

Bioacústica como ferramenta de avaliação do comportamento ingestivo de bovinos a pasto



ISSN 1983-974X
dezembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Corte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 244

Bioacústica como ferramenta de avaliação do comportamento ingestivo de bovinos a pasto

Fabiana Villa Alves
Denise Volpi
Alan da Silva Arguelho
Maity Zopollatto

Embrapa
Brasília, DF
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Corte

Av. Rádio Maia, 830, Zona Rural, Campo Grande, MS, 79106-550

Fone: (67) 3368 2000

Fax: (67) 3368 2150

<http://www.embrapa.br/gado-de-corte>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Thais Basso Amaral*

Secretário-Executivo: *Rodrigo Carvalho Alva*

Membros: *Alexandre Romeiro de Araújo, André Dominghetti Ferreira, Andréa Alves do Egito, Kadijah Suleiman Jaghub, Liana Jank, Lucimara Chiari, Marcelo Castro Pereira, Mariane de Mendonça Vilela, Rodney de Arruda Mauro, Wilson Werner Koller*

Supervisão editorial: *Rodrigo Carvalho Alva*

Revisão de texto e Editoração Eletrônica: *Rodrigo Carvalho Alva*

Imagens da capa:

1ª edição

Versão online (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Gado de Corte.

Bioacústica como ferramenta de avaliação do comportamento ingestivo de bovinos a pasto [recurso eletrônico] / Fabiana Villa Alves... [et al]. – Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2017.

36 p. (Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN1983-974X ; 244).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<http://www.cnpvc.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC244.pdf>>

Título da página da Web (acesso em 10 de dezembro de 2017).

Outros autores: Denise Volpi; Alan da Silva Arguelho; Maity Zopollatto.

1. Bioacústica. 2. Comportamento ingestivo. 3. Bovinocultura. I. Série.

CDD 338.6

© Embrapa Gado de Corte 2017

Autores

Fabiana Villa Alves

Zootecnista, D.Sc. Pesquisadora da Embrapa
Gado de Corte, Campo Grande, MS

Denise Volpi

Zootecnista, M.Sc. Doutoranda da Universidade
Federal do Paraná, Curitiba, PR

Alan da Silva Arguelho

Zootecnista, M.Sc. Jardim, MS

Maity Zopollatto

Engenheira-Agrônoma, D.Sc. Professora adjunta
da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Sumário

Apresentação	7
Introdução.....	8
Objetivo	9
Origem, história, evolução e aplicação da bioacústica	10
Bioacústica no estudo do comportamento ingestivo em ruminantes	13
Afinal, por que o método acústico ainda é pouco utilizado na produção animal?.....	20
Avanços e perspectivas sobre a consolidação da bioacústica na pecuária.....	22
Considerações finais	23
Agradecimentos	23
Referências bibliográficas	24

Bioacústica como ferramenta de avaliação do comportamento ingestivo de bovinos a pasto

Fabiana Villa Alves

Denise Volpi

Alan da Silva Arguelho

Maity Zopollatto

Apresentação

A pecuária brasileira se caracteriza pela criação de bovinos a pasto, seja de forma extensiva (tradicional) quanto intensiva (integração lavoura-pecuária-floresta). Bovinos nesses sistemas externam a qualidade do ambiente no qual estão inseridos por meio de manifestações comportamentais de vários tipos. Neste contexto, o comportamento ingestivo, isto é, o conjunto de atividades ligadas à busca, apreensão e digestão da forragem, que o animal realiza durante sua jornada, é um indicador tanto de aspectos quanti-qualitativos do alimento disponível, quanto do ambiente físico onde está inserido.

A observação visual, metodologia mais utilizada para esse fim por ser de baixo custo, é de baixa acurácia e muito trabalhosa, e seu uso já começa a ser questionado no meio acadêmico, embora as alternativas existentes ainda sejam praticamente inviáveis do ponto de vista técnico-financeiro para uso em grandes extensões.

Este documento busca trazer à tona o potencial de uso da bioacústica

para avaliação do comportamento ingestivo de bovinos, com ênfase na possibilidade de sua aplicação, inclusive, em animais mantidos em ambientes abertos, de grande extensão, típicos dos sistemas de produção de bovinos de corte em pastagens tropicais.

São abordados, assim, aspectos da origem e fundamentação da técnica, suas aplicações, os pré-requisitos técnicos para aquisição, armazenamento e análise dos arquivos sonoros, avanços na sua utilização em animais de produção e os principais desafios que ainda persistem, dentre outros itens.

Introdução

Pastejo ou ingestão de alimento, ruminação, ócio, dessedentação, mineralização, defecação e micção são algumas das principais atividades executadas diariamente por bovinos. Estas, quando analisadas sob a ótica da etologia, isto é, do estudo comportamental dos hábitos individuais como fatos ligados à adaptação dos animais às condições ambientais, podem ser usadas como indicadoras da qualidade de vida oferecida aos animais de produção, trabalho e lazer.

Bovinos a pasto dedicam, normalmente, de 8 horas a 10 horas ao ato de pastejar, mas, situações extremas de baixa disponibilidade de alimento, podem dobrar o tempo despendido. Esta atividade, em condições normais, é realizada durante o dia, dividida em seis a oito refeições, com duas principais – ao nascer e ao pôr do sol – e todos os animais do grupo tendem a seguir o mesmo padrão. Às refeições, intercalam-se períodos de ruminação, de 4 a 9 horas, e outras atividades, dentre as quais o ócio. Entretanto, fatores como espécie e estrutura morfológica da forragem podem alterar a frequência e o tempo de pastejo, e conseqüentemente das outras atividades, na tentativa de que o animal alcance determinado nível de consumo compatível com suas exigências nutricionais (FISCHER et al., 2002; SILVA et al., 2008; DECRUYENARE et al., 2009). Além disso, em ambientes termicamente

estressantes, o pastejo pode ser reduzido em até 90% do tempo total disponibilizado para esta atividade, aumentando o tempo de ócio e/ou a busca por áreas sombreadas e com maior ventilação, o consumo de água e o aumento do pastejo noturno (BLACKSHAW E BLACKSHAW, 1994; OLIVEIRA et al., 2011).

A mensuração do comportamento ingestivo animal, em geral, é realizada mais comumente por meio de observação visual (Figura 1). Há razões para que essa técnica seja a mais aplicada, independente da espécie animal: não demanda equipamentos caros e proporciona boa descrição das atividades, principalmente em animais estabulados. Entretanto, apresenta duas limitações principais, que podem comprometer a qualidade dos dados: a necessidade de mais de um avaliador em casos de grande quantidade de animais, áreas extensas e/ou longos períodos de avaliação, favorecendo a ocorrência de erros de subjetividade, mesmo utilizando-se um etograma¹ padronizado, e; a necessidade de atenção constante do avaliador, tornando-o um processo exaustivo e laborioso e, conseqüentemente, comprometendo o correto registro. Além disso, torna-se difícil utilizá-la em avaliações noturnas e a literatura ainda diverge quanto ao intervalo de tempo ideal de registro de atividades, o que dificulta a comparação dos resultados entre autores (MEZZALIRA et al., 2011; SANTANA et al., 2012).

Mais recentemente, a bioacústica tem ganhado destaque em sistemas de produção animal, pois potencialmente soluciona as deficiências apresentadas pela observação visual, tais como a mensuração noturna do comportamento, a determinação precisa da atividade de ruminação, o registro contínuo das atividades, entre outros (CLAPHAM et al., 2011; DA TRINDADE et al., 2011). Além disso, possibilita a determinação de microeventos de comportamento ingestivo, como taxa de bocados e número de mastigações, tornando-a um método não-invasivo de grande valia em estudos de produção de bovinos.

¹ Tabela com a descrição detalhada das atividades a serem avaliadas. Por exemplo, "Pastejo : quando os animais são observados no momento do ato de pastear, com consumo efetivo de forragem".

Objetivo

O Documento “Bioacústica como ferramenta de avaliação do comportamento ingestivo de bovinos a pasto” tem como objetivo aprofundar a temática do uso do método acústico na pesquisa pecuária como ferramenta à mensuração de atividades relacionadas ao comportamento ingestivo de bovinos.

Origem, história, evolução e aplicação da bioacústica

A palavra acústica vem do grego ακουστικός (akoustikos) que significa “para ouvir”, e, como ciência, refere-se ao estudo do som. O som é uma qualidade perceptiva provinda de distúrbios das moléculas de um meio em um espaço de tempo. Este se apresenta como ondas, cuja forma mais simples é do tipo senoidal, e possui três características principais: repetição, amplitude e comprimento (Figura 1). Se uma onda se repete, significa que há uma frequência de acontecimentos no tempo, outra característica, a qual é expressa em ciclos/segundo, denominados Hertz (Hz). O conjunto de características de uma onda de forma fechada compõe um envelope, fundamental à distinção de fontes sonoras (LAZZARINI, 1998).

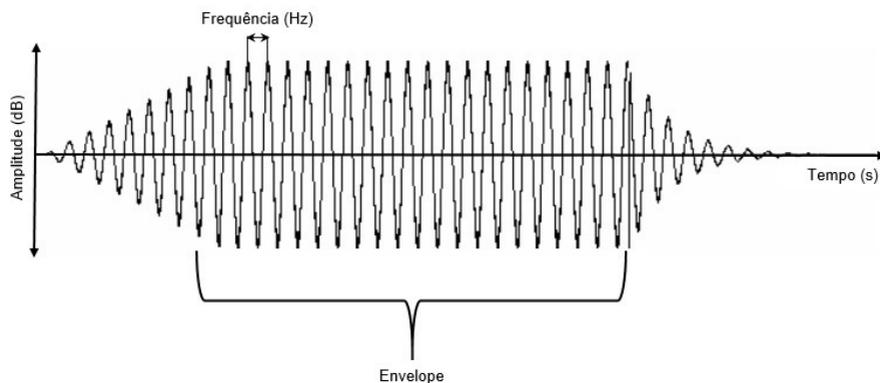


Figura 1. Principais características de uma onda sonora senoidal. Fonte: adaptado de Lazzarini (1998).

Há indícios do uso da acústica desde a era pré-histórica quando o *Homo sapiens neanderthalensis*, observando o comportamento dos animais durante a caça, percebeu que estes atraíam outros indivíduos de sua espécie quando emitiam sons. Então, aprendeu a reproduzir estes sons com a boca como estratégia de reunir animais e facilitar a caçada. A acústica, porém, começou a ser vista como potencial área de estudo apenas no século XVII, pelo jesuíta alemão Athanasius Kircher (1602-1680), que se dedicou aos estudos de línguas orientais, hieróglifos e música, incluindo a transcrição musical do canto de pássaros (SZOKE et al., 1969). Esta forma primária de transcrição evoluiu apenas no século XIX, por intermédio do fotógrafo francês Antoine Hercule Romuald Florence (conhecido no Brasil como Hércules Florence), que em 1830, publicou suas observações sobre os sons emitidos pelos animais, resultantes de sua participação na Expedição Langsdorff², as quais batizou de “Zoophonie” ou “Zoophonologie”. No manuscrito, Florence anotou, em pautas convertidas em notas musicais, a vocalização de aves e animais da fauna brasileira, catalogados durante a viagem, e inaugurou um novo terreno de conhecimento, antecipando-se em mais de cem anos à criação da bioacústica, que só se firmara a partir de 1960³ (OLIVEIRA, 2003).

A bioacústica é uma ciência transdisciplinar que liga a biologia à acústica, destinada ao estudo dos sons emitidos pelos animais, incluindo os humanos (VIELLIARD; SILVA, 2004). Estes podem ser de dois tipos: passivos e ativos (Figura 2).

O princípio da técnica consiste na gravação do sinal sonoro emitido por um indivíduo ou por um grupo, em que o som, ativo ou passivo, é captado por microfone e registrado por gravador de áudio. Seu estabelecimento como “disciplina científica” é atribuído ao biólogo esloveno Ivan Regen, que no início do século XX estudou sistematicamente os sons dos insetos por meio de experimentos controlados e dados analisados estatisticamente (GANCHEV, 2017).

² Expedição científica que percorreu o interior do Brasil de 1825 a 1829, chefiada pelo cônsul da Rússia no Brasil, o médico alemão, Georg Heinrich von Langsdorff.

³ Nesta época, com o surgimento dos gravadores de áudio portáteis, foram realizadas as primeiras gravações de aves (Uirapuru-verdadeiro - *Cyphorhinus arada*) em áreas naturais no Brasil pelo ornitólogo Johan Dalgas Frisch (DIAS, 2013).

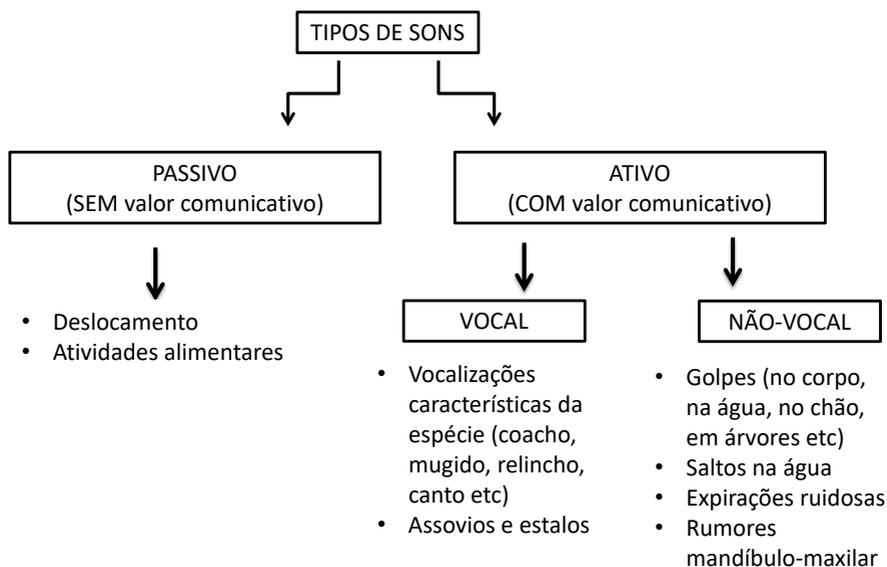


Figura 2. Classificação dos tipos de sons produzidos pelos animais.

A forma de sistematização de sons utilizada por Florence manteve-se até a Primeira Guerra Mundial, quando os avanços tecnológicos permitiram o registro e a reprodução dos sons em equipamentos eletrônicos, dando-se início a uma nova área de estudo, cunhada pela primeira vez como “bioacústica” (VIELLIARD; SILVA, 2004). A partir disto, novas ideias e métodos foram agregados, muitos deles possíveis somente na última década, com o avanço nas áreas da comunicação, bioinformática e computação. A chamada “bioacústica contemporânea” tem seu foco ampliado, e deixa de ser utilizada apenas para distinguir espécies na natureza, passando a ser aplicada sob o ponto de vista fisiológico e ecológico. De fato, vários são os estudos realizados, com diferentes graus de complexidade sobre vocalização animal, identificação de espécies, interações inter e intraespécies, etologia animal, ontogenia, ruídos antropogênicos, estimativa de biomassa, entre outros (GANCHEV, 2015).

Estudos ainda mais recentes utilizam a bioacústica para investigação de sons não-vocais e passivos, como o golpeamento do próprio peito pelos primatas, os saltos e golpear da cauda de golfinhos na água, o tamborilar da madeira pelo bico de certas aves e o movimento mandíbulo-maxilar de ruminantes (SCHAFER, 2001).

No campo da produção animal, o método acústico pode ser utilizado com diferentes escopos. Na bovinocultura leiteira, por exemplo, estudos reproduzindo a vocalização de bezerros resultaram em aumento da produção de leite das vacas, indicando a bioacústica e a etologia como ferramentas à obtenção de maior produtividade (UNGAR; RUTTER, 2006). Na avicultura, se aplica tanto para identificação do momento de eclosão de ovos quanto avaliação do estado de conforto térmico das aves. Em suínos, pode ser utilizado para avaliar o bem-estar dos animais, ao mensurar vocalizações de dor (EXADAKTYLOS et al., 2014). Na medicina veterinária, a técnica é utilizada para diagnóstico precoce de doenças respiratórias, especialmente em confinamentos (FERRARI et al., 2010).

Bioacústica no estudo do comportamento ingestivo em ruminantes

Segundo Ungar e Rutter (2006), Alkon e Cohen (1986) foram os primeiros pesquisadores a gravarem o sinal acústico de forrageamento ao estudarem o comportamento noturno de porcos-espinhos. Entretanto, Demment et al. (dados não publicados) afirmam que já haviam monitorado o movimento de mandíbula de bovinos no final de 1980 (DEMMENT, 1992).

A técnica se baseia na captura dos sons mandibulares amplificados e propagados através dos ossos do crânio, por meio de microfones de contato dispostos sobre a caixa craniana (Figura 3).



Figura 3. Microfone aderido à face interna do buçal, disposto sobre a cabeça do animal. Fonte: Volpi (2017).

Seu uso, além de solucionar as principais limitações da observação visual, permitiu, pela primeira vez, a identificação de um novo tipo de movimento mandibular composto em ruminantes, denominado *mastigação-apreensão* ou *mastigação-bocado*, no qual o animal apreende uma nova porção de forragem e mastiga a já apreendida com o mesmo movimento mandibular (Figura 4) (LACA et al., 1992).

Desde então, houve significativo desenvolvimento do método para esta finalidade, especialmente após o ano 2000, onde foi possível obter registros cada vez mais refinados.

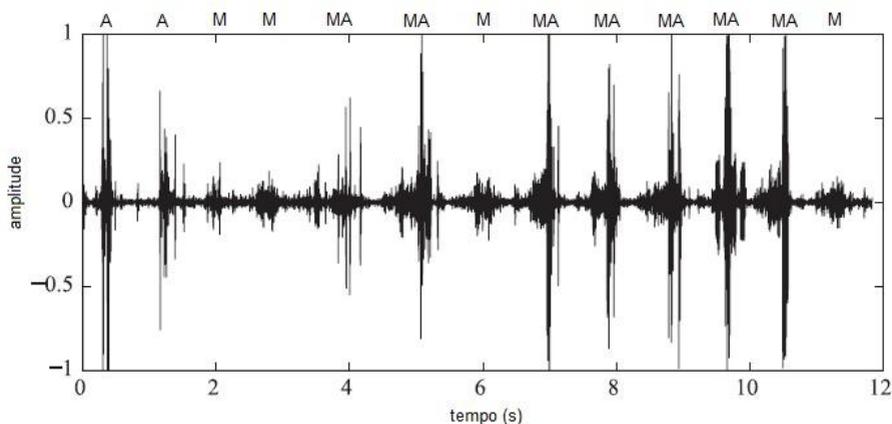


Figura 4. Fração de um sinal acústico com os eventos de apreensão (A), mastigação (M) e mastigação-apreensão (MA). Fonte: adaptado de Milone et al. (2012).

O Quadro 1 apresenta os principais avanços desta técnica em ruminantes. No Brasil, a utilização da bioacústica em ruminantes foi utilizada somente em 2008, por Da Trindade (2011), que realizou os primeiros registros acústicos de comportamento ingestivo, tanto em bovinos quanto em ovinos, em pastagens nativas dos campos sulinos. O Quadro 2 apresenta os estudos realizados no Brasil utilizando o método acústico como ferramenta de mensuração do comportamento.

Apesar de ser um método não-invasivo, de custo moderadamente baixo, e que permite a identificação das atividades dos ruminantes de forma ininterrupta e por longos períodos, sem nenhuma interferência direta ou indireta no comportamento dos animais, seu uso ainda é pequeno em âmbito nacional. Entretanto, todos os trabalhos existentes corroboram um resultado em comum: o método acústico representa, de fato, uma alternativa à mensuração visual do comportamento ingestivo de ruminantes, para diferentes finalidades, com múltiplas vantagens (Quadro 3). Técnicas modernas atuais de análise sonora permitiram aumentar as atribuições do espectro sonoro para contextos além do alimentar, como por exemplo para o reconhecimento de comportamentos agonísticos e de vigilância (XUAN et al., 2016), o que demonstra sua precisão e versatilidade (CHELOTTI et al., 2016).

Quadro 1. Principais avanços do uso da técnica de bioacústica em ruminantes.

ANO	ESPÉCIE	CONTRIBUIÇÃO	AUTORES
1980	Bovinos	Primeiro ensaio (não publicado)	Demment et al.
1991	Bovinos	Desenvolvimento inicial da bioacústica	Matsui e Okubo
1992	Bovinos	Descoberta do movimento composto “mastigação-apreensão”	Laca et al.
2006	Bovinos	Calibração da gravação para diferentes alimentos	Galli et al.
2006	Bovinos	Proposição da bioacústica como método referência para avaliação do comportamento ingestivo	Ungar e Rutter
2006	Bovinos	Principais diferenças entre os eventos em Hz	Clapham et al.
2009	Ovinos	Início do desenvolvimento de um modelo de reconhecimento automático de atividades	Milone et al.
2011	Ovinos	Uso da técnica para a estimativa de ingestão de matéria seca	Galli et al.
2012	Bovinos	Eliminação da necessidade de calibração individual	Milone et al.
2013	Veado-mula	Validação de dispositivo do tipo colar para avaliação em tempo real domicrofone comportamento ingestivo	Lynch et al.
2016	Ovinos	Uso da técnica para reconhecimento de comportamentos agnósticos e de vigilância	Xuan et al.
2017	Bovinos	Desenvolvimento de sistema embarcado para avaliação de avaliação do comportamento ingestivo em tempo real	Deniz et al.

Fonte: Adaptado de Volpi (2017).

Quadro 2. Principais trabalhos com utilização de bioacústica para avaliação de comportamento ingestivo em bovinos, no Brasil¹.

ANO	ESPÉCIE	TRABALHO	AUTORES
2008	Bovinos e ovinos	Comportamento e consumo de forragem de bovinos de corte em pastagem natural complexa (tese)	Da Trindade
2011	Bovinos	Potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo (artigo)	Da Trindade et al.
2014	Bovinos	Os sons do pastejo (tese)	Fonseca, L.
2016	Bovinos	Comportamento em pastejo e conforto térmico de novilhas Girolando em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP) e floresta (iLPF) (dissertação)	Veit, H. M.
2017	Bovinos	Comportamento ingestivo e conforto térmico de bovinos em sistemas em integração: avaliação visual e bioacústica (dissertação)	Volpi, D.
2017	Bovinos	Potencial do uso da bioacústica para avaliação do comportamento ingestivo em bovinos de corte	Arguello, A.

¹Materiais publicados em anais de eventos foram desconsiderados. Fonte: adaptado de Volpi (2017).

Quadro 3. Comparativo entre os métodos visual e bioacústico na avaliação do comportamento ingestivo de bovinos à pasto.

Características	Método de observação	
	Visual	Acústico
Precisão	Média	Alta
Período de avaliação	Nascer ao por do sol	Contínua (24 horas)
Instalação do equipamento	Não se aplica	Requer contenção
Coleta	Avaliador	Gravador e microfone
Intervalo de registro	Variável (5, 10, 15 ou 30 minutos)	Sem intervalo (contínuo)
Registro	Manual, em planilhas	Automatizado
Disponibilidade dos dados	Imediata	Após análise e rotulação dos registros em softwares de áudio

Adaptação do animal aos equipamentos	Não necessária	Necessária
Necessidade de mão-de-obra	Alta	Baixa

Fonte: adaptado de Arguelho (2017).

Estudos mostram correspondência entre os métodos visual e acústico de 90% e 96% para as atividades de mastigação e apreensão, respectivamente, enquanto que o evento mastigação-apreensão é interpretado apenas como apreensão pelo método visual. Portanto, demonstra ser coerente usar o método acústico como referência, sendo mais confiável que a observação visual para esta finalidade (UNGAR; RUTTER, 2006).

Em ovinos, a bioacústica oferece precisão de 82% para atividades relacionadas ao comportamento ingestivo, além de permitir identificar espécies forrageiras e a altura da pastagem com uma precisão de, respectivamente, 84% e 85%, de acordo com o processamento de sinal e modelo de reconhecimento utilizado (MILONE et al., 2009; MILONE et al., 2012).

Entre as aplicações da avaliação do comportamento ingestivo por bioacústica está, por exemplo, o fornecimento de informações não detectáveis por outros métodos, duração e intensidade de moagem da forragem pelos dentes, apontados como informações fundamentais à distinção de alimentos e estimativa de ingestão de matéria seca (GALLI et al., 2006). Também é possível estimar a eficiência do pastejo, o consumo de forragem em sistemas a pasto e avaliar diferentes forrageiras (LACA; WALLIS DE VRIES, 2000). Ainda é possível utilizá-la como variável à compreensão da relação entre estresse térmico e comportamento animal e deste com bem-estar animal.

As principais características que contribuem para o sucesso da técnica são o baixo peso dos equipamentos utilizados, e gravador e microfone quase imperceptíveis, para não interferirem no comportamento natural dos animais (CLAPHAM et al., 2011). Apesar da análise e rotulação

dos registros sonoros, na maioria das vezes ser feito manualmente, em software específico (Figura 5), o método é confiável até mesmo quando avaliado por pessoas pouco experientes, pois o som de arranquio da apreensão e o som de moagem da mastigação da forragem são facilmente distinguíveis (UNGAR; RUTTER, 2006).

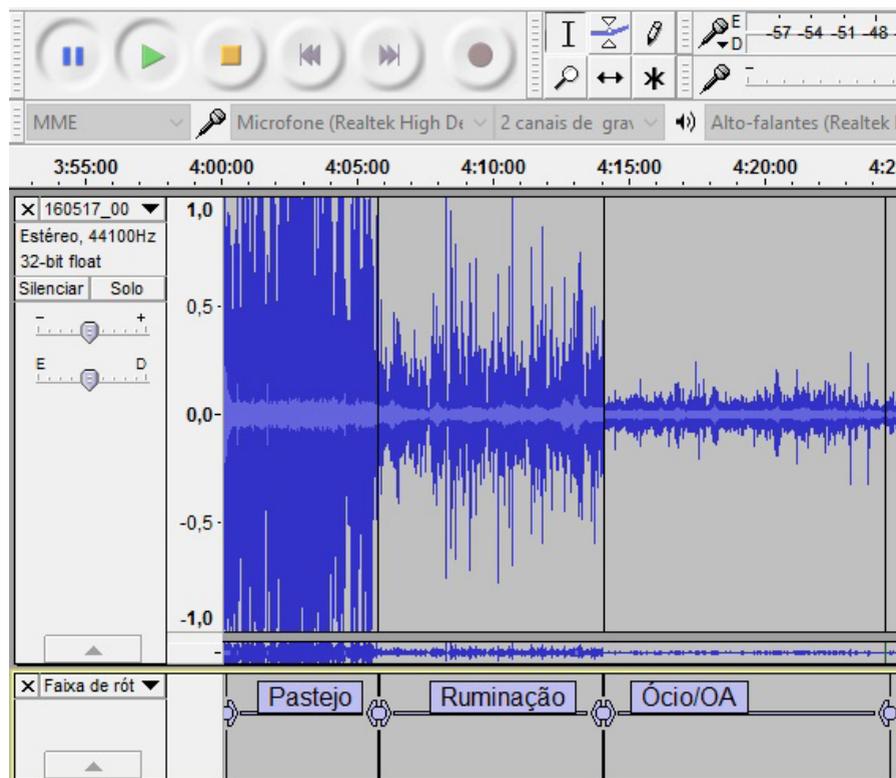


Figura 5. Fragmento de um espectrograma de áudio rotulado. Notar interferência de ruídos (em azul escuro). Fonte: Volpi (2017).

Além disso, as atividades possuem padrões de ondas relativamente bem definidos: a atividade de ruminação, por exemplo, é discreta e possui início e fim bem delimitados; já o pastejo é mais difícil de ser classificado, devido a sua natureza cíclica e início e término mal definidos, mas bem distinto das demais atividades (Figura 6).

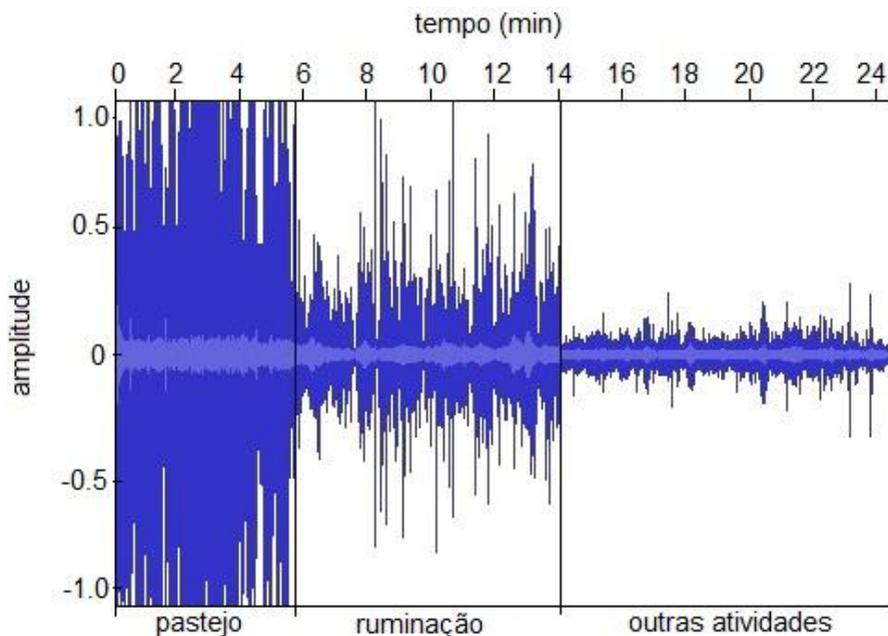


Figura 6. Compilado de fragmentos de registros sonoros de eventos de pastejo, ruminação e outras atividades. Fonte: Volpi (2017).

Neste sentido, o fato de, nos espectrogramas, as atividades possuírem frequências bem distintas (a apreensão é caracterizada por picos de frequência perto de 20 kHz, enquanto a mastigação de 1 a 5 kHz), tem levado os pesquisadores à busca de ferramentas capazes de classificar as atividades de forma automatizada (CLAPHAM et al., 2006). Cabe ressaltar, porém, que mesmo sem uso de softwares automatizados, registros de gravação com duração média de 24 horas podem ser analisados em cerca de quatro horas, comprovando a otimização de tempo e de mão-de-obra em relação ao método visual (VOLPI, 2017).

Afinal, por que o método acústico ainda é pouco utilizado na produção animal?

Apesar das pesquisas apontarem alta precisão e multifuncionalidade do método acústico, ainda há poucos avanços deste método para rumi-

nantes devido a limitações como: inexistência de *software* para a classificação automática dos eventos (FONSECA, 2014); pouca memória interna dos gravadores e limitada autonomia de gravações por mais de 48 horas (CLAPHAM et al., 2011); alto custo de gravadores com maior autonomia e melhor qualidade de gravação (CHELOTTI et al., 2014) e; formato de gravação wav, com 44.1 kHz e 16 bit, de maior precisão, mas que requer maior memória de armazenamento do que o formato MP3 (128 kbps ou 192 kbps) (VOLPI, 2017). Além das citadas, a obtenção de registros sonoros de ruminantes em pastagens sofre interferência de sons adjacentes ou “ruídos” e, portanto, é necessária a adaptação dos equipamentos de áudio para operarem em condições climáticas não controladas (CHELOTTI et al., 2014; LI; WU, 2015). A técnica também é incapaz de determinar a área de bocado, essencial em alguns estudos ligados à nutrição animal e manejo do pastejo (BENVENUTTI et al., 2006). Outro grande entrave na utilização do método acústico em bovinos, principalmente em zebuínos, é a interação dos animais com os equipamentos (Figura 7), sendo essencial a realização de testes pilotos e períodos de adaptação com os equipamentos (VOLPI, 2017).



Figura 7. Comportamento agonístico de novilha Nelore com equipamento de bioacústica. Nota-se o embate da frente onde está posicionado o microfone. Fonte: Denise Volpi (2016).

Avanços e perspectivas sobre a consolidação da bioacústica na pecuária

Apontada como grande obstáculo para a disseminação da bioacústica no Brasil, e inclusive com apelo mercadológico, a ausência de *software* de processamento de sinais parece não ser algo que continuará limitando o uso desta técnica. Apesar do desenvolvimento de algoritmos requerer dados de referência confiáveis, obtidos por meio de metodologia tradicional, para então permitir comparações, vários são os estudos sendo realizados neste campo (GREENWOOD et al., 2014; LUKUYU et al., 2014; RAHMAN et al., 2016; SMITH et al., 2016; GREENWOOD et al., 2017).

Clapham et al. (2011) iniciaram esse processo por meio de um rudimentar algoritmo de tempo real, denominado *Chew-Bite*, totalmente automático. Recentemente, o uso de redes neurais para distinção entre sons de tosse e outros sons, como grunhidos e ruídos de fundo, obtiveram certo êxito (NEETHIRAJAN et al., 2017).

Algoritmos baseados no modelo de Markov, árvore binária de decisão e outros, também demonstram resultados promissores para detectar e classificar atividades ingestivas (CHELOTTI et al., 2016; XUAN et al., 2016), inclusive em ambientes com muitas interferências (LI; WU, 2015).

Outros avanços lançam luz à resolução das principais limitações da técnica. Deniz et al. (2017) conseguiram detectar eventos de mastigação, apreensão e mastigação-apreensão com precisão de 92%, e classificá-los com precisão de 78%. Além disso, o *software* extrai a informação que caracterizou as atividades e armazena os resultados. Dessa forma, é possível adquirir e processar dados e transferir apenas os resultados da análise, otimizando o consumo de energia do *hardware* que, por conseguinte, aumentará a autonomia do sistema permitindo avaliar longos intervalos de tempo.

No Brasil, uma ferramenta gerada recentemente pela Faculdade de Computação da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, denominada *BovChewing*, é capaz de detectar e classificar eventos ingestivos com acurácia de 63% na tarefa de segmentação e 91% na tarefa de classificação de dados obtidos a campo (DEVIGO, 2017), sendo tão competitiva quanto aos modelos desenvolvidos em outros países. Outros sistemas também estão sendo estudados e construídos (ALVES 2017, comunicação pessoal), o que possibilitará a automação e maior disseminação da técnica.

Considerações finais

Apesar de recente, a utilização da bioacústica para avaliação do comportamento ingestivo em bovinos de corte é promissora. A possibilidade de quantificar atividades facilmente distinguíveis, como pastejo e ruminação, bem como outras de difícil avaliação, como abeверação ou mineralização, torna a ferramenta extremamente útil na pecuária moderna.

Com alta acurácia e dependente de menor mão-de-obra, o rápido e contínuo desenvolvimento de gravadores, baterias, microfones e softwares mais potentes, a preços mais competitivos, seguramente auxiliará nos pontos de maior entrave para a disseminação da metodologia em âmbito nacional.

A partir daí, estudos de etologia e bem-estar animal, por exemplo, poderão ser incorporados à rotina das propriedades, com grandes ganhos para o manejo e a rentabilidade das mesmas.

Agradecimentos

À Embrapa, em especial à unidade Gado de Corte, por todo o subsídio, infraestrutura e apoio técnico-científico para a elaboração deste documento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pelo financiamento das pesquisas que subsidiaram esta revisão.

Ao Dr. Júlio Kuhn da Trindade, pioneiro no uso da técnica de bioacústica no Brasil, pelo auxílio, pioneirismo e inestimável dedicação à aplicação e desenvolvimento desta metodologia no Brasil.

Referências bibliográficas

ARGUELHO, A. S. **Potencial do uso da bioacústica para avaliação do comportamento ingestivo em bovinos de corte**. Aquidauana, 49 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. 2017

BENVENUTTI, M. A.; GORDON, I. J.; POPPI, D. P. The effect of the density and physical properties of grass stems on the foraging behaviour and instantaneous intake rate by cattle grazing an artificial reproductive tropical sward. **Grass and Forage Science**, v. 61, p. 272-281, 2006.

CARVALHO, P.C.F.; TRINDADE, J.K.; MEZZALIRA, J.C.; POLI, C.H.E.C.; NABINGER, C.; GENRO, T.C.M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 109-122, 2009.

CHELOTTI, J. O.; ARRASIN, C. H.; VANRELL, S. R.; RUFINER, H. L.; GIOVANINI, L. L. **Desarrollo e implementación de un dispositivo de adquisición y almacenamiento de sonidos para ganadería de precisión**. In: VI Congreso Argentino de AgrolInformática. **Anais...** Buenos Aires, Argentina: 2014.

CHELOTTI, J. O.; VANRELL, S. R.; MILONE, D. H.; UTSUMI, S. A.; GALLI, J. R.; RUFINER, H. L.; GIOVANINI, L. L. A real-time algorithm for acoustic monitoring of ingestive behavior of grazing cattle. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 64-75, 2016.

CLAPHAM, W. M.; FEDDERS, J. M.; BEEMAN, K.; NEEL, J. P. S. Acoustic monitoring system to quantify ingestive behavior of free-grazing cattle. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 76, p. 96-104, 2011.

DA TRINDADE, J. K. **Comportamento e consumo de forragem de bovinos de corte em pastagem natural complexa**. Porto Alegre, 208 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

DA TRINDADE, J. K.; CARVALHO, P. C. F.; NEVES, F. P.; PINTO, C. E.; GONDA, H. L.; NADIN, L. B.; CORREIA, L. H. S. Potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 965-968, 2011.

DECRUYENAERE, V.; BULDGEN, A.; STILMANT, D. Factors affecting intake by grazing ruminants and related quantification methods: a review. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, v.13, p. 559-573, 2009.

DEMMENT, M. W. Integrating sward structure and ingestive behavior to determine intake rate in cattle. **Final Scientific Report for BARD**, p. Project No. US-1329-87, 1992.

DENIZ, N. N.; CHELOTTI, J. O.; GALLI, J. R.; PLANISICH, A. M.; LARRIPA, M. J.; RUFINER, H. L.; GIOVANINI, L. L. Embedded system for real-time monitoring of foraging behavior of grazing cattle using acoustic signals. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 138, p. 167-174, 2017.

DEVIGO, R. S. **BovChewing – Segmentação e classificação de eventos bioacústico do comportamento ingestivo de bovinos por meio de aprendizado de máquina**. Campo Grande, 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2017.

DIAS, A. F. S. **Competição por espaço acústico: adaptações de cantos de aves em uma zona de alta biodiversidade do Brasil Central**. Brasília, 87 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, 2013.

GANCHEV, T. D. **Computational bioacoustics : biodiversity monitoring and assessment**. 1. ed. Boston: De Gruyter, 2017. 222p. v.4.

EXADAKTYLOS, V.; SILVA, M.; BERCKMANS, D. Automatic identification and interpretation of animal sounds, application to livestock production optimisation. In: GLOTIN, H. (Ed.). **Soundscape semiotics: localization and categorization**. Rijeka: InTech, 2014. p. 65-81.

FERRARI, S.; PICCININI, R.; SILVA, M.; EXADAKTYLOS, V.; BERCKMANS, D.; GUARINO, M. Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 96, p. 276-280, 2010.

FISCHER, V., DESWYSEN, A. G.; DUTILLEUL, P.; DE BOEVER, J. Padrões da distribuição nictemeral do comportamento ingestivo de vacas leiteiras ao início e ao final da lactação, alimentadas com dietas à base de silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2129-2138, 2002.

FONSECA, L. **Os sons do pastejo**. Porto Alegre, 98 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

GALLI, J. R.; CANGIANO, C. A.; DEMMENT, M. W.; LACA, E. A. Acoustic monitoring of chewing and intake of fresh and dry forages in steers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 128, p. 14-30, 2006.

GALLI, J. R.; CANGIANO, C. A.; MILONE, D. H.; LACA, E. A. Acoustic monitoring of short-term ingestive behaviour and intake in grazing sheep. **Livestock Science**, v. 140, p. 32-41, 2011.

GREENWOOD, P.L.; VALENCIA, P.; OVERS, L.; PAULL, D.P.; PURVIS, I.W. New ways of measuring intake, efficiency and behaviour of grazing livestock. **Animal Production Science**, v. 54, p. 1796–1804, 2014.

GREENWOOD, P. L.; PAULL, D. R.; McNALLY, J.; KALINOWSKI, T.; EBERT, D.; LITTLE, B.; SMITH, D. V.; RAHMAN, A.; VALENCIA, P.; INGHAM, A. B.; BISHOP-HURLEY, G. J. Use of sensor-determined behaviours to develop algorithms for pasture intake by individual grazing cattle. **Crop & Pasture Science**, 2017.

LACA, E. A.; UNGAR, E. D.; SELIGMAN, N. G.; RAMEY, M. R.; DEMMENT, M. W. An integrated methodology for studying short-term grazing behavior of cattle. **Grass and Forage Science**, v. 47, p. 81-90, 1992.

LACA, E. A.; WALLIS DE VRIES, M. F. Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle. **Grass and Forage Science**, v. 55, p. 97-104, 2000.

LAZZARINI, V. E. P. (Ed.). **Elementos de acústica**. Maynooth: National University of Ireland, 1998. 47 p.

LI, Y.; WU, Z. **Animal sound recognition based on double feature of spectrogram in real environment**. In: International Conference on Wireless Communications & Signal Processing. **Anais...** Hong Kong, China: 2015. p. 1-5.

LUKUYU, M.; PAULL, D.R.; JOHNS, W.H.; NIEMEYER, D.; McLEOD, J.; McCORKELL, B.;

SAVAGE, D.; PURVIS, I.W.; GREENWOOD, P.L. Precision of estimating individual feed intake of grazing animals offered low, declining pasture availability. **Animal Production Science**, v. 54, p. 2105–2111, 2014.

MILONE, D. H.; RUFINER, H. L.; GALLI, J. R.; LACA, E. A.; CANGIANO, C. A. Computational method for segmentation and classification of ingestive sounds in sheep. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 65, p. 228-237, 2009.

MILONE, D. H.; GALLI, J. R.; CANGIANO, C. A.; RUFINER, H. L.; LACA, E. A. Automatic recognition of ingestive sounds of cattle based on hidden Markov models. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 87, p. 51-55, 2012.

NEETHIRAJAN, S.; TUTEJA, S. K.; HUANG, S.; KELTON, D. Recent advancement in biosensors technology for animal and livestock health management. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 98, p. 398-407, 2017.

OLIVEIRA, E. M. **Hércules Florence: Pioneiro da fotografia no Brasil**. São Paulo, (Dissertação de mestrado), Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo, 2003. 98 p.

RAHMAN, A.; SMITH, D.; HILLS, J.; BISHOP-HURLEY, G.; HENRY, D.; RAWNSLEY, R. **A comparison of autoencoder and statistical features for cattle behaviour classification**. In: IEEE Joint International Conference on Neural Networks. **Anais...** Vancouver, Canada: 2016. p. 2954– 2960.

ROSSING, T. D. A brief history of acoustics. In: ROSSING, T. D. (Ed.). **Springer handbook of acoustics**. New York: Springer Science + Business Media, 2007. p. 9-23.

SANTANA, L.R.C.; ARAÚJO, F.L.; SANTANA, N.M.; EIRAS, C.E.; ALENCAR, A.M.; GIRARDI, L.M.; VALLE, S. V.; MATOS, L. H. A.; PINTO FILHO, R. C.; MARQUES, L. A. Comportamento ingestivo de bovinos: pastejo contínuo em *Brachiaria decumbens*. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v. 1, p. 72-77, 2012.

SCHAFFER, R. M. Os sons dos animais. In: SCHAFFER, R. M. (Ed.). **A afinação do mundo: uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto do nosso ambiente: a paisagem sonora**. São Paulo: Editora UNESP, 2001. p. 66-67.

SILVA, R. R.; PRADO, I. N. do.; CARVALHO, G. G. P. de.; SANTANA JUNIOR, H. A. de.; SILVA, F. F. da.; DIAS, D. L. S. Efeito da utilização de três intervalos de observações

sobre a precisão dos resultados obtidos no estudo do comportamento ingestivo de vacas leiteiras em pastejo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 319-326, 2008.

SMITH, D.; RAHMAN, A.; BISHOP-HURLEY, G.; HILLS, J.; SHAHRIAR, S.; HENRY, D.; RAWNSLEY, R. Behavior classification of cows fitted with motion collars: decomposing multi-class classification into a set of binary problems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 131, p. 40-50, 2016.

SZOKE, A. P.; GUNN, W. W. H.; FILIP, M. The musical microcosm of the hermit thrush. **Akadémiai Kiadó**, v. 11, p. 423-438, 1969.

UNGAR, E. D.; RUTTER, S. M. Classifying cattle jaw movements: comparing IGER Behaviour Recorder and acoustics techniques. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 98, p. 11-27, 2006.

VIELLIARD, J.; SILVA, M. L. A bioacústica como ferramenta de pesquisa em comportamento animal. **Bulletin**, p. 1-15, 2004.

VOLPI, D. **Comportamento ingestivo e conforto térmico de bovinos em sistema em integração: avaliação visual e bioacústica**. Curitiba, 73 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná.

XUAN, C.; MA, Y.; WU, P.; ZHANG, L.; HAO, M.; ZHANG, X. Behavior classification and recognition for facility breeding sheep based on acoustic signal weighted feature. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural**, v. 32, p. 195-202, 2016.

Embrapa

Gado de Corte

CGPE 14285



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

