura de conforto para suínos em fase de maternidade.

Sob temperatura de conforto, os animais ficaram distanciados uns dos outros indicando ausência de frio. Após o estresse térmico, os leitões se aglomeraram na intenção de restringir a perda de calor e se esquentarem.



Figura 17. Animal isolado no corredor durante gravação.



Figura 18. Estresse por dor, aperto firme do animal pelo tratador.

Analogamente à situação anterior, os animais esperaram na baía por 2 horas antes da condição de estresse seguinte. Finalmente, foi restringida a amamentação dos leitões. O corpo da porca foi envolvido com um tecido emborrachado amarrado nas pontas com barbante, cobrindo os tetos, como mostra a Figura 19, impedindo, assim, que os leitões mamassem. Os leitões não tiveram acesso a amamentação por 30 minutos, e após esse período foi coletado o sinal vocal. A Figura 20, mostra os leitões tentando mamar, porém devido ao tecido emborrachado que cobria os tetos da porca, isso não foi possível.

Já a Figura 21 evidencia a condição de fome dos leitões, que imediatamente após a restrição de amamentação se aproximaram da porca para mamar.



Figura 19. Tecido emborrachado preso à porca impedindo o acesso a amamentação.



Figura 20. Leitões impedidos de mamar devido ao tecido emborrachado.



Figura 21. Leitões após a restrição de amamentação.

2. Fase de creche

Para coleta de dados, após cada situação de estresse, os leitões foram tirados de suas baias e alocados individualmente em um corredor para a coleta dos sinais vocais.

A coleta de dados foi feita em dois dias. O primeiro estresse foi pelo frio, no qual os animais permaneceram sem aquecimento, com as campânulas desligadas, em temperatura de aproximadamente 22° C, por aproximadamente 1 hora. Durante este período os animais se agruparam, provavelmente para evitar a perda de calor (Figura 22).



Figura 22. Animais agrupados durante estresse por frio.

Após este período, os animais foram alocados um a um em um corredor para gravação da sua vocalização. Em seguida, os leitões tiveram descanso de 2 horas e após este período iniciou-se o estresse por fome. Toda ração foi retirada dos comedouros que permaneceram vazios por uma hora (Figura 23), durante este período os animais acessavam o comedouro procurando alimento. Após este período foi feita a gravação dos sinais vocais de cada animal no corredor.



Figura 23. Comedouro circular sem ração durante estresse por fome.

No segundo dia o trabalho iniciou-se com a gravação dos leitões sem estresse e, em seguida, foi feita a gravação do animal com dor, aperto firme do animal pelo tratador (Figura 24).



Figura 24. Estresse por dor a partir de um aperto forte no animal pelo tratador.

Os leitões tiveram então um descanso de 2 horas e logo após foram submetidos ao estresse, por sede, durante uma hora. Durante este período, os bebedouros permaneceram desligados e sem água. Após este período foi gravada a vocalização dos animais individualmente. Ao término das gravações, os bebedouros foram ligados e os animais disputavam para beber água (Figura 25).



Figura 25. Animais disputando pelo bebedouro após estresse por sede.

3. Fase crescimento

A coleta desses dados foi feita na 15ª semana de vida dos animais. Para coleta dos sinais vocais foi construída uma estrutura de aço com placas de madeira encaixadas nas laterais, formando uma caixa vazada na parte inferior e superior (Figura 26).



Figura 26. Estrutura de aço e madeira construída usada para coleta dos sons.

A baia onde os animais estavam era subdividida em duas metades com muro vazado e uma abertura de acesso entre estas subdivisões. A caixa foi colocada fechando esta abertura (Figura 27 a) . Para coleta dos dados, todos os animais foram conduzidos para uma das metades da baia, depois entravam um a um na caixa, onde ficava preso durante a gravação do som (Figura 27 b), e posteriormente saía para outra metade da baia (Figura 27 c).



Figura 27. Em (a) baia subdividida em duas metades com a caixa de madeira interrompendo a passagem entre elas e os animais confinados em uma das metades antes das gravações. Em (b) animal dentro da caixa durante gravação. Em (c) animal saindo da caixa após gravação.

A coleta de dados foi feita em dois dias. Inicialmente foram coletados os sons dos animais em situação normal, sem estresse, e logo em seguida realizou-se o estresse por dor que foi um aperto firme no animal, pelo tratador. Após o estresse por dor, os animais passaram por um período de duas horas em descanso e depois foi realizado o estresse por sede durante uma hora, e as gravações foram feitas após este período. Após as gravações, os bebedouros foram ligados e os animais ficaram disputando lugar para beber água (Figura 28).



Figura 28. Animais disputando lugar no bebedouro após o estresse por sede.

No segundo dia, primeiramente foi realizado o estresse por fome, no qual os comedouros ficaram sem ração por uma hora. Após uma hora sem ração foi feita a gravação dos sinais vocais. Os animais tiveram então um descanso de duas horas e iniciou-se o estresse por calor. Para aumentar a temperatura dentro do galpão, as cortinas foram fechadas, obtendo temperatura de aproximadamente 27,5 ° C dentro do galpão.

4. Fase de terminação

A coleta dos dados foi realizada na 22ª semana de vida dos animais. Os animais permaneceram na mesma baia, das fases de crescimento e abate e para gravação dos sons foi usada a mesma caixa utilizada na fase de crescimento (Figura 29).



Figura 29. Gravação da vocalização do animal dentro da caixa de madeira.

No primeiro dia realizou-se o estresse por fome e calor. Inicialmente os comedouros ficaram vazios por período de uma hora, sendo gravada a vocalização dos animais, logo em seguida. Depois esperou-se por duas horas para se iniciar o estresse seguinte, que foi por calor. Para aumentar a temperatura dentro do galpão, as cortinas foram fechadas. Durante o estresse, a temperatura dentro do galpão foi de aproximadamente 30 °C. No segundo dia, as gravações se iniciaram com o animal em situação normal e logo em seguida com o estresse por dor, que foi realizado com um aperto firme no animal pelo tratador. Os animais tiveram depois deste estresse um descanso de duas horas antes de se iniciar o estresse seguinte, que foi de sede, no qual os bebedouros ficaram desligados por um período de uma hora.

4.5.2 Análises dos sons

Os sinais de sons coletados foram editados e analisados por meio do *software* Praat®, obtendo-se os atributos relacionados na Tabela 4, que posteriormente foram submetidos a análises estatísticas no *software* Minitab®, e/ou a mineração dos dados no *software* Weka®.

Tabela 4. Atributos referentes aos sinais acústicos.

	Atributo	Unidade	Descrição
A	Energia do sinal	Pa ² *s	Energia emitida na onda sonora
B	Duração do sinal	s	Duração da duração do som
C	Amplitude máxima	Pa	Máxima amplitude da onda sonora
D	Amplitude mínima	Pa	Mínima amplitude da onda sonora
E	Intensidade	dB	Intensidade da onda sonora
F	Frequencia de Fitch	Hertz	Determina a altura do som
G	Formante 1	Hertz	Frequência da formante 1
H	Formante 2	Hertz	Frequência da formante 2

I	Formante 3	Hertz	Frequência da formante 3
J	Formante 4	Hertz	Frequência da formante 4
K	Amplitude	Pa	Diferença da amplitude máxima e mínima
L	Soma formantes	Hertz	Soma das frequências das 4 formantes
M	Média formantes	Hertz	Média das frequências das 4 formantes
N	F4-F3	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 3
O	F4-F2	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 2
P	F4-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 1
Q	F3-F2	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 3 e 2
R	F3-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 3 e 1
S	F2-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 2 e 1
T	Soma das diferenças	Hertz	Soma das diferenças entre as formantes
U	Média das diferenças	Hertz	Média das diferenças entre as formantes

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão são aqui apresentados sob a forma de artigos científicos, em capítulos.

Capítulo I

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES ALGORÍTMOS DE MINERAÇÃO DE DADOS PARA CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ESTRESSE EM LEITÕES A PARTIR DA SUA VOCALIZAÇÃO

Artigo publicado na revista Eng. Agríc., Jaboticabal, v.32, n.2, p.208-216, mar./abr. 2012

ALEXANDRA F. DA S. CORDEIRO, IRENILZA DE A. NÄÄS,
STANLEY R. DE M. OLIVEIRA, FABIO VIOLARO, ANDRÉIA C. M. DE ALMEIDA

RESUMO: Entre os desafios da suinocultura no atual mercado competitivo destaca-se a rastreabilidade do produto que garante, entre muitos pontos, a questão do bem-estar animal. A vocalização é uma ferramenta útil para identificar situações de estresse em suínos e pode ser usada em registros de bem estar em processos de rastreabilidade. Objetivou-se com este trabalho identificar estresse em leitões através da vocalização, classificando esse estresse em três níveis: sem estresse, estresse moderado e estresse agudo. Foi realizado um experimento em granja comercial da cidade de Holambra- SP, onde gravou-se a vocalização de vinte leitões durante o procedimento de castração, separados em dois grupos: sem anestesia e com anestesia local a base de Lidocaína. Para a captura dos sinais acústicos foi utilizado um microfone unidirecional conectado a um gravador digital, em que os sinais foram digitalizados a uma frequência de 44.100 Hz. Para análises dos sinais sonoros foi usado o *software* Praat® e diferentes algoritmos de mineração dos dados foram aplicados no *software* Weka®. A seleção de atributos melhorou a acurácia do modelo, sendo que o melhor método de seleção de atributos usado foi o Wrapper, enquanto os melhores algoritmos de classificação foram o k- NN e o Naïve Bayes. De acordo com os resultados foi possível classificar o nível de estresse em suínos por meio da sua vocalização.

Palavras-chaves: expressão vocal, bem-estar, nível de dor, suínos.

EFFICIENCY OF DISTINCT DATA MINING ALGORITHMS FOR CLASSIFYING STRESS LEVEL IN PIGLETS FROM THEIR VOCALIZATION

ABSTRACT: Among the challenges of pig farming in today's competitive market, there is factor of the product traceability that ensures, among many points, animal welfare. Vocalization is a valuable tool to identify situations of stress in pigs, and it can be used in welfare records for traceability. The objective of this work was to identify stress in piglets using vocalization, calling this stress on three levels: no stress, moderate stress, and acute stress. An experiment was conducted on a commercial farm in the municipality of Holambra, São Paulo State , where vocalizations of twenty piglets were recorded during the castration procedure, and separated into two groups: without anesthesia and local anesthesia with lidocaine base. For the recording of acoustic signals, a unidirectional microphone was connected to a digital recorder, in which signals were digitized at a frequency of 44,100 Hz. For evaluation of sound signals, Praat® software was used, and different data mining algorithms were applied using Weka® software. The selection of attributes improved the model accuracy, and the best attribute selection was used by applying Wrapper method, while the best classification algorithms were the k-NN and Naïve Bayes. According to the results, it was possible to classify the level of stress in pigs through their vocalization.

Keywords: vocal expression, well-being, level of pain, pig.

INTRODUÇÃO

A carne suína é a mais consumida no mundo, mas para atrair o consumidor atual que é cada vez mais exigente, a suinocultura busca a competitividade de seus produtos. Preço, qualidade e biossegurança é o tripé atual do êxito no comércio de produtos alimentícios. As exigências para este mercado estão se tornando cada vez mais rigorosas e seguem, prioritariamente, normas estabelecidas por organismos internacionais. Entre estas exigências destaca-se a questão do bem-estar animal.

A cirurgia de castração é obrigatória para suínos machos destinados ao abate, entretanto por prejudicar o bem-estar destes animais, pesquisadores buscam alternativas menos dolorosas a este procedimento. Segundo White et al. (1995), a anestesia local pode diminuir o estresse da dor provocada por este procedimento cirúrgico. Entretanto, há discordâncias sobre esta questão (LEIDG et al., 2009). Fitzpatrick et al. (2006) apontam

que, métodos para mensurar objetivamente dor e bem-estar em animais de produção precisam ser muito bem estudados para não se obter resultados incorretos.

Muitos autores têm estudado a vocalização como ferramenta para medir o bem-estar animal (MARX et al., 2003; NÄÄS et al., 2008; LEIDIG, et al., 2009). Segundo Kranendonk et al. (2006), leitões de porcas tratadas com cortisol, um dos principais hormônios relacionados ao estresse, vocalizaram mais do que leitões de porcas não tratadas com este hormônio, quando colocados em ambiente diferente. Silva et al. (2008) desenvolveram um algoritmo para identificação do local de incidência de tosse dentro da granja, utilizando o tempo de chegada do som captado por diferentes microfones distribuídos nas baias, e conseguiu localizar o local de origem da tosse.

A mineração de dados é um processo para aquisição de novos conhecimentos a partir de um banco de dados, sendo utilizada como técnica para reconhecimento de padrões (HAN e KAMBER, 2006).

A coleta sistemática da vocalização dos suínos, em diferentes momentos durante o procedimento de castração, gera um banco de dados supervisionado do bem estar desses animais associados aos parâmetros que caracterizam cada vocalização. A partir desse banco de dados é possível extrair um padrão do bem estar em função da vocalização, usando técnicas de mineração de dados.

Objetivou-se com este trabalho identificar o nível de estresse em leitões a partir da sua vocalização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição do experimento

Foi gravada a vocalização de dois grupos de 10 animais cada, entre três e quatro dias de idade, durante a castração cirúrgica. No primeiro grupo a castração foi feita sem anestesia e no segundo grupo com anestesia local. A técnica escolhida para a castração foi pelo método escrotal, na qual o animal foi contido primeiramente em uma caixa de madeira específica para castração com 0,10 m de largura, 0,10 m de altura e 0,30 m de comprimento. Com o animal em decúbito dorsal, foi feita a anti-sepsia na região do escroto com iodo tópico, após a limpeza foi realizada uma incisão no sentido vertical em cada testículo com o bisturi, em que foram exteriorizados, tracionados até a exposição do cordão

espermático até seu rompimento. Após a retirada dos testículos, foi feita a limpeza com iodo tópico. O protocolo do experimento teve a aprovação do comitê de ética da UNICAMP, sob número 2224-1/2011.

Para o grupo de animais que recebeu anestesia, foi aplicado o anestésico Lidocaína a 20% dez minutos antes da incisão dos testículos. Foram registradas as vocalizações em diferentes situações de estresse (Tabela 1) durante o manejo da cirurgia.

TABELA 1. Descrição das condições de estresse em que os animais foram submetidos.

Description of the stress conditions the animals were exposed.

Procedimento	Descrição
Apanha	Segurar o animal pelas mãos
Primeira pesagem	Pesagem do animal antes da castração
Contenção	Segurar o animal em caixa própria para castração
Anestesia	Aplicação do anestésico nos testículos
Castração	Execução da cirurgia
Castração pós-anestesia	Execução da cirurgia dos animais previamente anestesiados.
Segunda pesagem	Pesagem do animal após a castração
Segunda pesagem pós-anestesia	Pesagem dos animais tratados com anestesia, após a castração
Soltura	Devolução dos animais nas baias de origem

Para o registro dos sinais acústicos foi utilizado um sistema de captura do sinal, composto por um microfone direcional Yoga EM 9600[®] (Figura 1A) posicionado a aproximadamente 15 cm da boca dos animais. Este microfone foi conectado a um gravador digital Marantz PMD 660 (Figura 1B) para digitalização dos sinais vocais a uma frequência de 44.100 Hz.



A



B

FIGURA 1. Sistema de registro do som composto por um microfone direcional Yoga EM 9600[®] (A) e gravador digital Marantz[®] PMD 660 (B). **System for registering the sound composed by a directional microphone Yoga EM 9600[®] (a) and a digital sound recorder digital Marantz[®] PMD 660 (b).**

Análises dos sinais

Os sinais de sons registrados foram editados e analisados no *software* Praat[®]. Inicialmente foram excluídos os ruídos, como fala humana ou outros sons diferentes da vocalização dos suínos. Cada sinal foi dividido em três amostras e, para cada amostra, foram extraídas a amplitude máxima e mínima, a frequência de *Pitch* e a frequência das formantes 1, 2, 3 e 4. Além destes atributos, foram obtidos o intervalo de amplitude (que é a diferença das amplitudes máxima e mínima), a duração do sinal, e a média das três amostras para cada atributo (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos acústicos e suas unidades. **Acoustic attributes and their units.**

N° atributo	Nome atributo	Unida de	N° atributo	Nome atributo	Unida de	N° atributo	Nome atributo	Unid ade
1	energia do sinal	Pa2*s	11	Formante 4 Amostra1	Hertz	21	Formante 2 Amostra 3	Hertz
2	Duração do sinal	s	12	Intensidade Amostra 2	dB	22	Formante 3 Amostra 3	Hertz
3	Amplitude Máxima	Pa	13	Frequencia de Pitch Amostra 2	Hertz	23	Formante 4 Amostra 3	Hertz
4	Amplitude Mínima	Pa	14	Formante 1 Amostra 2	Hertz	24	Media Intensidade	dB
5	Intervalo Amplitude	Pa	15	Formante 2 Amostra 2	Hertz	25	Media Frequencia de Pitch	Hertz
6	Intensidade Amostra1	dB	16	Formante 3 Amostra 2	Hertz	26	Media Formante 1	Hertz
7	Frequencia de Pitch Amostra1	Hertz	17	Formante 4 Amostra 2	Hertz	27	Media Formante 2	Hertz
8	Formante 1 Amostra1	Hertz	18	Intensidade Amostra 3	dB	28	Media Formante 3	Hertz
9	Formante 2 Amostra1	Hertz	19	Frequencia de Pitch Amostra 3	Hertz	29	Media Formante 4	Hertz
10	Formante 3 Amostra1	Hertz	20	Formante 1 Amostra 3	Hertz			

Por meio das análises de variância das médias ($\alpha < 0,05$) realizadas no *software* Minitab[®], foi possível a discretização dos valores dos 29 atributos (Tabela 2) em três faixas: baixo, médio e alto. As situações de estresse também foram classificadas em três níveis de estresse (sem estresse, estresse moderado e estresse agudo). A partir desses resultados foi feito a mineração dos dados no *software* Weka[®]. Inicialmente, os atributos foram ranqueados utilizando os métodos *infogain*, que ranqueia os atributos pelo ganho de informação; *gainration* que também se baseia no ganho de informação, mas a quantidade de informação segmentada é sensível a faixa de valores dos atributos; e CFS (*correlation-based feature selection*), que seleciona atributos altamente correlacionados com a classe e pouco correlacionados entre si. A partir dos atributos selecionados foram executados os algoritmos J48 (árvore de decisão), baseado na entropia dos atributos; k-NN (k- vizinhos

mais próximos), que determina a importância de uma variável a partir da distância euclidiana; *naive bayes* (classificador bayesiano); *multilayer perceptron* (redes neurais), que aprende fortes conexões para algumas entradas e fracas para outras; e SMO (*Support Vector Machine*).

Para comparação do desempenho dos algoritmos utilizou-se a curva Roc (*Receiver Operating Characteristic*), uma ferramenta utilizada para avaliação gráfica de algoritmos. O gráfico obtido descreve a relação entre as taxas de verdadeiros positivos (TP rate) e falsos positivos (FP rate) do classificador. Os classificadores interiores ao “fecho convexo” tem taxa de acerto inferior aos que estão no “fecho convexo”. Quanto maior a área sob a curva maior a capacidade do modelo acertar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância foi feita para cada um dos atributos dos sinais acústicos avaliados e mostrou diferença ($p < 0,05$) na vocalização dos animais, quando expostos a diferentes situações de estresse (Figura 2), para o atributo intervalo de amplitude que representa a variação da amplitude máxima e mínima do sinal. De acordo com os resultados, não houve diferença na vocalização de leitões castrados com ou sem anestesia ($\alpha < 0,05$). White et al., (1995), encontraram que leitões castrados sem anestesia local tiveram maior taxa de batimentos cardíacos e vocalização com maior energia, sugerindo que a anestesia pode diminuir o estresse da castração. Entretanto, segundo Leidig et al. (2009), a anestesia local pode melhorar o bem-estar dos leitões durante a castração, mas devido ao maior período de manipulação do animal, adicionado ao estresse da aplicação da anestesia esse efeito é incerto. De acordo com Puppe (2005), contenção e castração alterou a qualidade da vocalização de leitões indicando prejudicar o bem-estar destes animais.

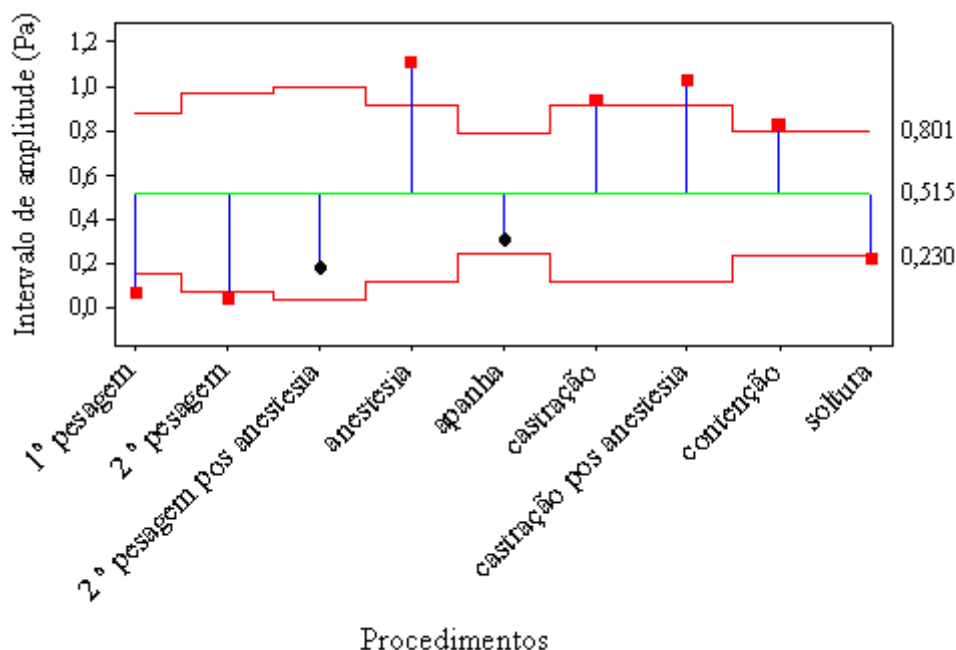


FIGURA 2. Figura representando a análise de variância das médias para Intervalo de Amplitude. A linha verde apresenta a média geral dos dados, e as linhas vermelhas indicam os limites inferior e superior. Os quadrados pretos e vermelhos representam as médias dos manejos, sendo que os de cor vermelha estão situados fora do limite e são diferentes da média geral, já os de cor preta estão situados dentro do limite e não diferem da média geral. **Schematic representation of the analysis of variance for the mean of the amplitude interval. The green line represents the data general mean, and the red lines indicate the inferior and superior limits. The black and red squares represent the mean values of management, and those in red color are outside of the limits and different of the general mean value; while those in black color are located within the limits and do not differ from the average values.**

Neste experimento observou-se que os animais estavam tranquilos, no momento da pesagem e da soltura; por outro lado, pareciam altamente excitados no momento da contenção, anestesia e castração, e, com excitação intermediária, na segunda pesagem pós-anestesia e na apanha, o que está de acordo com os resultados da vocalização (Figura 2), sugerindo a existência de três níveis de estresse (Tabela 3).

Tabela 3. Associação entre a situação de estresse e o nível de estresse correspondente.
Association between the stress condition and the corresponding level.

Situação de Estresse	Nível de estresse
1ª pesagem, 2ª pesagem e soltura	Sem Estresse
2ª pesagem pós anestesia	Estresse Moderado
Anestesia, castração, castração sem anestesia e contenção	Estresse Agudo

Na Tabela 4, observa-se o ranqueamento dos atributos obtido pela aplicação dos métodos Info Gain, Gain Ration, CFS e Wrapper. O Wrapper foi o método que selecionou menor número de atributos, contribuindo para diminuição do custo das análises.

Tabela 4. Seleção e ranqueamento dos atributos dos sinais vocais (29) para diferentes métodos de seleção de atributos. **Classification of the vocal signals attributes (29) for the distinct methods of attribute selecting.**

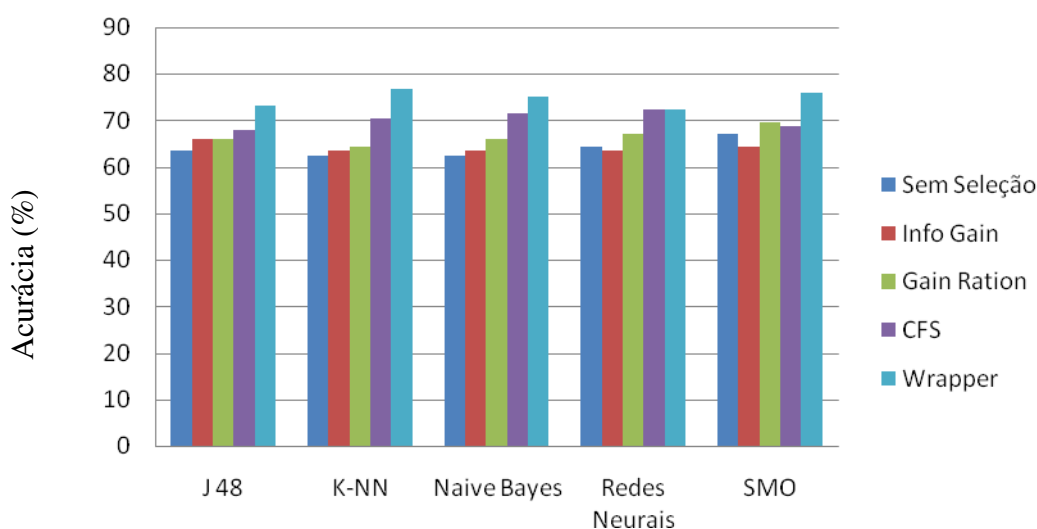
<i>Abordagem de seleção</i>	<i>Atributos selecionados</i>
Info Gain	24, 2, 5, 4, 6, 3, 12, 18 e 28
Gain Ration	2, 5, 4, 24, 18, 3, 6 e 12
CFS	2, 5, 24 e 28
Wrapper- J48	5 e 28
Wrapper- k-NN	5, 10, 14, 17, 18, 20, 26 e 28
Wrapper- Naive Bayes	4, 5 e 28
Wrapper- Redes Neurais	2, 5, 21, 25, 26 e 28
Wrapper- SMO	5, 26 e 28

Obs. Ranqueamento da esquerda para a direita

De maneira geral, houve divergências na seleção de atributos entre os diferentes métodos avaliados. Entretanto, o atributo Intervalo de Amplitude (atributo 5) foi aquele que apresentou melhor ranqueamento, indicando ser o mais importante para predizer o nível de estresse em leitões. A média da formante 3 e a duração do sinal também foram ranqueados como mais importantes. Marx et al. (2003) avaliaram a vocalização de suínos durante a castração e encontraram que as vocalizações associadas com a dor, podem ser identificadas

e caracterizadas, principalmente pela energia do sinal, a frequência e duração da chamada. Cordeiro et al. (2009), sugerem que a energia do sinal aumenta em função do estresse a que o animal é submetido. Entretanto, na presente pesquisa, apenas a energia do sinal não foi um bom parâmetro para predizer o nível de estresse.

De maneira geral, o desempenho dos algoritmos foi melhor com os atributos selecionados pelo método Wrapper do que com os atributos selecionados pelos outros métodos (Figura 3). A maior acurácia (76,78 %) foi obtida pelo algoritmo k-NN e com os atributos selecionados pelo método Wrapper. Para construção deste modelo o algoritmo usou apenas oito dos 29 atributos.



Algoritmos e Critérios de seleção de atributos

FIGURA 3. Acurácia (%) encontrada pelo uso dos diferentes algoritmos avaliados.
Accuracy (%) found by the use of the distinct evaluated algorithms.

A Figura 4 mostra a precisão para cada nível de estresse avaliado. Embora a identificação dos três níveis de estresse seja importante, o custo é maior quando se erra a classe sem estresse, porque um animal estando em sofrimento não pode ser classificado como sem estresse. Desta forma, há necessidade de se obter maior precisão para esta classe. Observa-se que a classe sem estresse teve maior precisão (0,70) no algoritmo Naïve Bayes, com atributos selecionados pelo método Wrapper. Este modelo utilizou apenas três atributos, e sua acurácia geral foi de 75%.

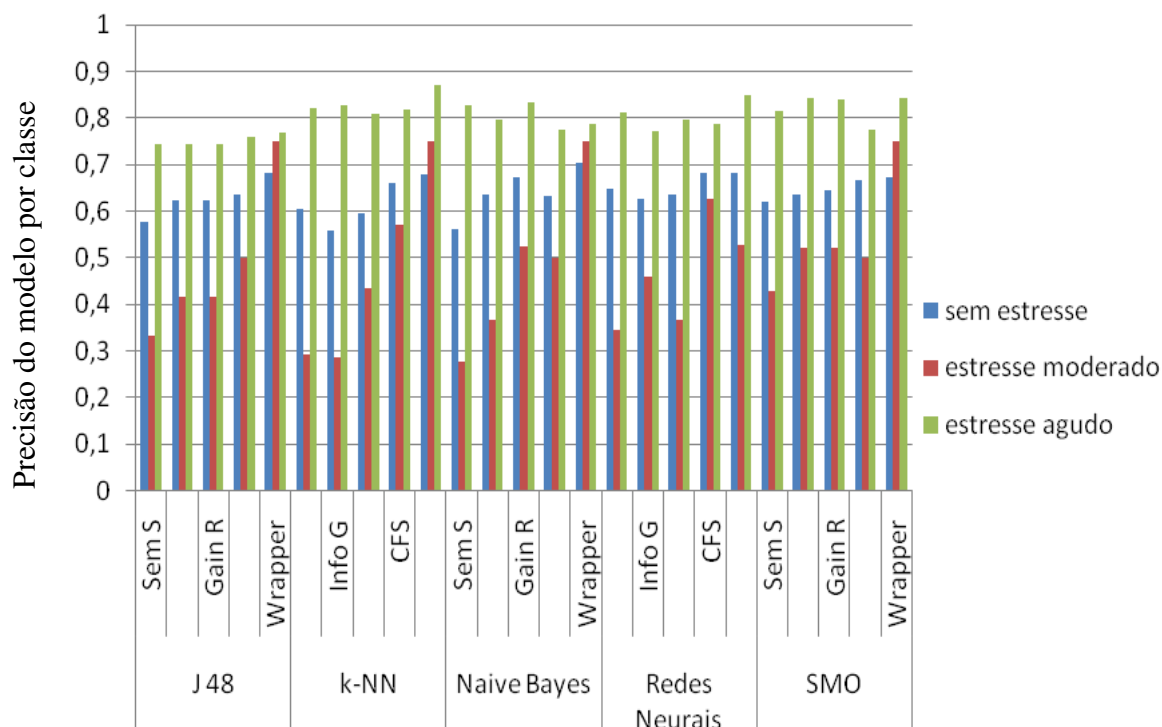


FIGURA 4. Precisão para cada nível de estresse dos diferentes algoritmos e métodos de seleção. **Precision for each level of stress of the distinct algorithms and selection methods.**

Na Figura 5 observa-se que, os melhores classificadores desenvolvidos foram k-NN e Naïve Bayes, sendo que os restantes foram descartados, e que o k-NN foi mais eficiente que o Naïve Bayes. Entretanto, vale ressaltar que o Naïve Bayes apresentou maior precisão para classe sem estresse (0,705). Além disso, a implementação deste modelo tem menor custo computacional, já que utiliza apenas três atributos, o intervalo de amplitude, a média da formante 3, e a amplitude mínima.

Nesta pesquisa, rede neural foi um dos algoritmos descartados, entretanto Nääs et al. (2008) desenvolveram um algoritmo utilizando redes neurais artificiais para classificar vocalização relacionadas as situações de estresse.

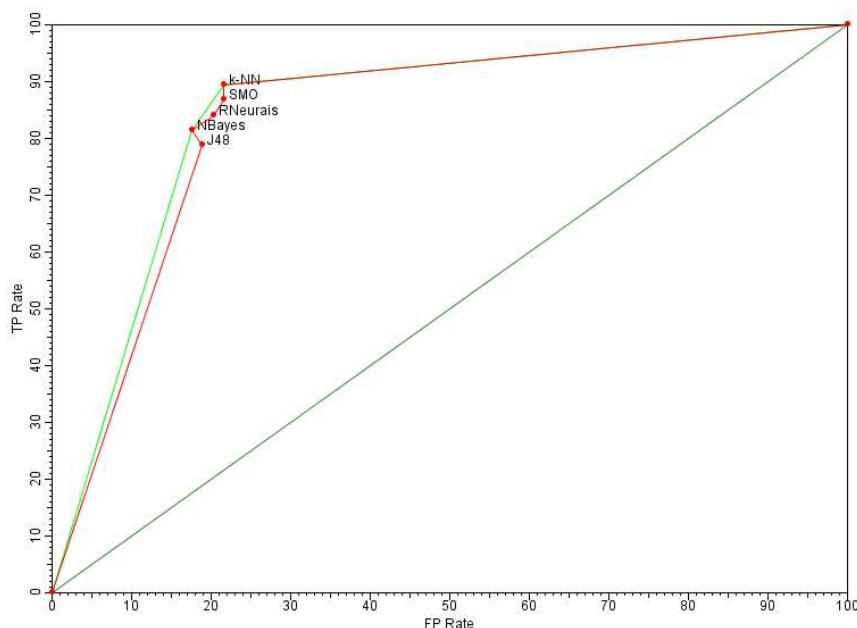


FIGURA 5. Curva ROC considerando a classe sem estresse como a mais importante. **ROC curve considering the class without stress as the most important one.**

Apesar do algoritmo J48 não ser o melhor modelo desenvolvido, ele obteve acurácia geral de 75% e precisão de 0,682 % para classe sem estresse, usando apenas dois atributos e possibilitando a ilustração do conhecimento adquirido (Figura 6). De acordo com a árvore de decisão encontrada (Figura 6), a diferença ou intervalo de amplitude é o atributo mais importante para predizer o nível de estresse. Se o intervalo de amplitude for alto ou médio, o estresse é agudo. Mas se o intervalo de amplitude for baixo, dependerá da média da formante 3, que sendo médio o estresse é moderado e se for baixo ou alto o animal não está em estresse. Risi (2010) identificou o nível de intensidade de lesão de artrite em suínos, pela vocalização destes animais, analisando, a intensidade sonora, frequência fundamental e primeira e segunda formantes. Segundo esta autora, os valores médios destes atributos tendem a diminuir à medida que o nível da lesão aumenta. Já Dupjan et al. (2008) encontraram diferenças nas frequências de ressonância, na vocalização de suínos em função do estímulo aversivo.

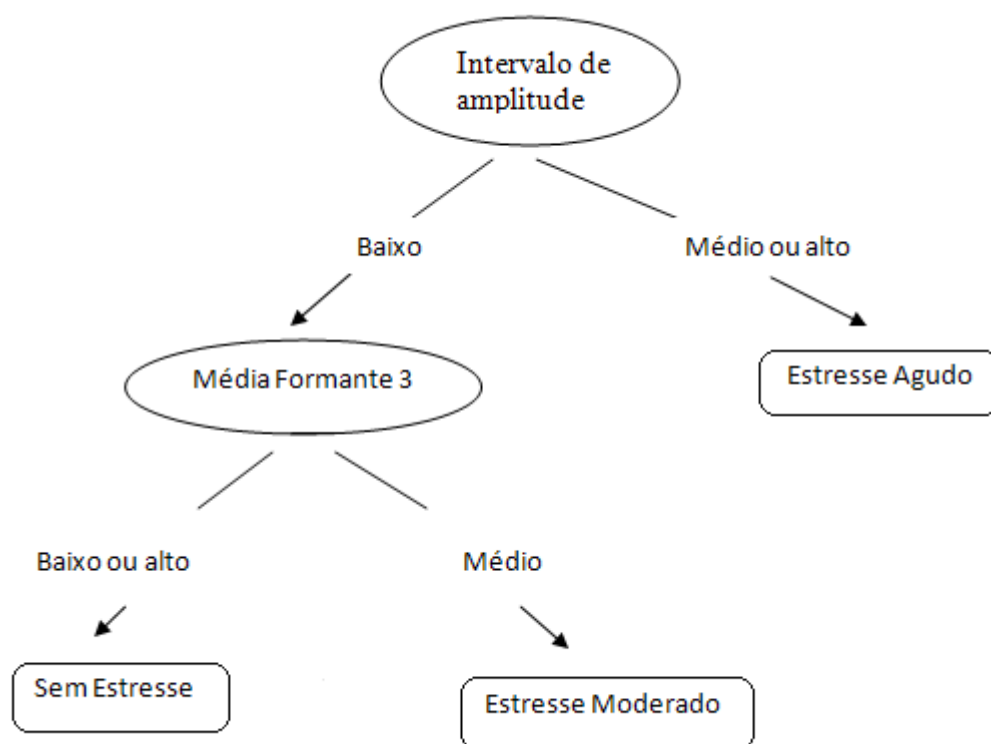


FIGURA 6. Árvore de decisão para classificação do nível de estresse em suínos. **Decision tree obtained by the use of the Weka[®] software.**

CONCLUSÕES

Nesta pesquisa foi possível classificar o nível de estresse em suínos pela sua vocalização. O uso da seleção de atributos possibilitou reduzir o número de características dos sons para construção do modelo, melhorando sua acurácia.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pela concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORDEIRO, A. F. S.; PEREIRA, E. M.; NÄÄS, I. A.; SILVA, W. T.; MOURA, D. J. Medida de vocalização de suínos (*Sus scrofa*) como um indicador de gasto energético. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, 2009. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, Campinas, v.2, n.2, p. 143-152, 2009.

DUPJAN, S.; SCHÖN, P-C.; PUPPE, B.; TUCHSCHERER, A.; MANTEUFFEL, G. Differential vocal responses to physical and mental stressors in domestic pigs (*Sus scrofa*). Applied Animal Behaviour Science, Londres, v.114, n.1, p. 105 – 115, 2008.

FITZPATRICK, J.; SCOTT, M.; NOLAN, A. Assessment of pain and welfare in sheep. Small Ruminants Research, Amsterdam, v.62, n.1, p.55 – 61, 2006.

HAN, J.; KAMBER, M. Data Mining - Concepts and Techniques. 2a ed. Nova York: Morgan Kaufmann, 2006.

KRANENDONK, G.; HOPSTER, H.; FILLERUP, M.; EKKEL, E.D.; MULDER, E.D. Cortisol administration to pregnant sows affects novelty-induced locomotion, aggressive behaviour, and blunts gender differences in their offspring. Hormones and Behaviour, Amsterdam, v. 49, n.5, p.663 - 672, 2006.

LEIDIG, M.S.; HERTRAMPF, B.; FAILING, K.; SCHUMANN, A.; REINER, G. Pain and discomfort in male piglets during surgical castration with and without local anesthesia as determined by vocalization and defense behaviour. Applied Animal Behaviour Science, Amsterdam, v.116, n.2-4, p. 174 - 178, 2009.

MARX, G.; HORN, T.; THIELEBEIN, J.; KNUBEL, B., BORELL, E. Analysis of pain-related vocalization in young pigs. Journal of Sound and Vibration, Amsterdam v.266, n.3, p. 687-698, 2003.

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.

PUPPE,B.; SCHÖN, P.C.; TUCHSCHERER, A.; MANTEUFFEL, G. Castration- induced vocalization in domestic piglets, *Sus scrofa*: Complex and specific alterations of the vocal quality. Applied Animal Behaviour Science, Amsterdam, v. 95, n.1-2, p.67- 78, 2005.

RISI, N. Uso da vocalização como indicador patológico em leitões na fase de maternidade. 2010. 93f. Dissertação - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

SILVA, M.; FERRARI, S.; COSTA, A.; AERTS, J.M.; GUARINO, M.; BERCKMANS, D. Cough localization for the detection of respiratory diseases in pig houses. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, v.64, n.2, p.286-292, 2008.

WHITE, R.G., DESHAZER, J.A., TRESSLER, C.J., BORCHER, G.M., DAVEY, S., WANINGE, A., PARKHURST, A.M., MILANUK, M.J. AND CLEMENS, E.T. Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 73, p. 381–386, 1995.

Capítulo II

(Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Engenharia Agrícola.)

GASTO ENERGÉTICO ENVOLVIDO NA VOCALIZAÇÃO DE SUÍNOS SOB ESTRESSE

ALEXANDRA F. DA S. CORDEIRO, IRENILZA DE A. NÄÄS, BRENDA B. MEDEIROS, ANA PAULA A. MAIA, ÉRICA M. PEREIRA

RESUMO: Entre os desafios da produção moderna de suínos estão o aumento da produtividade, melhor qualidade de carne de porco, menos poluição ambiental, e a redução dos custos de produção. Os porcos gastam energia vocalizando, especialmente quando expostos ao estresse. O desperdício de energia pode aumentar o custo de produção que pode resultar em maior poluição ambiental. O objetivo deste estudo foi estimar a energia gasta na vocalização de suínos sob o estresse da castração e seu efeito sobre o ganho de peso dos animais. Dois grupos de dez animais foram castrados, o primeiro sem anestesia e do segundo com anestesia local. As vocalizações destes animais foram registradas em diferentes momentos da gestão da castração e, em seguida, estimou-se a energia emitida em sua vocalização. A energia foi correlacionada com o ganho de peso dos animais. Não houve diferença na energia total gasta na vocalização dos dois grupos, provavelmente porque a energia gasta durante a aplicação da anestesia foi semelhante àquela do procedimento cirúrgico sem anestesia. Também não houve correlação entre a despesa de energia e ganho de peso dos animais. O gasto energético da vocalização de suínos em situações de dor foi maior do que em outras situações.

Palavras chaves: gasto de energia, estresse, vocalização.

ENERGY EXPENDITURE INVOLVED IN VOCALIZATIONS OF PIGS UNDER STRESS

ABSTRACT: Amongst the challenges of modern swine production, there are the increased productivity, improved quality of pork meat, less environmental pollution, and the reduction of production costs. The pigs spend energy vocalizing, especially when exposed to stress. Energy waste can increase the cost of production which may result in greater environmental pollution. The objective of this study was to estimate the energy expended in the vocalization of pigs under the stress of castration and its effect on weight gain of animals. Two groups of ten animals were castrated, the first one without anesthesia and the second using local anesthesia. The vocalizations of these animals were recorded at different times of the management of castration, and then we estimated the energy emitted in their vocalization. Later this energy was correlated with weight gain of animals. There was no difference in total energy spent in the vocalization of the two groups, probably because the energy expended during application of anesthesia was similar to the surgical procedure without anesthesia. There was also no correlation between energy expenditure and weight gain of animals. The energy expenditure of the vocalization of pigs in situations of pain was higher than in other situations.

Keywords: animal well-being , signal analysis, swine production.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos no mundo já é questão preocupante. A população cresce e, devido ao aumento do poder aquisitivo cresce o consumo de alimentos de origem animal e as exigências em relação ao produto consumido. A carne suína é a mais consumida no mundo e sua produção merece atenção especial, para obtenção do menor custo de produção, menor impacto ambiental e melhor qualidade de carne. O aumento do gasto de energia pelos animais implica em maior consumo de alimento, acarretando em maior custo de produção e ambiental envolvidos com a produção desses alimentos e resíduos dos animais. Os animais gastam energia vocalizando, principalmente quando exposto a situações de estresse (CORDEIRO, 2009).

A castração em animais de produção normalmente é realizada sem anestesia ou analgesia, e inclui diversos fatores dolorosos para o animal: incisão escrotal, a extração dos testículos e o corte do cordão espermático (TAYLOR e WEARY, 2000). Este procedimento é realizado para evitar o sabor e o odor característicos de suíno na carne, fazendo com que ela perca sua qualidade e consequentemente desvalorização do produto. Os animais destinados à terminação podem ser castrados em qualquer idade, porém, devido a algumas vantagens que favorecem que este procedimento seja realizado nas primeiras semanas de vida, normalmente esta é feita quando os leitões estão com aproximadamente sete dias de vida. Quanto mais idade o animal tiver, maiores são as complicações cirúrgicas, tais como: a ocorrência de hemorragias, cicatrização dificultada, infecções e podendo muitas vezes levar o animal a morte. Recentemente pesquisa-se a técnica de castração imunológica em substituição a castração convencional para amenizar a dor dos animais (PAULY et al. 2009; MORAES et al 2010).

O bem estar dos animais é questão relevante e estudada por vários autores (COSTA, 2008; SILVA et al. 2007; COSTA et al. 2007). A vocalização é uma importante ferramenta usada na suinocultura para identificação do bem estar dos animais (MOURA et al., 2008), identificação de patologias (RISI, 2010) e adequação ao conforto térmico (TOLON et al., 2010).

O gasto de energia envolvido na vocalização é pouco conhecido e merece atenção especial, por auxiliar no manejo dos animais, evitando situações que estimulam vocalizações de maior gasto de energia e diminuindo assim o custo de produção. O objetivo deste trabalho foi estimar a energia gasta na vocalização de suínos sob estresse da castração e o seu efeito no ganho de peso dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma granja comercial de produção de suínos localizada no município de Holambra no estado de São Paulo (23° 26' S 48° 52' O e altitude de 600 m). O processo de aquisição de dados (ou coleta dos sons) ocorreu na fase de maternidade durante o procedimento de castração. Foram utilizados 20 leitões com idades entre três e quatro dias de idade, divididos em dois grupos, com 10 animais, sendo que, no primeiro grupo a castração foi feita sem anestesia e no segundo grupo com anestesia local.

Para verificar possível existência de correlação entre a diferença de peso e a energia emitida na vocalização durante a castração, os leitões foram pesados antes e depois da castração, em uma balança digital Toledo com carga máxima de 15 kg e precisão de 0,005 kg. Após o procedimento o animal foi pesado juntamente com os testículos retirados que foram colocados em um recipiente previamente pesado. Para a realização da técnica de castração, cada leitão foi contido em uma caixa de madeira (0,30 x 0,10 x 0,10 m) própria para o procedimento. O método de castração utilizado foi a castração escrotal, onde se realiza uma incisão sobre cada testículo, longitudinalmente, através do qual se exterioriza os mesmos, após tracionar o cordão espermático até seu rompimento. Com o animal em decúbito dorsal, foi feita a anti-sepsia na região do escroto com Iodo tópico, e posteriormente, para o grupo de animais que recebeu anestesia, foi aplicado a anestésica Lidocaína (20%), dez minutos antes da incisão dos testículos. Após a retirada dos testículos, foi feita a limpeza com Iodo tópico. O experimento teve aprovação do comitê de ética da Unicamp, protocolo número 2224-1/2011.

Foram coletados os sinais de sons emitidos por cada animal durante todo o procedimento de castração, divididos em diferentes situações de estresse (Tabela 1). No final das fases de maternidade e de creche os animais foram pesados individualmente.

Table 1. Descrição das situações de estresse que os animais foram submetidos durante o procedimento da castração. Description of the stress situations the animals underwent throughout the castration procedure..

Manejo	Descrição
A (primeira pesagem)	Pesagem do animal antes da castração
B (secunda pesagem)	Pesagem do animal após castração
C (anaestesia)	Aplicação da anesthesia
D (apanha)	Segurar o animal pelas mãos
E (castração)	Execução da cirurgia
F (Contenção)	Segurar o animal em caixa própria para castração
G (soltura)	Devolução dos animais nas baias de origem

Para a captura dos sinais acústicos foi utilizado um microfone unidirecional Yoga[®] posicionado a aproximadamente 20 cm dos animais. Este microfone foi conectado a um gravador digital Marantz[®] PMD 660 onde os sinais foram digitalizados a uma frequência de até 44.100 Hz.

Para determinação da energia emitida na vocalização foi usado um programa no ambiente Matlab[®] 6.1, como descrito por Cordeiro et al. (2009). Este programa, inicialmente, faz o *input* dos sinais coletados, para realizar o cálculo do envelope do sinal que está sendo analisado. Em seguida, é calculada a Transformada de Hilbert, para a obtenção da envoltória estimada dos sinais.

Para análise estatística dos dados recorreu-se à ANOVA e a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Além disso, foi utilizado o teste de Pearson para averiguar correlação entre a energia emitida na vocalização e a diferença de peso entre as pesagens; e entre a energia e o peso final da maternidade e da creche. Em todas as análises utilizou-se o *software* Minitab[®].

RESULTADO E DISCUSSÃO

Não houve diferença ($\alpha < 0,05$) para energia emitida na vocalização total dos animais castrados sem anestesia (813 kcal) e com anestesia local (1452 kcal). A Figura 1 apresenta os resultados da energia emitida para cada procedimento durante o manejo da castração. Observa-se que o maior gasto de energia foi nas situações de aplicação de anestesia para o grupo castrado com anestesia e, da castração, para o grupo castrado sem anestesia. Além disso, não houve diferença da energia emitida na vocalização nestas duas situações. Tal fato explica a não existência de diferença na energia emitida na vocalização total dos dois grupos. Estas duas situações estavam representando a dor em leitões e foram similares entre si e diferentes das demais. Marx et al. (2003) também observaram maior energia emitida nos gritos do que nos grunhidos dos leitões.

A grande variação dos dados tanto para anestesia quanto para castração reflete as diferenças individuais da resposta dos animais a dor. Nääs et al. (2008) encontraram diferenças individuais na vocalização de porcas submetidas a um mesmo tipo de estresse. Os resultados sugerem que a anestesia provoca mesma intensidade de dor que a castração, sendo, portanto um estresse adicional.

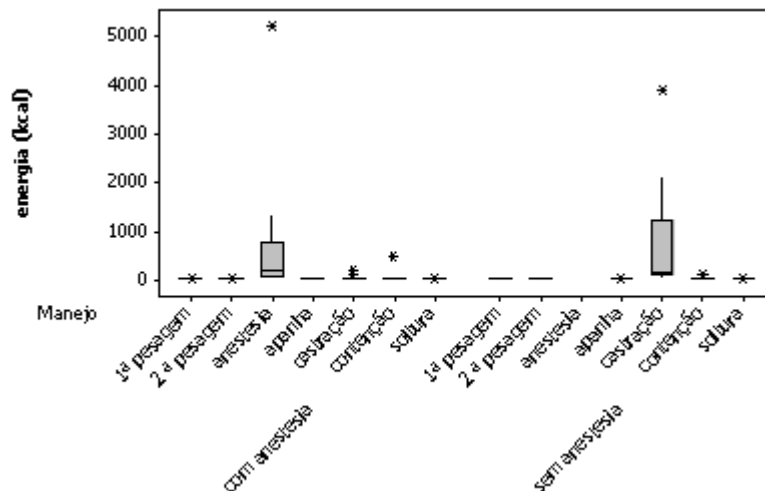


Figura1. Boxplot para energia emitida na vocalização de suínos submetidos a diferentes procedimentos.

Boxplot parágrafo Energia emitida nd vocalização de Suínos submetidos a Diferentes procedures.

Não houve correlação entre a energia emitida na vocalização e o peso no final da fase de maternidade e da fase de creche (Tabela 2). De acordo com os resultados, parece que a energia emitida na vocalização dos animais não provocou nenhum impacto no seu ganho de peso. Outros fatores que não foram controlados neste experimento poderiam ter influenciado nos resultados. Segundo Kummer et al. (2009), fatores genéticos, nutricionais, sanitários, ambientais e humanos (manejo dos tratadores) podem influenciar o desempenho dos leitões na fase de creche.

Tabela 2. Correlação entre a energia emitida na vocalização durante a castração e o peso no final das fases de maternidade e creche. Table 2. **Correlation between the emitted energy vocalization during castration and weight in the final stages of farrowing and nursery.**

	Correlação de Pearson	p-valor
Peso maternidade	0,023	0,924
Peso creche	-0,191	0,448

Houve diferença no ganho de peso dos animais castrados sem anestesia e com anestesia no final da fase de maternidade e da fase de creche (Tabela 3). Os animais com

menor ganho de peso na fase de maternidade tenderam a ter maior ganho de peso na creche (Figura 1). Os resultados estão em desacordo com a literatura, pois animais com maior peso na desmama tendem a ter maior peso no final da creche (Smith et al., 2007).

Tabela 3. Médias de ganho de peso (kg) dos animais, durante a castração, na fase de maternidade e creche para os grupos sem anestesia e com anestesia local. Average weight gain (WG, kg) of the animals during castration, during farrowing and nursery phases, divided by the groups with and without anesthetic.

	Com anestesia	Sem anestesia
GP durante castração	-0,00062a	-0,00450a
GP maternidade	2,2525b	2,9475a
GP creche	13,775a	12,210b

Obs: GP durante a castração reflete o peso perdido pelos animais durante o procedimento.

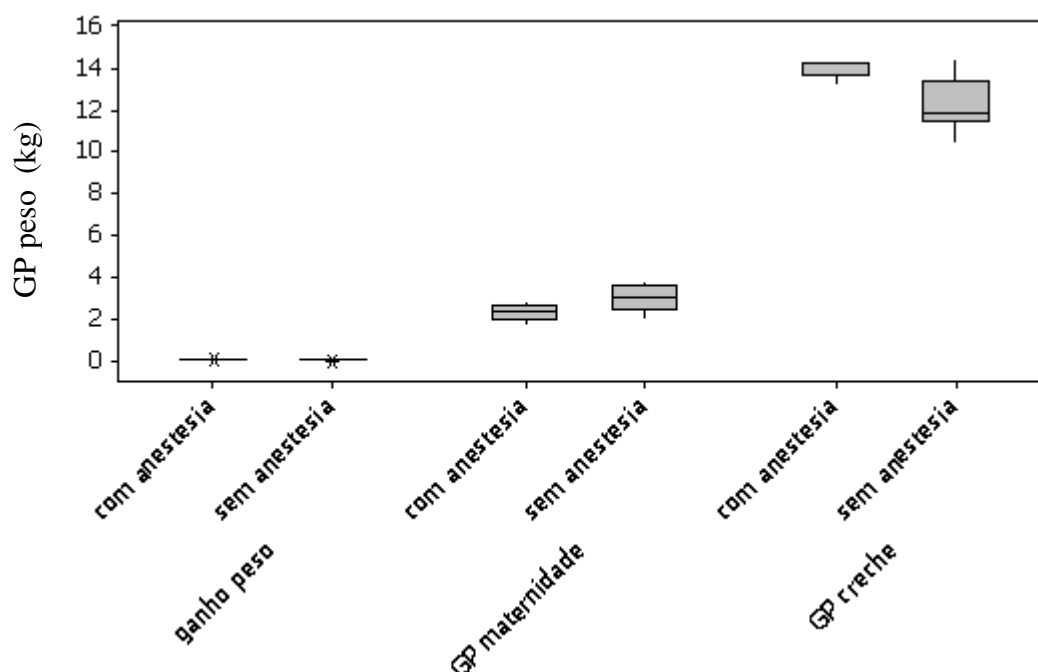


Figura 4. Peso dos animais no dia da castração e ganho de peso nas fases de maternidade e creche. Weight of animals on the day of castration and weight gain in maternity and nursery phases

CONCLUSÃO

É possível estimar o gasto de energia da vocalização de suínos e este em situação de dor é maior do que em outras situações. O uso de anestesia antes da castração deve ser criteriosamente estudado para não tornar a castração ainda mais estressante para o animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORDEIRO, A. F. S.; PEREIRA, E. M.; NÄÄS, I. A.; SILVA, W. T.; MOURA, D. J. Medida de vocalização de suínos (*Sus scrofa*) como um indicador de gasto energético. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, Campinas, v.2, p.143-152, 2009.
- COSTA, A.N. Produção e bem-estar animal aspectos técnicos e éticos da produção intensiva de suínos. Ciência Veterinária dos Trópicos, Recife-PE, v. 11, suplemento 1, p. 43-48, abril, 2008.
- COSTA, O.A.D.; LUDKE, J.V.; COSTA, M.J.R.P.; FAUCITANO, L.; PELOSO, J.V.; ROZA, D.D. Modelo de carroceria e seu impacto sobre o bem-estar e a qualidade da carne dos suínos. Ciência Rural, Santa Maria, v.37 n.5 p. 1418-1422, 2007.
- KUMMER, R.; GONÇALVES, M.A.D.; LIPPKE, R.T.; MARQUES, B.M.F.; MORES, T.J. Fatores que influenciam o desempenho dos leitões na fase de creche. Acta Scientiae Veterinariae, Porto Alegre, v. 37, supl.1, p. 195- 209, 2009.
- MARX, G.; HORN, T.; THIELEBEIN, J.; KNUBEL, B., BORELL, E.; Analysis of pain-related vocalization in young pigs. Journal of Sound and Vibration, Amsterdam, v. 266, n.3, p. 687-698, 2003.
- MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I. S. Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas. Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.2, p.409-414, 2010.
- MOURA, D. J.; SILVA, W.T.; NÄÄS, I.A.; TOLON, Y.B.; LIMA, K.A.O.; VALE, M.M. Real time computer stress monitoring of piglets using vocalization analysis. Computers and Electronics 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.

PAULY, C.; SPRING, P.; O'DOHERTY, J. V.; KRAGTEN, S. A.; BEE, G. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *The International Journal of Animal Biosciences*, Cambridge, v. 3, n.7, p. 1057-1066, 2009.

RISI, N. Uso da vocalização como indicador patológico em leitões na fase de maternidade. 2010. 93 f. Dissertação- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

SILVA, R.B.T.R., NÄÄS, I.A., MOURA, D.J.; SILVEIRA, N.A. Welfare Norms for Swine Production under Intensive Rearing System. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, Campinas, vol 1, p. 137-145, 2007.

SMITH A.L., STALDER K.J., SERENIUS T.V., BAAS T.J. & MABRY J. W. Effects of piglet birth weights at weaning and 42 days post weaning. *Journal of Swine Health and Production*. 15(4): 213-218, 2007.

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

TOLON, Y.B.; BARACHO, M.S.; NÄÄS, I.A.; ROJAS, M.; MOURA, D.J. Ambiências térmica, aérea e acústica para reprodutores suínos *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.1, p.1-13 ,jan./fev. 2010.

Capítulo III

(Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Engenharia Agrícola.)

ESTIMATIVA DO NÍVEL DE DOR EM SUÍNOS SUBMETIDOS A DIFERENTES MANEJOS PELA SUA VOCALIZAÇÃO

ALEXANDRA F. DA S. CORDEIRO, IRENILZA DE A. NÄÄS,
MARTA DOS SANTOS BARACHO, FABIO VIOLARO, ANDRÉIA C. M. DE
ALMEIDA

RESUMO: A dor é um dos principais fatores que interferem no bem estar dos animais, porém é um fator de difícil mensuração. O objetivo desta pesquisa foi estimar o nível de dor em suínos pela sua vocalização. Foi gravada a vocalização de 20 leitões machos em situação normal, durante o manejo de caudectomia, de marcação pelo método Australiano e de castração. Para a captura dos sinais acústicos foi utilizado um microfone unidirecional Yoga® e um gravador digital Marantz® PMD 660, e os sinais foram digitalizados a uma frequência de até 44.100 Hz. Os referentes sinais de sons coletados foram editados e analisados no software Praat® e para análises estatísticas utilizou-se o software Minitab®. Os parâmetros frequência de Pitch (Hz), amplitude máxima (Pa) e intensidade (dB) aumentar de normal para marcação e de marcação para caudectomia e castração, não havendo diferença entre estes dois últimos manejos. Os resultados sugerem que a frequência de Pitch, a amplitude máxima e a intensidade do sinal vocal do suíno aumentam a medida que se intensifica o nível de dor.

Palavras chaves: estresse, caudectomia, castração, marcação

ESTIMATE OF LEVEL OF PAIN IN PIGS SUBJECT TO DIFFERENT MANAGEMENTS FOR ITS VOCALIZATION VOCALIZATION

Pain is one of the main factors that affect the welfare of animals, but this factor is difficult to measure. The aim of this study was to estimate the level of pain in pigs by their vocalization. It was recorded the vocalizations of 20 male piglets under normal

circumstances, during the handling of caudectomy, marking for Australian method and castration. To capture the acoustic signals was used Yoga ® unidirectional microphone and a digital recorder Marantz PMD 660 ®, and the signals were digitized at a frequency of up to 44,100 Hz. The signals sounds collected were edited and analyzed using the software Praat ® and for statistical analysis was used Minitab software ®. The parameters of pitch frequency (Hz), maximum amplitude (Pa) and intensity (dB) increase from normal to marking and from marking for caudectomy and castration, with no difference between the latter two managements. The results suggest that the frequency of pitch, the maximum amplitude and intensity of the voice signal of the pig increases which intensifies the level of pain.

Key words: stress, caudectomy, castration, marking

INTRODUÇÃO

A carne suína é a mais consumida no mundo e o Brasil, sendo um importante exportador desta carne, deve atender às exigências internacionais em relação ao bem estar destes animais. A dor é um dos principais fatores que interferem no bem estar dos animais e a determinação de sua intensidade de dor é difícil de ser realizada até mesmo em humanos. Os suínos estão sujeitos a fatores agressores que produzem dor, como a caudectomy e castração (DUNCAN, 2005).

A castração visa evitar sabor e odor indesejáveis na carne suína e sendo uma prática comum na suinocultura, geralmente feita sem o uso de anestesia. A caudectomy é adotada como medida preventiva contra o canibalismo que é frequente entre os leitões. A identificação dos suínos é indispensável para o rastreamento do produto. O método Australiano de marcação está entre os mais usados na suinocultura e consiste em piques e furos na orelha que correspondem a uma numeração específica para identificar o animal.

A vocalização tem sido uma ferramenta útil e não invasiva para estimar o bem estar de suínos (MOURA et al., 2008; CORDEIRO et al., 2009; MARX et al., 2003; LEIDIG et al., 2009). É possível reconhecer mudanças fisiológicas pela análise das características da frequência dos sinais vocais (IKEDA e ISHII, 2008). Aumento na taxa de vocalização foi observado em suínos após receberem injeção de corticotrofina, hormônio do estresse

(JOHNSON et al., 1994). De acordo com LEIDIG et al. (2009), leitões castrados sem anestesia emitiram chamadas de estresse durante 50,8% do tempo total da castração, enquanto leitões castrados com anestesia local emitiram vocalização de estresse em 30,7% do tempo.

Métodos para mensurar objetivamente dor e bem estar em animais de produção precisam ser muito bem estudados para não se obter resultados incorretos (FITZPATRICK et al., 2006). A mineração de dados tem auxiliado na descoberta de vários conhecimentos na área de produção animal (NÄÄS et al., 2008; LIMA e RODRIGUES, 2010; PANDORFI et al., 2011). Entre as tarefas de mineração de dados a classificação possibilita gerar a partir de um conjunto de exemplos (treinamento) um classificador capaz de classificar um novo exemplo em sua classe. O algoritmo C4.5 é um dos mais usados na tarefa de classificação, por possibilitar a ilustração do conhecimento adquirido, por meio de regras. Este algoritmo possui várias implementações, dentre elas o algoritmo J48, disponível no programa computacional Weka®, para gerar árvores de decisão.

A determinação de escala de dor em qualquer ser vivo é subjetiva e de difícil mensuração. Entretanto, o reconhecimento da intensidade de dor pode ajudar a detectar sua causa e saná-la, assegurando o bem estar do animal. O objetivo desta pesquisa foi estimar o nível de dor em suínos pela sua vocalização.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em granja comercial da cidade de Holambra-SP. Foi gravada a vocalização individual de 20 leitões machos na fase de maternidade dos animais em situação normal, ou seja, livre de estresse e durante o manejo de caudectomia, de marcação pelo método Australiano, com corte na orelha e de castração. Os leitões foram tirados de suas baias e alocados individualmente em um corredor (Figura 1A) para a coleta do sinal vocal da situação normal ou sem estresse. Posteriormente eles foram marcados de um a vinte com piques e furos na orelha de acordo com o método Australiano (Figura 1B). Posteriormente, foi realizada a caudectomia com equipamento tipo guilhotina com ferro quente. E por último, foi feita a castração (Figura 1C) com uma incisão sobre cada testículo, longitudinalmente, através do qual se exterioriza os mesmos, e em seguida traciona o cordão espermático até seu rompimento.

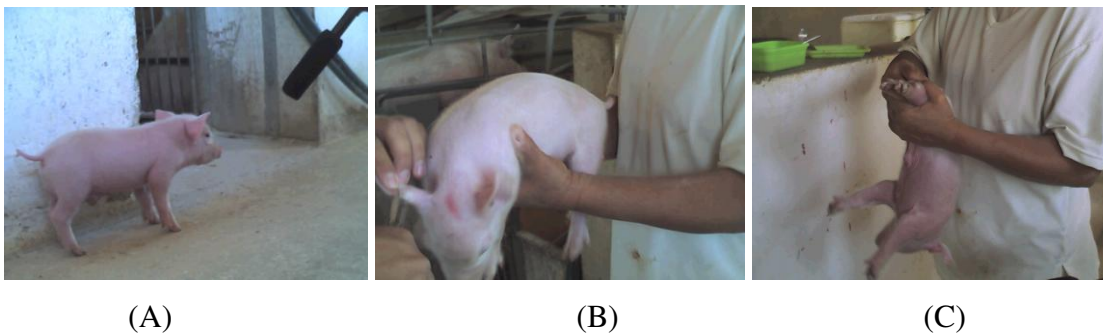


Figura 1. Coleta do sinal acústico do animal em situação normal (A), sendo marcado com picos na orelha (B) e sendo castrado (C).

Para a captura dos sinais acústicos foi utilizado um microfone unidirecional Yoga® posicionado a aproximadamente 20 cm dos animais. Este microfone foi conectado a um gravador digital Marantz® PMD 660 e os sinais foram digitalizados a uma frequência de até 44.100 Hz. Os sinais de sons coletados foram editados e analisados no software Praat®, obtendo-se a energia do sinal, a frequência de Pitch e as frequências das quatro primeiras formantes da onda sonora. Para análises estatísticas utilizou-se o *software* Minitab®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da ANOVA para as quatro situações avaliadas. Houve diferença estatística para todos os parâmetros avaliados ($\alpha < 0.05$). Entretanto a duração do sinal foi o único parâmetro que diferenciou em todas as situações de estresse.

Tabela 1. Médias e desvios padrões dos parâmetros acústicos para as quatro situações de estresse avaliadas. **Means and standard deviations of the acoustic parameters for the four stress situations evaluated.**

Parâmetro	Normal		Marcação		Caudectomia		Castração	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Energia (Pa² * s)	0,01c	0,06	0,41c	0,45	2,11b	0,77	3,12a	1,41
Duração (s)	0,26d	0,18	4,13c	1,60	7,65b	1,96	13,03a	3,64
Amplitude máxima (Pa)	0,27c	0,11	0,78b	0,33	1,00a	0,00	1,00a	0,00
Intensidade (dB)	70,41c	3,34	77,64b	9,893	88,31a	1,88	87,39a	1,82
Pitch (Hz)	126,12c	100,97	214,58b	85,10	330,97a	77,20	285,01a	73,82

Os parâmetros frequência de Pitch (Hz), amplitude máxima (Pa) e intensidade (dB) tiveram comportamento semelhantes. Tendendo a aumentar sucessivamente de normal para marcação, depois para caudectomia e castração (Figura 2). Para estes três parâmetros avaliados não houve diferença para as situações de caudectomia e castração. Estes resultados sugerem que a frequência de Pitch, a amplitude máxima e a intensidade do sinal vocal do suíno aumentam à medida que aumenta o nível de dor.

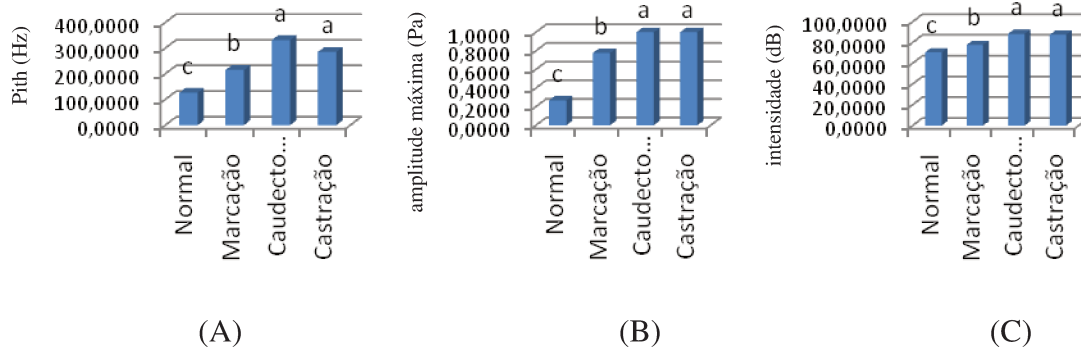


Figura 2. Gráficos dos parâmetros Pitch (Hz) em (A), amplitude máxima (Pa) em (B) e intensidade (dB) em (C). Para cada gráfico, as médias das colunas com letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha < 0,05$).

A duração do sinal foi diferente para as quatro situações estudadas, tendo aumento progressivo para normal, marcação, caudectomia e castração (Figura 3). Este resultado talvez seja devido a duração do procedimento e não a intensidade de dor. A energia do sinal teve um comportamento diferente dos outros parâmetros avaliados. Não diferenciou normal de marcação, mas diferenciou caudectomia de castração. Tal fato pode ser devido ao tempo de duração de cada procedimento porque a energia emitida está relacionada ao tempo de duração da vocalização. White et al. (1995) observaram que leitões castrados sem anestesia local apresentaram vocalização com maior energia em relação aos animais castrados com anestesia local. Estes dados também foram encontrados por Horn et al. (1999).

As expressões vocais de suínos são altamente correlacionadas a seus níveis de excitação. Vocalizações com baixa tonalidade (grunhidos) são utilizadas na manutenção do contato social, enquanto a alta tonalidade (gritos) está mais relacionada com estados de excitação (Schrader et al., 1998).

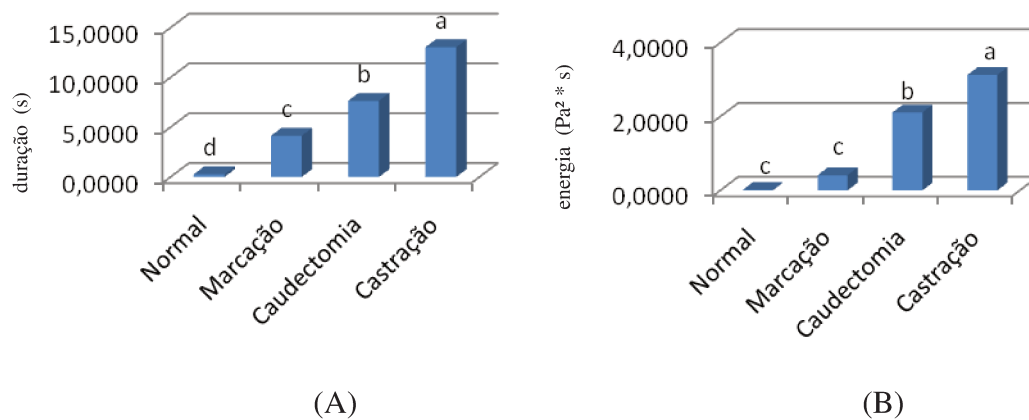


Figura 3. Gráficos da duração do sinal (s) em (A) e da energia do sinal ($\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$) em (B). Para cada gráfico as médias das colunas com letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha < 0.05$).

É possível classificar as situações de estresse avaliadas com 78.20% de acurácia (Figura 4), utilizando apenas dois parâmetros da vocalização. De acordo com a árvore de decisão, a duração do sinal é o parâmetro mais importante para classificar as situações de estresse, seguida do parâmetro energia do sinal. Se a duração do sinal é $\leq 0,82$ s o animal está no seu estado normal, livre de estresse, mas se a duração do sinal for $> 8,682792$ a vocalização é de animal durante castração. Se a duração do sinal estiver no intervalo entre 0,82 e 8,68, então deve-se considerar a energia também. Neste caso se a energia for $\leq 1,41$ a situação é de marcação e se for $> 1,41$ então a vocalização refere-se à caudectomia.

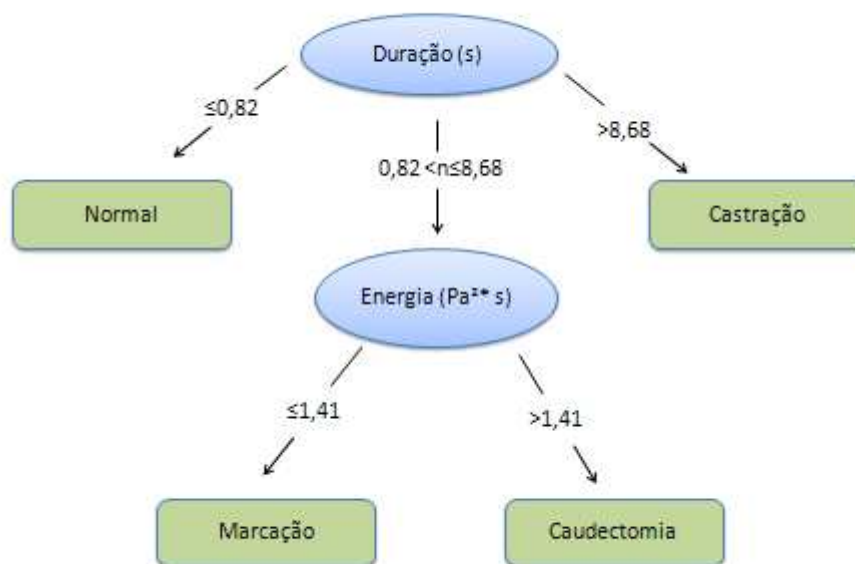


Figura 4. Árvore de decisão gerada pelo algoritmo J48 do software Weka®.

Marx et al. (2003), avaliando a vocalização de suínos durante a castração, concluíram que as vocalizações associadas com a dor podem ser identificadas e caracterizadas principalmente pela energia, frequência e duração do sinal. Essa variação da morfologia acústica com diferentes níveis de dor (WEARY et al., 1997; MARX et al., 2003; PUPPE et al., 2005; DÜPJAN et al., 2008), a resposta vocal de suínos submetidos a distintos graus de frustração e medo (WEARY et al., 1998 e SCHÖN et al., 2001), são indicadores confiáveis na avaliação do bem-estar animal (CLOUTIER et al., 2000; MANTEUFFEL et al., 2004).

A vocalização é uma resposta externa do animal que pode permitir avaliar se existem problemas de gestão na suinocultura (FRASER, 1974) e também identificar os riscos intrínsecos de bem-estar em várias fases do procedimento de castração (WHITE et al., 1995; WEARY et al., 1998; HORN et al., 1999; TAYLOR e WEARY, 2001; SCHON et al., 2001 e TAYLOR et al., 2001) e pode ser válida para estudar o impacto específico do estresse, dor e desconforto no comportamento do animal.

Alternativas práticas como: o desenvolvimento de métodos mais adequados, como uso de métodos não cirúrgicos (imunocastração) (BONNEAU & ENRIGHT, 1995) deveriam ser desenvolvidas para melhorar o bem-estar animal.

CONCLUSÃO

É possível estimar níveis de dor em suínos através da sua vocalização com medidas objetivas, o que pode auxiliar na tomada de decisão do manejo dos animais e na manutenção do bem estar dos animais. A marcação pelo método Australiano causa dor nos animais e sua substituição por outro método deveria ser estudada. O manejo da caudectomia provoca um nível de dor similar ao da castração, e trabalhos futuros deveriam comparar tipos de procedimentos para realização do corte de cauda e até mesmo questionar sua real necessidade na suinocultura.

AGRADECIMENTO: A FAPESP pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONNEAU, M., ENRIGHT, W.J. Immunocastration in cattle and pigs. *Livest. Prod. Sci.* 42, 193–200.1995.
- CLOUTIER, S., WEARY, D. M. & FRASER, D. Can ambient sound reduce distress in piglets during weaning and restraint? *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 3, 107 e 116. 2000.
- CORDEIRO, A. F. S.; PEREIRA, E. M.; NÄÄS. I. A.; SILVA, W. T.; MOURA, D. J. Medida de Vocalização de Suínos (*Sus scrofa*) como um Indicador de Gasto Energético. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*. Campinas, p.2, p. 2, 2009.
- DUNCAN, I.J.H. Science-based assessment of animal welfare: farm animals. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* v.24, n.2, p.483-492, 2005.
- FITZPATRICK, J.; SCOTT, M.;NOLAN, A. Assessment of pain and welfare in sheep. *Small Rum. Res.*,v.62, p.55–61, 2006.
- FRASER, D. The vocalizations and other behaviour of growing pigs in an “open field” test. *Appl. Anim.Ethol.* 1, 3–16. 1974.

HORN, T., MARX, G., VON BORELL, E. Verhalten von Ferkeln während der Kastration mit und ohne Lokalanästhesie. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 106, 271-274, 1999.

IKEDA, Y.; ISHII, Y. Recognition of two psychological conditions of a single cow by her voice. Computers and Electronics in Agriculture, v.62, p.62-72, 2008.

JOHNSON, R.W.; VON BORELL, E.; ANDERSON, L.L.; KOJIC, L.D.; CUNNICK, J.E. Intracerebroventricular injection of corticotrophin-releasing hormone in the pig: acute effects on behavior, adrenocorticotropin secretion, and immunosuppression. Endocrinology 135, p. 642-648, 1994.

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

LIMA, M.G.F.; RODRIGUES, L.H.A. Árvore de decisão aplicada em dados de incubação de matrizes de postura hy-line w36. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 34, n. 6, p. 1550-1556, 2010.

MARX, G.; HORN, T.; THIELEBEIN, J.; KNUBEL, B., BORELL, E.; Analysis of pain-related vocalization in young pigs. Journal of Sound and Vibration, 266, p. 687-698, 2003.

MANTEUFFEL, G., PUPPE, B., SCHÖN, P.C. Vocalization of farm animals as a measure of welfare. Appl. Anim. Behav. Sci. 88, 163–182. 2004.

MOURA, D. J.; SILVA, W.T.; NÄÄS, I.A.; TOLON, Y.B.; LIMA, K.A.O.; VALE, M.M. REAL timecomputer stress monitoring of piglets using vocalization analysis. Computers and Electronics in Agriculture, 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.

PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O.; SARNIGHAUSEN, V.C.R.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T.; GUISELINI, C. Uso de redes neurais artificiais para predição de índices zootécnicos nas fases de gestação e maternidade na suinocultura. R. Bras. Zootec. vol. 40 n. 3, 2011.

- PUPPE, B., SCHÖN, P.C., TUCHSCHERER, A., MANTEUFFEL, G. The influence of domestic piglets' (*Sus scrofa*) age and test experience on the preference for the replayed maternal vocalisation in a modified open-field test. *Acta Ethol.* 5, 123–129. 2005.
- SCHÖN, P.C., PUPPE, B., MANTEUFFEL, G. Linear prediction coding analysis and self-organizing feature map as tools to classify stress calls of domestic pigs (*Sus scrofa*). *J. Acoust. Soc. Am.* 110, 1425–1431. 2001.
- SCHRADER, L., TODT, D. Vocal quality is correlated with levels of stress hormones in domestic pigs. *Etology* 104, p.859-876, 1998.
- TAYLOR, A.A., WEARY, D.M. Vocal responses of piglets to castration: identifying procedural sources of pain. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70, 17–26. 2000.
- TAYLOR, A.A., WEARY, D.M., LESSARD, M., BRAITHWAITE, L. Behavioural responses of piglets to castration: the effect of piglet age. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73, 35–43. 2001.
- WEARY, D.M., BRAITHWAITE, L.A., FRASER, D. Vocal response to pain in piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 56, 161–172. 1998.
- WEARY, D.M., ROSS, S.K., FRASER, D. Vocalizations by isolated piglets: a reliable indicator of piglet need directed towards the sow. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53, 249–257. 1997.
- WHITE, R.G., DESHAZER, J.A., TRESSLER, C.J., BORCHER, G.M., DAVEY, S., WANINGE, A., PARKHURST, A.M., MILANUK, M.J. AND CLEMENS, E.T. Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *Journal of Animal Science.* 73, pp. 381–386, 1995.

Capítulo IV

(Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Engenharia Agrícola.)

CLASSIFICAÇÃO DE CONDIÇÕES DE ESTRESSE EM SUÍNOS A PARTIR DA SUA VOCALIZAÇÃO

Alexandra F. da S. Cordeiro, Irenilza de A. Nääs, Stanley R. M. Oliveira

Fabio Violaro, Andréia C. M. de Almeida, Diego Pereira Neves

RESUMO: O bem estar dos suínos é um dos temas mais questionáveis na suinocultura intensiva. Entretanto a estimativa do bem estar dos animais ainda é uma tarefa difícil e bastante subjetiva. A vocalização dos animais é uma ferramenta não invasiva e objetiva para identificação do bem estar dos animais. O objetivo desta pesquisa foi identificar condições de estresse em suínos a partir de sua vocalização. Foram coletados os sinais vocais de 40 animais em situação sem estresse, com frio, com restrição a amamentação e com dor. Para a captura dos sinais acústicos foi utilizado um microfone unidirecional Yoga, posicionado a aproximadamente 15 cm da boca dos animais. Este microfone foi conectado a um gravador digital Marantz® PMD 660, onde os sinais foram digitalizados a uma frequência de 44.100 Hz. Os sinais de sons coletados foram editados e analisados no *software* Praat®. Para a classificação das condições de estresse foi usado o algoritmo de árvore de decisão (J48) do *software* Weka®. Foi possível classificar as condições livre de estresse, estresse por dor, por frio e por fome a partir da vocalização de suínos na fase de maternidade com 81,12 % de acurácia. Os resultados revelaram que a vocalização é uma importante ferramenta, não invasiva, para a identificação do estresse em suínos.

Palavras chaves: bem estar animal, suinocultura, sinais de sons.

CLASSIFICATION OF CONDITIONS OF STRESS IN PIGS FOR ITS VOCALIZATION

The welfare of pigs is one of the most questionable in intensive pig farming. However the estimation of animal welfare is still difficult and quite subjective. The vocalization of animals is a noninvasive and objective tool for identification of animal welfare. The objective of this research was to identify stress conditions in pigs from his voicing. Vocal signals were collected from 40 animals in situations without stress, cold, constrained breastfeeding and pain. For capturing the acoustic signals a unidirectional microphone Yoga was used, positioned about 15 cm from the mouth of the animals. This microphone was connected to a digital recorder Marantz PMD 660 ®, where the signals were digitized at a frequency of 44,100 Hz. The signals sounds collected were edited and analyzed using the software Praat ®. For classification of stress conditions was used decision tree algorithm (J48) software Weka®. It was possible to classify the stress-free conditions, stress pain, cold and hungry from the vocalization of pigs in the maternity with 81.12% of accuracy. The results revealed that the vocalization is an important tool, noninvasive, for the identification of stress in pigs.

Key words: animal well-being, production pig, signs of sound

INTRODUÇÃO

A suinocultura tem se destacado no mercado de produtos alimentícios, principalmente devido ao sabor agradável e valor nutricional da carne. Entretanto o consumidor esta cada vez mais exigente em relação aos produtos que consomem e mesmo reconhecendo as qualidades da carne suína, questiona-se cada vez mais sobre o bem estar dos animais. O tema já esta sendo discutido na mídia e tornando-se cada vez mais polêmico, colocando em riscos o consumo e toda cadeia de produção da carne suína.

Apesar da grande relevância, o bem estar dos animais ainda é de difícil mensuração e faltam métodos eficientes para serem usados em larga escala. Além disso, o grau de satisfação do animal com seu ambiente ainda é um desafio. Para que um animal esteja em conforto, devem ser atendidas as “Cinco liberdades” propostas pelo Comitê de Bem-estar de Animais de Fazendas Agrícolas (FAWC), onde os animais devem ser livres de sede,

fome e desnutrição; livres de desconforto; livres de dor, lesões e doenças; devem ter liberdade para expressar comportamento normal; devem ser livres de medo e de estresse. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de ferramentas precisas para estimar o bem estar dos animais.

A vocalização é uma ferramenta objetiva, não invasiva, e estudada por vários autores para estimar o bem estar de suínos (MOURA et al., 2008; CORDEIRO et al., 2009; MARX et al., 2003). Segundo Schrader e Todt (1998), uma resposta ao estresse como liberação de adrenalina, pode ser acompanhada por mudanças nas taxas de tipos específicos de vocalização. Johnson et al. (1994) observaram aumento da taxa de vocalização em porcos após receberem injeção de corticotrofina. Posteriormente, foi observado aumento da vocalização em leitões de porcas tratadas com cortisol (KRANENDONK, 2006). De acordo com Marx et al. (2003), parâmetros de emissão de energia, frequência e duração das chamadas são particularmente apropriados para caracterizar o tipo de chamada. Para manipular e analisar esses dados, técnicas inteligentes podem ser utilizadas para auxiliar na identificação de situações de estresse, uma vez que tais técnicas são capazes de transformar dados em informações relevantes e em conhecimento, oferecendo subsídios para a tomada de decisão. Em particular, técnicas de mineração de dados têm apresentado resultados promissores na descoberta de conhecimentos na área de produção animal (NÄÄS et al., 2008; LIMA e RODRIGUES, 2010; PANDORFI et al., 2011). Segundo Fayyad et al. (1996), mineração de dados é a etapa principal do processo de descoberta de conhecimento, cuja finalidade é identificar padrões válidos, desconhecidos, potencialmente úteis e compreensíveis. Os padrões descobertos podem ser úteis para descrever estruturas não conhecidas ou para predizer novas situações.

O objetivo deste trabalho foi classificar diferentes situações de estresse a partir da vocalização de suínos na fase de maternidade, por meio de técnicas de mineração de dados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada a gravação individual da vocalização de 40 leitões com 22 semanas de vida, individualmente, sendo 20 machos e o restante fêmeas, em diferentes situações de

estresse na fase de maternidade. Para gravação dos sons os animais foram isolados individualmente em um corredor (Figura 1A).

Primeiramente, foram coletados os sinais vocais dos animais em situação sem estresse, com conforto térmico, com acesso à amamentação e sem dor. Em seguida, realizou-se o estresse por dor, que consiste em um aperto firme do animal pelo tratador (Figura 1B).

Após a situação de estresse por dor, os animais foram devolvidos em suas baias, e lá permaneceram por 2 horas até a próxima condição de estresse. A situação seguinte foi o estresse térmico, onde os animais foram submetidos à uma temperatura de cerca de 25°C por 30 min, abaixo da temperatura de conforto para suínos em fase de maternidade. Sob temperatura de conforto, os animais ficaram distanciados uns dos outros indicando ausência de frio. Após o estresse térmico, os leitões se aglomeraram na intenção de restringir a perda de calor e se esquentarem.



(A)



(B)

Figura 1. Animal isolado no corredor durante gravação (A). Estresse por dor, aperto firme do animal pelo tratador (B).

Analogamente à situação anterior, os animais esperaram na baia por 2 horas antes da condição de estresse seguinte. Finalmente, foi restringida a amamentação dos leitões. O corpo da porca foi envolvido com um tecido emborrachado amarrado nas pontas com barbante, cobrindo os tetos, como mostra a Figura 2A, impedindo, assim, que eles mamassem. Os leitões não tiveram acesso à amamentação por 30 minutos e, após esse período, foi coletado o sinal vocal. Na Figura 2A, pode-se ver que os leitões tentaram mamar, porém devido ao tecido emborrachado que cobria os tetos da porca, isso não foi

possível. Já a Figura 2B evidencia a condição de fome dos leitões, que imediatamente após a restrição de amamentação se aproximaram da porca para mamar.



(A)



(B)

Figura 2. Leitões impedidos de mamar devido ao tecido emborrachado (A). Leitões após a restrição de amamentação (B).

Para a captura dos sinais acústicos foi utilizado um microfone unidirecional Yoga, posicionado a aproximadamente 15 cm da boca dos animais. Este microfone foi conectado a um gravador digital Marantz PMD 660 onde os sinais foram digitalizados a uma frequência de 44.100 Hz. Os sinais de sons coletados foram editados e analisados no *software* Praat®. Cada sinal coletado foi dividido em três amostras e para cada amostra foram extraídos 20 atributos relativos ao som, a identificação do sexo e da situação de estresse (Tabela 1).

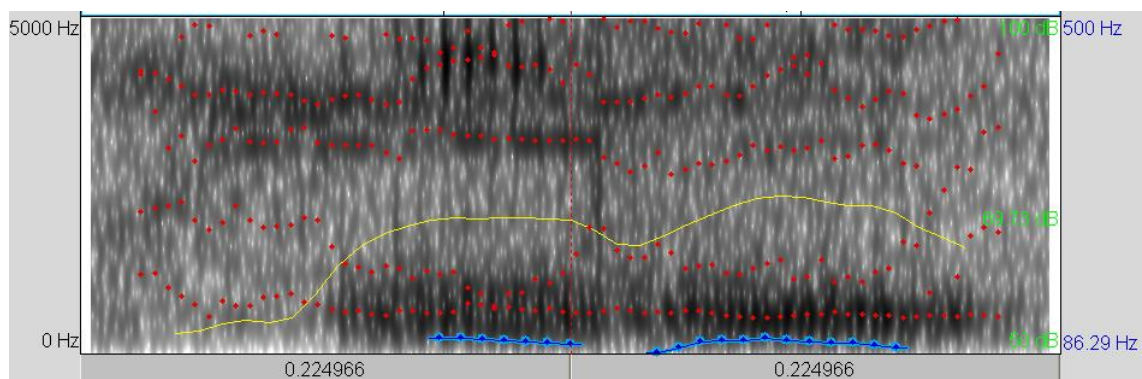
Para a determinação das condições de estresse, os dados foram processados no programa computacional WEKA® (3.5), utilizando o algoritmo de árvore de decisão C4.5, (conhecido como J48 no ambiente WEKA), considerando validação cruzada com amostras de 10 % (10-fold cross-validation).

Tabela 1. Atributos utilizados para classificação de estresse em suínos.

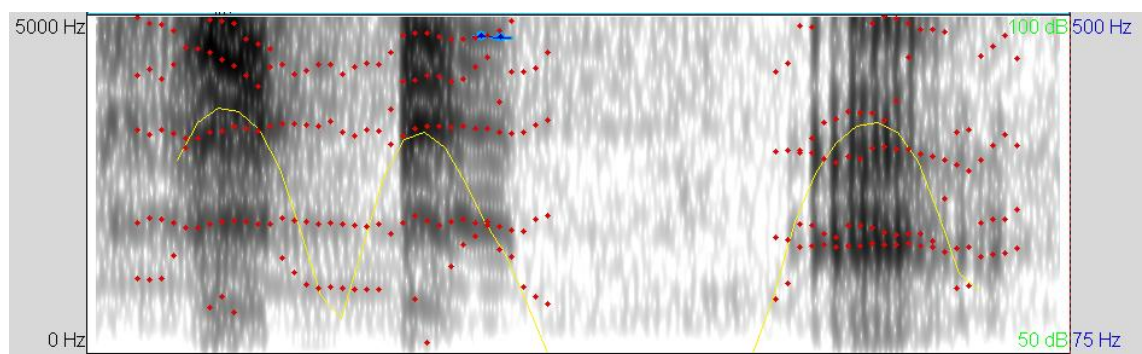
Atributo	Unidade	Descrição
Sexo	-	Macho ou Fêmea
Situação de estresse	-	Normal, frio, dor e fome
Energia do sinal	Pa ² *s	Energia emitida na onda sonora
Duração do sinal	s	Duração da duração do som
Amplitude máxima	Pa	Máxima amplitude da onda sonora
Amplitude mínima	Pa	Mínima amplitude da onda sonora
Intensidade	dB	Intensidade da onda sonora
Frequencia de Fitch	Hertz	Determina a altura do som
Formante 1	Hertz	Frequência da formante 1
Formante 2	Hertz	Frequência da formante 2
Formante 3	Hertz	Frequência da formante 3
Formante 4	Hertz	Frequência da formante 4
Amplitude	Pa	Diferença da amplitude máxima e mínima
Soma formantes	Hertz	Soma das frequências das 4 formantes
Média formantes	Hertz	Média das frequências das 4 formantes
F4-F3	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 3
F4-F2	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 2
F4-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 1
F3-F2	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 3 e 2
F3-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 3 e 1
F2-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 2 e 1
Soma das diferenças	Hertz	Soma das diferenças entre as formantes
Média das diferenças	Hertz	Média das diferenças entre as formantes

RESULTADOS E DISCUSSÃO

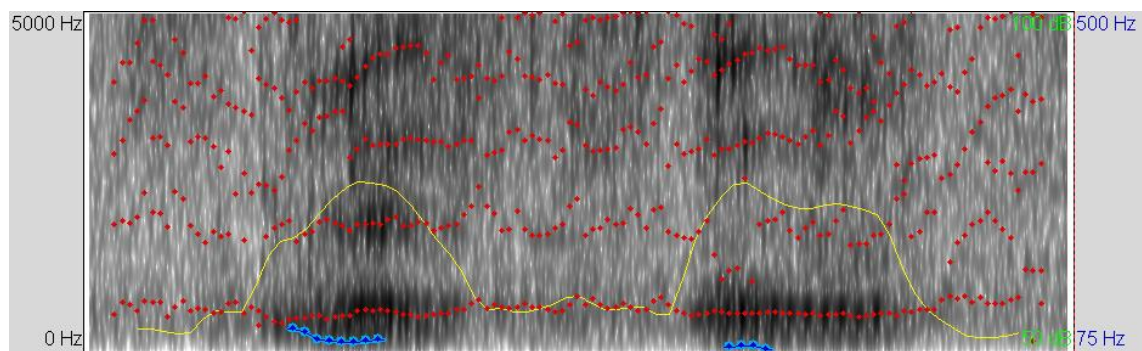
A Figura 3 apresenta os sonogramas das vocalizações dos animais nas condições normal, de dor, de frio e com restrição alimentar, respectivamente. Observa-se que a curva da intensidade teve comportamento diferente para as quatro situações de estresse. Diferenças na frequência de Pitch também é facilmente notada, sendo mais complexa a observação de diferenças para as formantes. De qualquer forma a observação dos sonogramas foi apenas uma exploração inicial dos dados, sendo necessária a extração de dados numéricos destes parâmetros para determinação das situações de estresse.



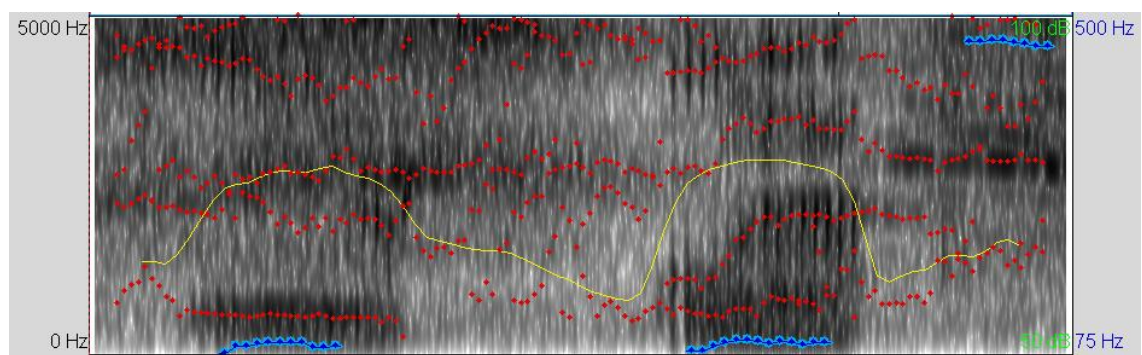
(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 3. Sonogramas das vocalizações dos suínos em situação normal (A), de dor (B), de frio (C) e com restrição a amamentação (D). Em cada sonograma observa-se as formantes (pontilhados vermelhos), a intensidade do som (linha amarela) e a Frequência de Picth (em azul).

Utilizando-se o algoritmo C4.5, do *software* Weka, foi possível classificar as quatro situações de estresse a partir da vocalização dos animais. A Tabela 2 apresenta a taxa de acerto (%), estatística Kappa e o número de regras geradas pelo algoritmo J48, considerando diferentes níveis de poda (números mínimos de objetos por folha). Observa-se que em todas as situações a estatística Kappa foi de mediana (0,4-0,75) a excelente ($>0,75$) (LANDIS e KOCH, 1977). Em particular, para a maior taxa de acerto (81,12) obteve-se a maior estatística Kappa (0,76), para um número mínimo de objetos por folha igual a 9. Porém, esta também foi a simulação que gerou o maior número de regras, proporcionando uma árvore de decisão mais complexa. Entretanto, para o objetivo em questão é mais interessante aumentar a taxa de acerto e a estatística Kappa do que obter uma árvore de decisão mais simplificada.

Tabela 2. Taxa de acerto (%), estatística Kappa e número de regras para diferentes números de objetos por folha.

Número mínimo de objetos por folha	Taxa de acerto	Estatística Kappa	Número de regras
3	79,72	0,73	7
6	78,54	0,71	15
9	81,69	0,75	12
12	80,17	0,73	9
15	77,95	0,71	10
18	76,97	0,69	6
21	75,59	0,67	6
24	77,75	0,70	6
27	77,75	0,70	5
30	77,95	0,71	5

Houve aumento da taxa de acerto (%) com o aumento do número mínimo de objetos por folha até atingir o valor máximo (82%). Em seguida, a taxa de acerto (%) tendeu a diminuir (Figura 4). O mesmo comportamento foi observado para os valores da estatística Kappa (Figura 5) e para o número de regras (Figura 6). Os resultados indicaram que, para este conjunto de dados, o melhor modelo (árvore de decisão) foi aquele cujo número mínimo de objetos por folha igual a 9.

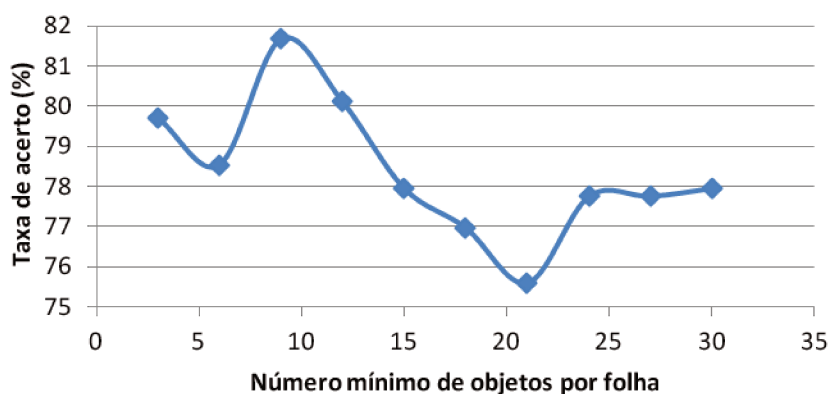


Figura 4. Taxa de acerto (%) *versus* número mínimo de objetos por folha.

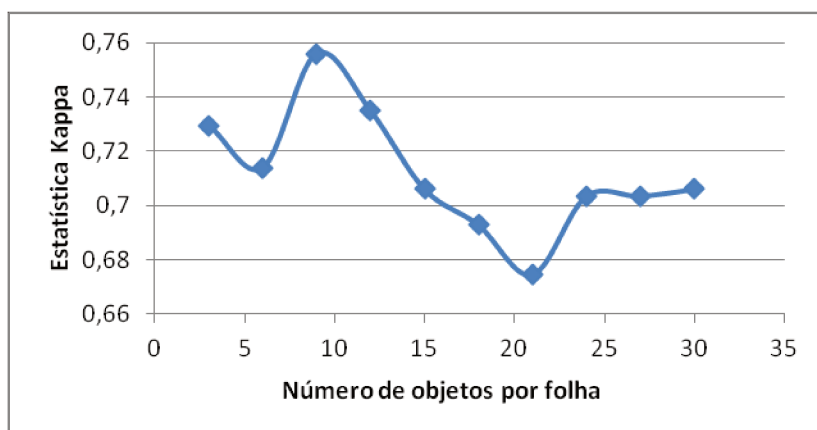


Figura 5. Estatística Kappa *versus* número mínimo de objetos por folha

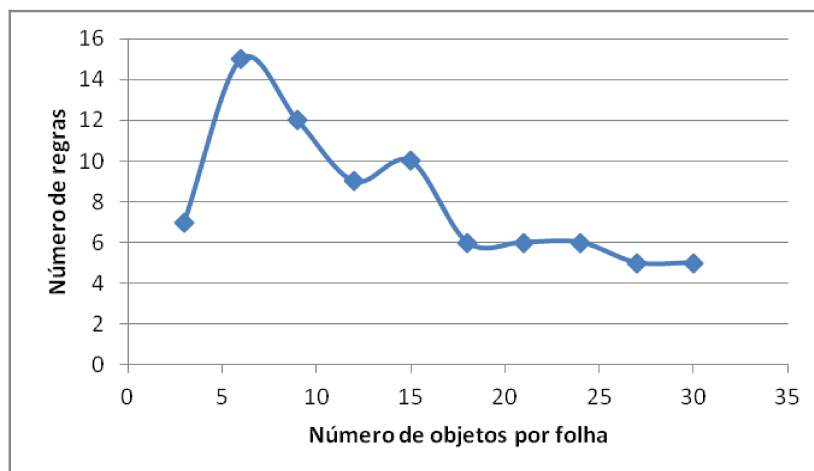


Figura 6. Número de regras número mínimo de objetos por folha

A Figura 7 apresenta a árvore de decisão gerada pelo algoritmo J48, considerando o número mínimo de objetos por folha igual a 9. Através das regras geradas é possível classificar as quatro condições de estresse com 81,69% de acurácia. A classe com maior precisão foi a de estresse por dor (0,99), seguido da situação normal (0,90), estresse por frio (0,89) e estresse por fome (0,69) (Tabela 3). A situação de dor parece provocar um nível maior de estresse no animal que grita intensamente. Este tipo de chamada pode ser identificado usando apenas um atributo, a média das frequências das formantes. De acordo com a árvore gerada, se a média das frequências das formantes é maior que 2671,99 então o animal está em situação de dor e se o valor deste atributo é inferior a este valor, então o animal está sem dor. Suínos em estado de excitação produzem vocalizações de alta tonalidade (Schrader e Todt, 1998). Segundo Marx et al. (2003), a dor em leitões pode ser diferenciada por tipos chamadas como gritos que diferem significativamente de outras chamadas. A duração da vocalização dos animais é maior quando estes estão com dor (LEIDIG et al., 2009). Durante esta pesquisa, a vocalização dos animais em situação de dor pode ser diferenciada das demais, até mesmo pelo ouvido humano. Entretanto, não foi possível verificar diferenças entre as demais situações apenas pelo ouvido, sendo portanto uma tarefa mais difícil e praticamente impossível para o ser humano realizar. As situações de frio e fome foram as mais difíceis de classificar, sendo necessário o uso de mais atributos e mais combinações entre eles (Figura 7).

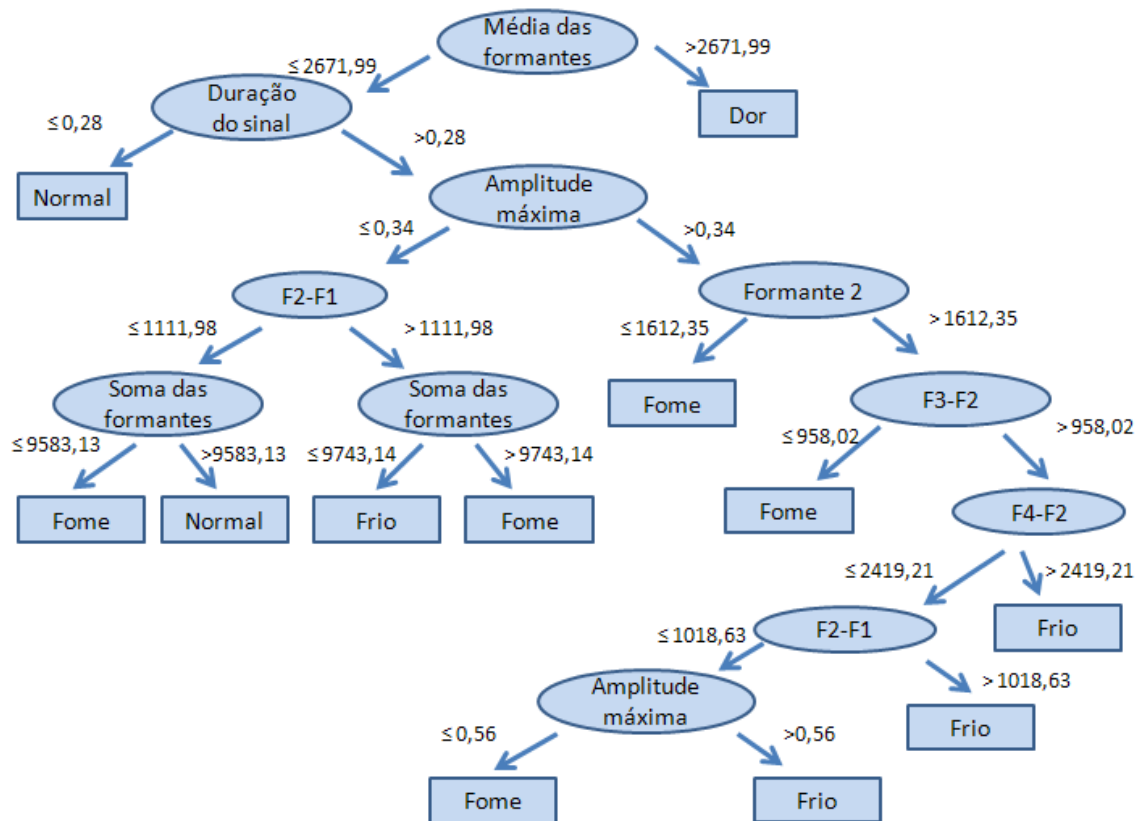


Figura 7. Árvore de decisão gerada pelo algoritmo C4.5.

Tabela 3. Resultados da precisão para as quatro classes estudadas.

Classes	Precisão
Normal	0,82
Frio	0,71
Dor	0,98
Fome	0,69

De acordo com Marx et al. (2003), parâmetros como emissão de energia, frequência e duração das chamadas são particularmente apropriados para caracterizar o tipo de chamada. No presente trabalho, o algoritmo não usou o parâmetro energia, porém utilizou a amplitude máxima que esta relacionada à energia do sinal. Moura et al. (2008), também encontrou variações na amplitude das vocalizações de suínos em situação de alerta (50-72 dB), apreensão (63-70 dB) e holding (74-120 dB). As frequências das formantes foram amplamente utilizadas pelo algoritmo, o que está de acordo com Dupjan et al. (2008) que

também encontraram diferenças nas frequências de ressonância na vocalização de suínos, em função do estímulo aversivo. Segundo Ikeda e Ishii (2008), é possível reconhecer mudanças fisiológicas pela análise das características da frequência dos sinais vocais.

CONCLUSÃO

A vocalização dos suínos é uma técnica eficiente para identificação das condições de estresse destes animais. A tarefa de classificação pode auxiliar na descoberta das relações entre as características dos sinais acústicos e as condições de estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORDEIRO, A. F. S.; PEREIRA, E. M.; NÄÄS. I. A.; SILVA, W. T.; MOURA, D. J. Medida de Vocalização de Suínos (*Sus scrofa*) como um Indicador de Gasto Energético. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*. Campinas, v.2, n.2, p. 143-152, 2009.
- FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery: an overview. *Artificial Intelligence Magazine*, v.17, p.37-54, 1996.
- IKEDA, Y.; ISHII, Y. Recognition of two psychological conditions of a single cow by her voice. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.62, p.62-72, 2008.
- LANDIS JR, KOCH GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977 vol. 33 p. 159-75.
- KRANENDONK, G.; HOPSTER, H.; FILLERUP, M.; EKKEL, E.D.; MULDER, E.D. Cortisol administration to pregnant sows affects novelty-induced locomotion, aggressive behaviour, and blunts gender differences in their offspring. *Hormones and Behaviour*. v. 49, p.663-672, 2006.
- LEIDIG, M.S.; HERTRAMPF, B.; FAILING, K.; SCHUMANN, A.; REINER, G. Pain and discomfort in male piglets during surgical castration with and without local anesthesia as determined by vocalization and defence behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*. v.116, p. 174-178, 2009.
- LIMA, M.G.F.; RODRIGUES, L.H.A. Árvore de decisão aplicada em dados de incubação de matrizes de postura hy-line w36. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1550-1556, 2010.

MARX, G.; HORN, T.; THIELEBEIN, J.; KNUBEL, B., BORELL, E.; Analysis of pain-related vocalization in young pigs. *Journal of Sound and Vibration*, 266, p. 687-698, 2003.

MOURA, D. J.; SILVA, W.T.; NÄÄS, I.A.; TOLON, Y.B.; LIMA, K.A.O.; VALE, M.M. Real time computer stress monitoring of piglets using vocalization analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 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.

PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O.; SARNIGHAUSEN, V.C.R.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T.; GUISELINI, C. Uso de redes neurais artificiais para predição de índices zootécnicos nas fases de gestação e maternidade na suinocultura. *R. Bras. Zootec.* Vol. 40 n. 3, 2011.

SCHRADER, L., TODT, D. Vocal quality is correlated with levels of stress hormones in domestic pigs. *Etology* 104, p.859-876, 1998.

Capítulo V

(Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Engenharia Agrícola.)

PADRÃO VOCAL INDIVIDUAL DE SUÍNOS MACHOS E FÊMEAS EM DIFERENTES FASES DE VIDA E DIFERENTES CONDIÇÕES DE ESTRESSE

Alexandra F. da S. Cordeiro, Irenilza de A. Nääs,
Fabio Violaro, Diego Pereira Neves, Felipe da Silva Leitão, Andréia C. M. de Almeida

RESUMO: O bem estar animal é um dos temas mais relevantes na suinocultura moderna, porém sua prática é dificultada pela falta de ferramentas para mensurá-lo. A vocalização é uma ferramenta promissora para esta finalidade e poderia ainda ser útil na identificação do animal facilitando o processo de rastreabilidade. O objetivo dessa pesquisa foi estudar o padrão vocal individual de suínos machos e fêmeas em diferentes fases de vida e diferentes condições de estresse. Foi realizada a gravação da vocalização de 40 suínos (20 machos e 20 fêmeas) em diferentes situações de estresse na fase de maternidade, creche, crescimento e terminação. Para a captura dos sinais acústicos foi utilizado um microfone unidirecional Yoga, conectado a um gravador digital Marantz PMD 660 em que os sinais foram digitalizados a uma frequência de até 44.100 Hz. Os sinais de sons coletados foram editados e analisados no *software* Praat® e submetidos a ANOVA e Teste de Tukey no *software* Minitab®. Foram encontradas diferenças para vocalizações entre machos e fêmeas, entre suínos de diferentes classes etárias e entre diferentes situações de estresse.

Palavras chaves: suinocultura, identificação animal, bem estar animal

INDIVIDUAL VOCAL PATTERN OF SWINE FEMALES AND MALES IN DIFFERENT STAGES OF LIFE AND DIFFERENT CONDITIONS OF STRESS

The animal welfare is one of the most important issues in modern swine production, but its practice is hampered by the lack of tools to measure it. The vocalization is a promising tool

for this purpose and could also be useful in facilitating the identification of the animal in the traceability process. The objective of this research was to study the pattern vocal individual of pigs males and females in different stages of life and different stress conditions. Was done recording of the vocalizations of 40 pigs (20 males and 20 females) in different stress situations during maternity, nursery, growing and finishing. To capture the acoustic signals was used Yoga unidirectional microphone connected to a Marantz PMD 660 digital recorder in which the signals were digitized at a frequency of up to 44,100 Hz. The signals collected sounds were edited and analyzed using the software Praat ® and submitted ANOVA and Tukey's test in Minitab ® software. Differences were found for vocalizations between males and females, between pigs of different age groups and different stress situations.

Keywords: swine production, animal identification, animal welfare

INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento da população humana aumenta-se consideravelmente a demanda por alimentos. Sendo a carne suína a mais consumida no mundo, torna-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias visando o aprimoramento da produção. Além disso a sociedade esta cada vez mais exigente em relação aos produtos que consomem. Preço, qualidade, biossegurança, preservação ambiental e questões éticas principalmente relacionadas ao bem estar dos animais são fatores essenciais para o êxito da suinocultura no mercado nacional e internacional. O bem estar animal não é apenas uma exigência da sociedade, mas pode também melhorar a qualidade e produtividade da carne (DALLA COSTA et al., 2007; CAMPOS et al., 2009). Entre as ferramentas usadas para mensurar o bem estar animal, destaca-se as medidas ambientais, os indicadores fisiológicos (temperatura corporal, níveis de cortisol, frequência respiratória, resposta imunológica) (KIEFER et al., 2009; FAGUNDES et al., 2008) e comportamentais (fugas, brigas, brincadeiras e vocalizações) (CANDIANI et al., 2008; KRANENDONK et al., 2006). A

maioria dessas medidas é de difícil mensuração e inviável a avaliação por técnicos em granjas comerciais, sendo necessário um sistema automático para avaliação do bem estar.

Para garantir as qualidades da carne suína aumenta-se a necessidade de um sistema de rastreabilidade da vida desses animais. Tatuagem, brincos plásticos e corte de orelha embora bastante usados são métodos invasivos e que prejudicam o bem estar animal, além disso são pouco seguros e podem perder informação com o tempo. Já os identificadores eletrônicos como transponder injetável; brincos, anéis e colares com *microchip* acoplado e etiqueta RFID (identificação por radiofrequência) tem alto custo de implantação onerando os custos de produção animal. Existem evidências de que cada animal possua características individuais na vocalização. Os animais utilizam a vocalização como forma de comunicação entre indivíduos da mesma espécie (GRANDIN, 1998). Além disso, a vocalização é considerada por vários autores como ferramenta eficiente para identificação do bem estar de suínos (WEARY e FRASER, 1997; MARX et al., 2003, MOURA et al., 2008). Dessa forma a vocalização poderia ao mesmo tempo ser útil para rastrear a vida do animal e seu bem estar.

O objetivo dessa pesquisa foi estudar o padrão vocal individual de suínos machos e fêmeas em diferentes fases de vida e diferentes condições de estresse.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada a gravação da vocalização de 40 suínos (20 machos e 20 fêmeas) em diferentes situações de estresse na fase de maternidade, creche, crescimento e terminação (Tabela 1). Na fase de maternidade a situação de fome e sede foi a restrição a amamentação por 30 minutos. Considerou-se como situação normal a situação no ambiente de granja, sem estresse notáveis. Entre uma condição de estresse e outra os animais tiveram intervalo de 2 horas de descanso.

Os animais foram marcados de 1 a 40 pelo método Australiano antes do início das coletas e nos dias das coletas eles eram remarcados no dorso com bastão Raidex para facilitar a identificação deles durante a gravação. Para cada situação de estresse, nas quatro fases de vida, foi gravada a vocalização de cada animal individualmente, sendo usados 20 animais machos e 20 fêmeas. Após cada gravação foi anotado o número da gravação, seguido do número do leitão, fase de vida e tipo de estresse.

Tabela 1. Situações de estresse para as quatro fases de vida.

<i>Estresse</i>	<i>Maternidade</i>	<i>Creche</i>	<i>Crescimento</i>	<i>Terminação</i>
Estresse térmico	25 ° C durante 30 minutos	22 °C durante 1 hora	27,5 °C durante 1 hora	30 °C durante 1 hora
Fome	Restrição a amamentação por 30 minutos	Restrição a alimentar por 1 hora	Restrição a alimentar por 1 hora	Restrição a alimentar por 1 hora
Sede	Restrição a amamentação por 30 minutos	Restrição a água por 1 hora	Restrição a água por 1 hora	Restrição a água por 1 hora
Normal	Temperatura de conforto; acesso à água e alimentação; ausência de dor.			
Dor	Aperto firme do animal pelo tratador.			

Para a captura dos sinais acústicos foi utilizado um microfone unidirecional Yoga posicionado a aproximadamente 20 cm dos animais. Este microfone foi conectado a um gravador digital Marantz PMD 660 em que os sinais foram digitalizados a uma frequência de até 44.100 Hz.

Os sinais de sons coletados foram editados e analisados no *software* Praat®. Cada sinal coletado foi dividido em três amostras e para cada amostra foram extraídos 20 atributos relativos ao som (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos referentes aos sinais acústicos.

	Atributo	Unidade	Descrição
A	Energia do sinal	Pa ² *s	Energia emitida na onda sonora
B	Duração do sinal	s	Duração da duração do som
C	Amplitude máxima	Pa	Máxima amplitude da onda sonora
D	Amplitude mínima	Pa	Mínima amplitude da

E	Intensidade	dB	onda sonora Intensidade da onda sonora
F	Frequencia de Fitch	Hertz	Determina a altura do som
G	Formante 1	Hertz	Frequência da formante 1
H	Formante 2	Hertz	Frequência da formante 2
I	Formante 3	Hertz	Frequência da formante 3
J	Formante 4	Hertz	Frequência da formante 4
K	Amplitude	Pa	Diferença da amplitude máxima e mínima
L	Soma formantes	Hertz	Soma das frequências das 4 formantes
M	Média formantes	Hertz	Média das frequências das 4 formantes
N	F4-F3	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 3
O	F4-F2	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 2
P	F4-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 4 e 1
Q	F3-F2	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 3 e 2
R	F3-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 3 e 1
S	F2-F1	Hertz	Diferença das frequências entre as formantes 2 e 1
T	Soma das diferenças	Hertz	Soma das diferenças entre as formantes

U	Média das diferenças	Hertz	Média das diferenças entre as formantes
---	----------------------	-------	--

Para análises estatísticas foi realizado ANOVA e o Teste de *Tukey* ($\alpha < 0,05$) no *software* Minitab ®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De todos atributos avaliados apenas a Frequência de Pitch apresentou diferença ($\alpha < 0,05$) para machos (194,5) e fêmeas (218,2). Este resultado sugere ser possível a identificação de machos e fêmeas pela vocalização. Além disso, indica a importância de se usar este atributo cautelosamente para identificação de estresse, havendo neste caso necessidade de estudar os animais separados por sexo. Entretanto, como não houve diferença ($\alpha < 0,05$) para os demais atributos, não haveria necessidade de estudar o bem estar de machos e fêmeas separadamente, em caso da não utilização da Frequência de Pitch. A identificação do gênero de suínos pela vocalização ainda não tem sido explorada, entretanto há indícios de que isso seja possível devido variações anatômicas que possam existir entre machos e fêmeas. Bottino et al. (2007) investigaram diferenças morfológicas da siringe do piriquito (*Touist* sp) e encontraram que a traqueia dos machos apresentaram maior número de anéis e maior comprimento do que a traqueia das fêmeas, além do músculo traqueolateral dos machos ser mais vigoroso e se originar no 43º anel traqueal enquanto o das fêmeas se originam no 30º anel traqueal. Os autores justificam que tal dimorfismo sexual reflete no canto mais vigoroso dos machos.

A Tabela 3 apresenta as médias dos atributos acústicos dos animais em diferentes fases de vida. Exceto para energia do sinal, para os demais atributos houve diferenças entre as fases de vida ($\alpha < 0,05$), indicando que a vocalização dos animais sofre alterações com a idade. O estudo da vocalização de suínos em diferentes idades ainda não tem sido explorado, e estes resultados indicam sua importância, principalmente quando se usa vocalização para identificação de bem estar, identificação patológica ou outros critérios, pois se o fator idade não for considerado pode-se obter resultados enganosos.

Tabela 3. Diferenças na vocalização de suínos em diferentes fases de vida.

Atributo	Creche	Crescimento	Maternidade	Terminação
Energia do sinal	0,10 a	0,00 a	0,00 a	15,50 a
Duração do sinal	0,90 a	0,60 b	0,88a	0,34 c
Amplitude máxima	0,70 b	0,77 a	0,51 d	0,58 c
Amplitude mínima	-0,71 c	-0,77 d	-0,54 a	-0,59 b
Intensidade	77,92 a	78,28 a	73,18 b	74,06 b
Frequencia de Fitch	234,60 a	237,20 a	157,00 b	181,90 b
Formante 1	708,20 c	722,40 c	855,00 b	1059,90a
Formante 2	1800,10 d	2115,70 a	1927,60 c	2030,80 b
Formante 3	3017,30 c	3215,00 a	3133,90 b	3146,40 b
Formante 4	4055,90 c	4311,60 a	4116,70 b	4132,00 b
Amplitude	1,41 b	1,54 a	1,05 d	1,17 c
Soma formantes	9582,00 c	10365,00 a	10033,00 b	10367,00 a
Média formantes	2395,40 c	2591,20 a	2508,30 b	2593,20 a
F4-F3	1038,60 b	1096,60 a	982,80 c	985,60 c
F4-F2	2255,80 a	2196,00 b	2189,00 b	2101,20 c
F4-F1	3347,70 b	3589,20 a	3261,60 c	3071,90 d
F3-F2	1217,30 a	1099,30 b	1206,30 a	1115,60 b
F3-F1	2361,00 b	2603,60 a	2358,30 b	2101,70 c
F2-F1	1091,90 b	1393,20 a	1072,60 b	970,60 c
Soma das diferenças	11260,00b	11867,00 a	10991,00 c	10332,00 d
Média das diferenças	1876,70 b	1977,80 a	1831,90 c	1722,10 d

Obs. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem ($\alpha < 0,05$).

A amplitude do sinal é um parâmetro eficiente nos estudos de vocalização, com destaque na identificação de situações de estresse (MOURA et al., 2008). Na Figura 1 observa-se as alterações da amplitude, amplitude máxima e amplitude mínima nas diferentes fases de vida. Houve aumento da amplitude e da amplitude máxima da fase de maternidade até a fase de crescimento, com posterior diminuição na fase de terminação. Já com a amplitude mínima ocorreu o inverso.

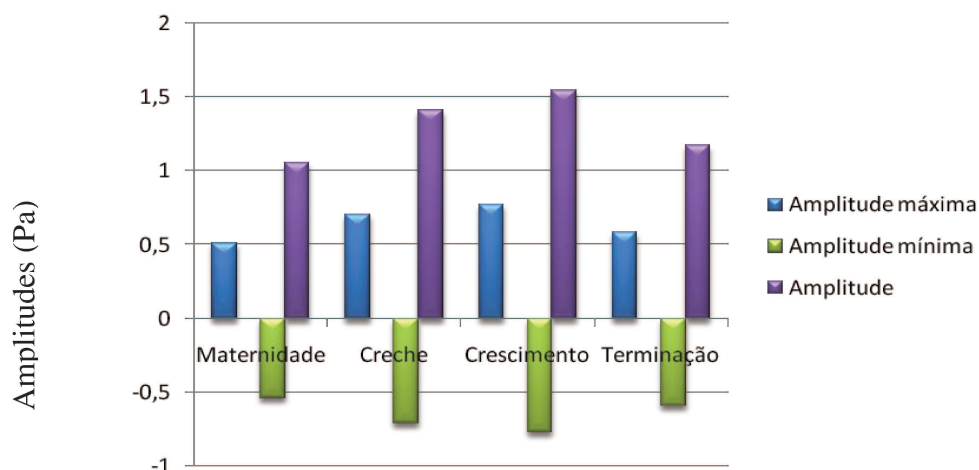


Figura 1. Variações da amplitude, amplitude máxima e amplitude mínima em diferentes idades.

A Frequência de Pitch aumentou da maternidade para creche e depois teve queda do crescimento para terminação. Com a Formante 1 ocorreu o contrário, houve queda da maternidade para creche e aumento do crescimento para terminação. As formantes 2, 3 e 4 tiveram comportamentos semelhantes, tenderam a diminuir da fase de maternidade para a fase de creche, depois aumentar da fase de creche para fase de crescimento e finalmente diminuir da fase de crescimento para a fase de terminação.

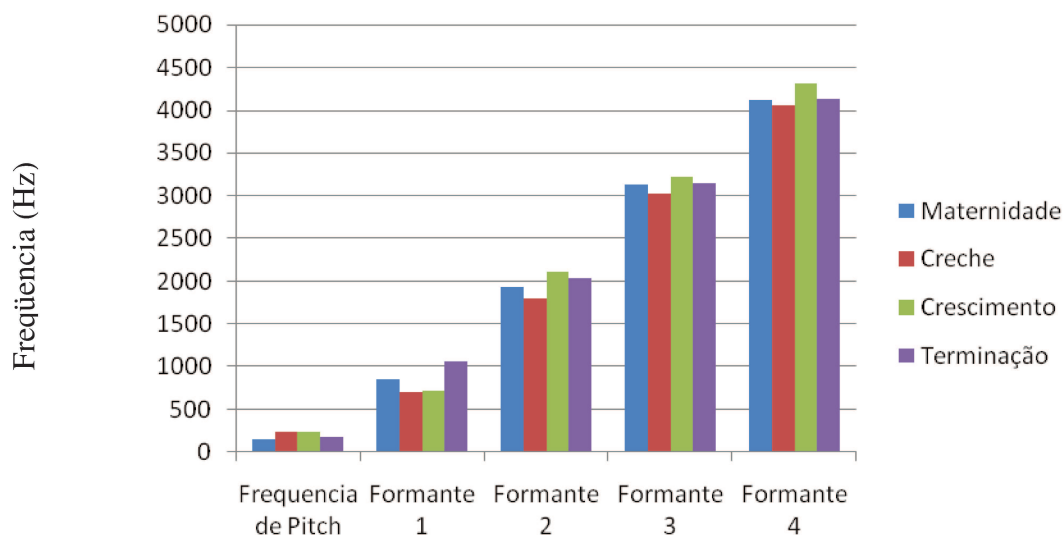


Figura 2. Variações da Freqüência de Pitch e das quatro primeiras formantes em diferentes fases de vida.

A Tabela 4 apresenta as médias dos atributos das vocalizações dos animais submetidos a diferentes situações de estresse. Estes dados caracterizam o padrão individual da vocalização dos suínos em diferentes situações de estresse. Não houve diferença para energia do sinal entre as situações de estresse ($\alpha < 0,05$). A dor foi o estresse diferenciado pela maioria dos atributos, exceto pela energia do sinal e F3-F1. Estes dados estão em desacordo com CORDEIRO et al., (2009), que sugerem que a energia do sinal aumenta em função do estresse a que o animal é submetido. Outros autores também conseguiram distinguir o grito de dor de outras vocalizações (LEIDIG et al., 2009; MARX et al., 2003; CORDEIRO et al., 2012). Para os atributos amplitude máxima, amplitude mínima, amplitude e F3-F2 houve diferença para quase todas situações de estresse, exceto para fome e sede que não diferiram. Segundo NAAS et al (2008) as vocalizações de leitões disputando as tetas das matrizes apresentaram baixa tonalidade, indicando situação de normalidade. Entretanto, Ikeda e Ishii (2008) avaliaram a vocalização de vacas em dois estados de estresse fisiológicos diferentes, com fome e na separação da cria para desmama e encontraram que, a vocalização para separação da cria teve menor frequência ressonante que a vocalização de quando a vaca estava com fome. Muitos autores relacionaram tipos específicos de vocalizações com situações de estresse (WEARY e FRASER, 1997; MARX et al., 2003 e DUPJAN et al., 2008) e com hormônios ligados ao estresse como a adrenalina, corticotrofina e cortisol (SCHRADER e TODT, 1998; JOHNSON et al., 1994; KRANENDONK et al.; 2006). Sendo a vocalização considerada ferramenta útil para indicar estado de bem-estar ou estresse de um animal (WEARY e FRASER, 1997).

Tabela 4. Diferenças na vocalização de suínos em diferentes situações de estresse.

Atributo	Calor	Dor	Fome	Frio	Normal	Sede
Energia do sinal	0,0 a	0,2 a	18,8 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Duração do sinal	0,3349 e	0,9411 b	0,6436 c	1,1356 a	0,4886 d	0,5192 d
Amplitude máxima	0,7458 b	0,8660 a	0,5622 d	0,6648 c	0,5171 e	0,5912 d
Amplitude mínima	-0,7492 d	-0,8778 e	- 0,5779 b	-0,6669 c	-0,5217 a	-0,5841b
Intensidade	76,83 b	82,98 a	73,02 c	74,36 bc	72,76 c	75,58b c
Frequencia de Fitch	301,7 a	268,0 b	221,3 c	151,4 d	171,1 d	156,2d

Formante 1	802,3 b	1169,9 a	714,6 c	633,0 d	753,3 c	783,7 bc
Formante 2	1988,9 b	2275,3 a	1848,6 d	1768,1 e	1904,6 cd	1927,6 c
Formante 3	3085,3 b	3313,5 a	3024,5 c	3025,0 c	3117,4 b	3121,3 b
Formante 4	4103,9 c	4286,0 a	4062,5 d	4038,6 d	4182,7 b	4182,5 b
Amplitude	1,4950 b	1,7420 a	1,1401 d	1,3317 c	1,0388 e	1,1754 d
Soma formantes	9980,0 b	11045,0 a	9649,0 c	9465,0 d	9958,0 b	10015,0 b
Média formantes	2495,1 b	2761,2 a	2413,8 c	2366,2 d	2489,5 b	2503,8 b
F4-F3	1018,6 b	972,5 c	1038,0 ab	1013,6 b	1065,4 a	1061,2a
F4-F2	2114,9 c	2010,7 d	2213,9 b	2270,5 a	2278,2 a	2254,9 a
F4-F1	3301,6 b	3116,1 c	3347,5 b	3405,6 a	3429,5 a	3398,8 a
F3-F2	1096,3 d	1038,2 e	1175,9 c	1256,9 a	1212,8 b	1193,7 c
F3-F1	2283,0 b	2143,6 c	2310,6 b	2392,0 a	2364,1 ab	2337,6 b
F2-F1	1186,6 a	1105,4 b	1133,2 b	1135,2 ab	1151,3 ab	1143,9 ab
Soma das diferenças	11001,0 c	10387,0 d	11220,0 b	11474,0 a	11501,0 a	11390,0 a
Média das diferenças	1833,5 c	1731,1 d	1870,0 b	1912,3 a	1916,9 a	1898,3 a

Não houve diferença entre os indivíduos para nenhum dos atributos avaliados ($\alpha < 0,05$). Entretanto, segundo SCHÖEN et al. (1999) as porcas expressam individualmente uma composição da frequência do grunhido. Os resultados negativos desta pesquisa podem ter sido devido a sua complexidade, já que foram utilizadas vocalizações em diferentes idades, sexo e condições de estresse e para todas estas variáveis foram encontradas diferenças nas vocalizações. Algoritmos inteligentes utilizados em mineração de dados geralmente são úteis para resolução de problemas mais complexos e devem ser usados futuramente, dado a relevância do tema. Segundo Silva et al (2004) a rastreabilidade é um processo crescente e irreversível decorrentes dos avanços tecnológicos e da demanda do mercado importador.

CONCLUSÃO

A Frequência de Pitch foi o único atributo que apresentou diferenças entre machos e fêmeas, sendo potencialmente interessante para diferenciá-los em função do gênero. A vocalização dos animais sofre alterações com a idade, portanto os estudos feitos com vocalização sempre devem ponderar este fator. Situações de estresse em suínos podem ser identificadas a partir da sua vocalização.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOTTINO, F.; ARTONI, S.M.B.; OLIVEIRA, D.; PACHECO, M.R.; AMOROSO, L.; TOVAR, M.C.H. ; SAGULA, A. Dimorfismo sexual da traquéia e siringe de periquito (*Touist* sp). Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.59, n.6, p.1489-1492, 2007.
- CAMPOS, J.A.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; CECON, P.R., MAURI, A.L. Qualidade do ar, ambiente térmico e desempenho de suínos criados em creches com dimensões diferentes. Engenharia agrícola, v. 29, n.3, p. 339-347, 2009.
- CANDIANI, D.; SALAMANO, G.; MELLIA, E.; DOGLIONE, L.; BRUNO, R.; TOUSSAINT, M.; GRUYS, E. A combination of behavioral and physiological indicators for assessing pig welfare on the farm. Journal of Applied Animal Welfare Science, v.11, p.1-13, 2007.
- CORDEIRO, A. F. S. ; NAAS, I. A. ; VIOLARO, F. ; OLIVEIRA, S. R. M. ; Almeida, A. C. M. . Efficiency of distinct data mining algorithms for classifying stress level in piglets from their vocalization. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 32, p. 2, 2012.
- CORDEIRO, A. F. S.; PEREIRA, E. M.; NÄÄS. I. A.; SILVA, W. T.; MOURA, D. J. Medida de Vocalização de Suínos (*Sus scrofa*) como um Indicador de Gasto Energético. Brazilian Journal of Biosystems Engineering. Campinas, p.2, p. 2, 2009.
- DALLA COSTA, O.A., LUDKE, J.V., PARANHOS DA COSTA, M.J.R., FAUCITANO, L., PELOSO, J.V.; DALLA ROZA, D. Modelo de carroceria e seu impacto sobre o bem-estar e a qualidade da carne dos suínos. Ciência Rural, v.37, p. 1418-1422, 2007.
- DUPJAN, S.; SCHÖN, P-C.; PUPPE, B.; TUCHSCHERER, A.; MANTEUFFEL, G. Differential vocal responses to physical and mental stressors in domestic pigs (*Sus scrofa*). Applied Animal Behaviour Science, Londres, v.114, p. 105–115, 2008.

FAGUNDES, A.C.A.; NEGRÃO, J.A.; SILVA, R.G.; GOMES, J.D.F.; SOUZA, L.W.O.; FUKUSHIMA, R.S. Environmental temperature and serum cortisol levels in growing-finishing pigs. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.45, p.136-140, 2008.

GRANDIN, T. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during slaughter. *Applied Animal Behaviour Science*, Bristol, v.56, n.2, p.121-128, 1998.

IKEDA, Y.; ISHII, Y. Recognition of two psychological conditions of a single cow by her voice. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.62, p.62-72, 2008.

JOHNSON, R.W.; VON BORELL, E.; ANDERSON, L.L.; KOJIC, L.D.; CUNNICK, J.E. Intracerebroventricular injection of corticotrophin-releasing hormone in the pig: acute effects on behavior, adrenocorticotropin secretion, and immunosuppression. *Endocrinology* 135, p. 642-648, 1994.

KIEFER, C.; MEIGNEN, B. C. G.; SANCHES, J. F.; CARRIJO, A. S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. *Archivos de Zootecnia*, 58, p. 55- 64, 2009.

KRANENDONK, G.; HOPSTER, H.; FILLERUP, M.; EKKEL, E.D.; MULDER, E.D. Cortisol administration to pregnant sows affects novelty-induced locomotion, aggressive behaviour, and blunts gender differences in their offspring. *Hormones and Behaviour*. v. 49, p.663-672, 2006.

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

MARX, G.; HORN, T.; THIELEBEIN, J.; KNUBEL, B., BORELL, E.; Analysis of pain-related vocalization in young pigs. *Journal of Sound and Vibration*, 266, p. 687-698, 2003.

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

SCHOEN, P.C.; PUPPE, B.; MANTEUFFEL, G. Common features and individual differences in nurse grunting of domestic pigs (*Sus scrofa*): a multiparametric analysis. *Behaviour* 136, p.49-66. 1999.

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

SILVA, K. O.; NÄÄS, I. A.; CAMPOS, S. G. S. Comparação do uso da rastreabilidade para suínos em grupo e individual. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. v. 41, p. 327-331, 2004.

WEARY, D.M.; FRASER, D. Vocal response of piglet to weaning: effect of piglet age. *Applied Animal Behaviour Science* . 54, p.153-160, 1997.

6 CONCLUSÕES GERAIS

A técnica de vocalização foi útil para avaliar o bem-estar de suínos. Nesta pesquisa foi possível classificar o nível de estresse, condições de estresse e o nível de dor pela vocalização destes animais, além da diferenciação do gênero do animal e da energia gasta na sua vocalização. Há um maior gasto de energia despendido na vocalização de suínos sob estresse, principalmente em situação de dor.

A estimativa do nível de dor em suínos através da sua vocalização pode auxiliar na tomada de decisão do manejo e bem estar dos animais. Identificou-se que a marcação pelo método Australiano causa dor nos animais e sua substituição por outro método deveria ser estudada. Também se detectou que o manejo da caudectomia provoca um nível de dor similar ao da castração, sendo importante o desenvolvimento de pesquisas visando minimizar o estresse destes dois manejos comuns na suinocultura. A aplicação de anestesia antes da castração provocou nível de dor similar ao da própria castração, podendo causar estresse maior ainda pelo maior tempo necessário ao procedimento.

A vocalização dos animais sofre alterações com a idade, portanto os estudos feitos com vocalização sempre devem ponderar este fator. Por outro lado, a maioria dos atributos não sofrem alteração em função do sexo. O único atributo que apresentou diferenças entre machos e fêmeas foi a Frequência de Pitch, sendo potencialmente interessante para diferenciá-los em função do gênero. Embora não tenha sido encontradas diferenças entre os indivíduos, a diferenciação entre machos e fêmeas pode ser considerada o ponto de partida para novas pesquisas nesta área.

A mineração de dados possibilitou a descoberta de vários conhecimentos nesta pesquisa. Sendo a árvore de decisão o modelo utilizado para expor de forma clara e objetiva estes conhecimentos. O uso da seleção de atributos possibilitou reduzir o número de características dos sons para construção do modelo, melhorando sua acurácia. Entretanto novos estudos de vocalização de suínos devem buscar aumentar ainda mais a precisão dos resultados visando melhoria no bem estar dos animais.

7 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se que futuros trabalho de vocalização de suínos, considerem o sexo, e a idade dos animais. Além disso, é interessante que os dados de vocalização dos animais sejam validados com outros índices de bem estar como indicadores fisiológicos e comportamentais.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORDEIRO, A. F. S.; PEREIRA, E. M.; NÄÄS. I. A.; SILVA, W. T.; MOURA, D. J. Medida de Vocalização de Suínos (*Sus scrofa*) como um Indicador de Gasto Energético. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*. Campinas, p.2, p. 2, 2009.

DUNCAN, I.J.H. Science-based assessment of animal welfare: farm animals. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* v.24, n.2, p.483-492, 2005.

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

FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery: an overview. *Artificial Intelligence Magazine*, v.17, p.37-54, 1996.

FITZPATRICK, J.; SCOTT, M.;NOLAN, A. Assessment of pain and welfare in sheep. *Small Rum. Res.*,v.62, p.55–61, 2006.

GONZALES, F.H.D.; SILVA, S.C. Introdução a Bioquímica Clínica Veterinária. Porto Alegre (2003): UFRGS.

HAN, J.; KAMBER, M. *Data Mining - Concepts and Techniques*. 2a ed. Nova York: Morgan Kaufmann, 2006.

GRANDIN, T. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during slaughter. *Applied Animal Behaviour Science*, Bristol, v.56, n.2, p.121-128, 1998.

IKEDA, Y.; ISHII, Y. Recognition of two psychological conditions of a single cow by her voice. Computers and Electronics in Agriculture, v.62, p.62-72, 2008.

JAHNS, G. Call recognition to identify cow conditions- A call-recogniser translating calls to text. Computers and Eletronics in Agriculture, v.62, n.1, p.54-58, 2008.

JAHNS, G.; KOWALCZYK, W; WALTER, K. Sound analysis to recognize individuals and animal conditions. Proceedings of VIII CIGR Congress on Agricultural Engineering, p.1-8, 1998.

JOHNSON, R.W.; VON BORELL, E.; ANDERSON, L.L.; KOJIC, L.D.; CUNNICK, J.E. Intracerebroventricular injection of corticotrophin-releasing hormone in the pig: acute effects on behavior, adrenocorticotropin secretion, and imunossupression. Endocrinology 135, p. 642-648, 1994.

KIEFER, C.; MEIGNEN, B. C. G.; SANCHES, J. F.; CARRIJO, A. S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. Archivos de Zootecnia, 58, p. 55- 64, 2009.

KRANENDONK, G.; HOPSTER, H.; FILLERUP, M.; EKKEL, E.D.; MULDER, E.D. Cortisol administration to pregnant sows affects novelty-induced locomotion, aggressive behaviour, and blunts gender differences in their offspring. Hormones and Behaviour. v. 49, p.663-672, 2006.

LANDIS JR, KOCH GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 1977 vol. 33 p. 159-75.

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

LIMA, M.G.F.; RODRIGUES, L.H.A. Árvore de decisão aplicada em dados de incubação de matrizes de postura hy-line w36. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 34, n. 6, p. 1550-1556, 2010.

MALUCELLI, A. Sistema Informatizado para controle de suínos. In: Congresso e Mostra de Agroinformática INFOAGRO, 2000. Anais...

MANNO, M.C., OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, W. P.; VAZ, R. G. M. V.; SILVA, B. A. N.; SARAIVA, E. P.; LIMA, K. R. S. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.2, p.471-477, 2006.

MANTEUFFEL, G.; SCHON, P.C. Measuring pig welfare by automatic monitoring of stress calls. Bornier Agratechnische Berichte. 2004.

MARTÍNEZ, J.; FUENTES, O. Using C4.5 as variable selection criterion in classification tasks. In: Artificial intelligence and soft computing, Benidorm, 2005. Proceedings. Benidorm: A. P. del Pobil, p.191-195, 2005

MARX, G.; HORN, T.; THIELEBEIN, J.; KNUBEL, B., BORELL, E.; Analysis of pain-related vocalization in young pigs. Journal of Sound and Vibration, 266, p. 687-698, 2003.

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.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J.; SEVEGNANI, K. B. Microclima de abrigos escamoteadores para leitões submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.1, p.99-106, 2005.

PANDORFI, H.; SILVA, I.J.O.; SARNIGHAUSEN, V.C.R.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T.; GUISELINI, C. Uso de redes neurais artificiais para predição de índices zootécnicos nas fases de gestação e maternidade na suinocultura. R. Bras. Zootec. Vol. 40 n. 3, 2011.

PUPPE, B.; SCHÖN, P.C.; TUCHSCHERER, A.; MANTEUFFEL, G. The influence of domestic piglets (*Sus scrofa*) age and test experience on the preference for the replayed maternal nursing vocalization in a modified open- field test. Acta Ethologic. v.5, p. 123-129, 2003.

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

QUINLAN, J.R. Improved use of continuous attributes in C4.5. Journal of Artificial Intelligence Research, v. 4, p. 77-90, 1996.

REZENDE, S. O. Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações. São Paulo. Ed. Manole. p. 307-336. 2005.

RISI, N.; OLIVEIRA, K.; ZULATO, P.R.F.; GUIDO, R.C.; BORGES, G. Use of the artificial intelligence to identify vocalizations emitted by sick and healthy piglets. Proceedings of the 8th International livestock Environment Symposium (ASABE ILES VIII), 2008.

SCHOEN, P.C.; PUPPE, B.; MANTEUFFEL, G. Commum features and individual differences in nurse grunting of domestic pigs (*Sus scrofa*): a multiparametric analysis. Behaviour 136, p.49-66. 1999.

SCHRADER, L., TODT, D. Vocal quality is correlated with levels of stress hormones in domestic pigs. *Etology* 104, p.859-876, 1998.

SILVA, K. O.; NÄÄS, I. A.; CAMPOS, S. G. S. Comparação do uso da rastreabilidade para suínos em grupo e individual. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. v. 41, p. 327-331, 2004.

SILVA, R.B.T.R., NÄÄS, I.A., MOURA, D.J. ; SILVEIRA, N.A. Welfare Norms for Swine Production under Intensive Rearing System. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* , Campinas, 1(2): 137-145, 2007.

SILVA, M.; FERRARI, S.; COSTA, A.; AERTS, J.M.; GUARINO, M.; BERCKMANS, D. Cough localization for the detection of respiratory diseases in pig houses. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.64, n.2, p.286-292, 2008.

SILVA, I.J.O. Qualidade do ambiente e instalações na produção industrial de suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 1999, São Paulo. *Anais... Concórdia: EMBRAPA-CNPSA*, 1999. p.108-325.

TSUMA, V.T.; EINARSSOM, S.; MADEJ, A.; FORSBERG, M.; LUNDEHEIN, N. A plasma levels of progesterone e cortisol after ACTH administration in lactating administration in hormone profiles, oestrus and ovulation. *Theriogenology*, 20, p.13-26, 1998.

WEARY, D.M.; FRASER, D. Vocal response of piglet to weaning: effect of piglet age. *Applied Animal Behaviour Science* . 54, p.153-160, 1997.

WHITE, R.G., DESHAZER, J.A., TRESSLER, C.J., BORCHER, G.M., DAVEY, S., WANINGE, A., PARKHURST, A.M., MILANUK, M.J. AND CLEMENS, E.T. Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *Journal of Animal Science*. 73, p. 381–386, 1995.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. Data mining: practical machine learning tools and techniques. 2.ed. San Francisco: Morgan Kaufmann. p. 525, 2005.

WISMANS, W.M.G. Identification and registration of animals in the European Union. Computers and Electronics in Agriculture, v.24, n.2, p.99-108, 1999.