

Desenvolvimento de Eletrodos Secos para Eletromiografia de Superfície

Development of Dry Electrodes for Surface Electromyography

RESUMO

Lucas Volkmer Hendges
lucashendges@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Fabio Luiz Bertotti
bertotti@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Atualmente, o comportamento ingestivo de ruminantes é um tema muito relevante na pecuária de precisão, pois permite um maior controle das necessidades de rações concentradas adicionais. Para isso, foi considerado o método de sEMG e o desenvolvimento de eletrodos capazes de fazer aquisição de sinais de sEMG do músculo masseter. Realizou-se uma análise bibliográfica nesse tema para decidir quais topologias de eletrodos são mais viáveis para serem aplicadas. Em um trabalho previamente desenvolvido foram avaliados diferentes tipos de eletrodos. A partir disso, optou-se por projetar e construir eletrodos metálicos secos com pinos banhados a ouro, pois esse material minimiza os efeitos de oxidação e não requer o uso de gel eletrolítico. Para isso, foi necessário projetar e prototipar Placas de Circuito Impresso (PCIs) para servirem de suporte a esses pinos, que foram soldados nas PCIs. Além disso, um buçal foi confeccionado para fixação desses eletrodos, assim como do sistema de aquisição de sEMG e de um tubo de borracha para conectar-se a um sensor de pressão desse sistema para detecção de bocados.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrodos metálicos. Pecuária de precisão. Comportamento ingestivo.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

Nowadays, the ruminant ingestive behaviour is a very relevant topic in the field of precision livestock management mainly to have a better control on their additional nutrient intake. For that, it was considered the sEMG method and the development of electrodes for the acquisition of sEMG signals from the masseter muscle. A bibliographic analysis was done on this subject to decide which electrode topologies are more suitable. In a previous paper different types of electrodes were evaluated. From that, it was decided to develop dry metallic electrodes with gold plated pogo-pins, because gold minimizes oxidation and does not demand the usage of electrolytic gel. For that, it was necessary to design and assemble Printed Circuit Boards (PCBs) to support these pins, that were soldered on. Besides it all, a halter was crafted for fixing the electrodes, the sEMG acquisition system and a rubber tube for the pressure sensor in the bite detection system.

KEYWORDS: Metallic Electrodes. Precision livestock management. Ingestive Behaviour.



INTRODUÇÃO

Atualmente existem diversos estudos focados na análise de comportamento ingestivo de ruminantes, visto que a demanda por aumento e eficiência na produção animal é constante. Para isso, diversos trabalhos aplicando equipamentos e sistemas eletrônicos foram desenvolvidos e são abordados na literatura. Estes trabalhos serviram como base para uma análise bibliográfica, onde buscou-se criar embasamento científico para o desenvolvimento das atividades de pesquisa relacionadas ao projeto de pesquisa intitulado “Desenvolvimento de equipamento para medir comportamento ingestivo em ruminantes”. Nas subseções seguintes são apresentados os conceitos básicos sobre o comportamento ingestivo de ruminantes, os métodos para avaliação da atividade ingestiva, focando no método de eletromiografia. Pretende-se aprofundar esses conceitos e abordar assuntos específicos na continuidade das atividades.

COMPORTAMENTO INGESTIVO DE RUMINANTES

O monitoramento do comportamento alimentar de ruminantes é um assunto de grande importância na indústria agropecuária visto que pesquisas recentes mostram que quando se sabe de que maneira o animal se alimenta no pasto, torna-se mais barata a alimentação dentro de estábulos, e isso é benéfico para a produção, principalmente de leite (Campana et. al., 2015).

A aplicação de tecnologias e inteligência computacional é o principal objetivo da agropecuária de precisão, cuja área tem ganhado espaço e destaque no cenário mundial, pois vai ao encontro com contexto da agropecuária 4.0 (Miranda; Veríssimo; Ceolin, 2017; Prodemge, 2018). Busca-se levantar parâmetros referentes ao comportamento ingestivo que ajudam a monitorar os períodos de alimentação, ruminação, repouso (ócio) e na contagem do número de bocados a fim de estimar a quantidade de alimento ingerido.

Existem diversos métodos para avaliação do comportamento ingestivo de ruminantes, podendo ser classificados em manuais e eletrônicos (Campos, 2016). O foco deste trabalho são os métodos eletrônicos. Esses, usam sensores e buscam a identificação automática e registro dos eventos alimentares. No trabalho de Alvarenga et al. (2016) foram utilizados acelerômetros triaxiais colocados no buçal do animal, abaixo da mandíbula. Os sinais foram processados, atributos foram extraídos e classificados, identificando as seguintes atividades: pastando, deitado, correndo, de pé e andando.

Os sistemas com sensores de pressão empregam um tubo de silicone adaptado no buçal do animal, ficando abaixo da mandíbula. Ao ingerir alimento, o tubo se deforma, provocando variação de pressão no ar que o preenche. Essas variações de pressão são detectadas por um sensor de pressão, identificando a atividade ingestiva em ruminação e alimentação (Braun et al., 2013).

ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE

A Eletromiografia de Superfície ou sEMG consiste da aquisição de biopotenciais associados ao estímulo neuronal no músculo masseter, que é o

mais atuante nos movimentos mastigatórios. Um sistema de aquisição e processamento é aplicado para adquirir e processar os sinais de sEMG. Extraindo-se os atributos desse sinal e aplicando em algoritmos de classificação é possível obter informações a respeito do comportamento ingestivo de animais, como no trabalho de Campos (2016). Esse sistema de aquisição geralmente consiste de eletrodos metálicos.

Tipicamente em humanos, os eletrodos aplicados na aquisição de biopotenciais são eletrodos de contato do tipo prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) posicionados sob o músculo de interesse. Para um melhor contato elétrico com a pele, utiliza-se um gel condutivo na interface eletrodo-pele, porém, em uma medição de longo prazo o gel acaba secando e deteriorando o sinal de sEMG (Campos, 2016). No trabalho de Moser (2017), diferentes topologias de eletrodos secos foram propostas e avaliadas em animais. Os resultados apresentados foram satisfatórios para os eletrodos confeccionados com pinos banhados a ouro.

O foco deste trabalho envolve a montagem da placa de circuito impresso de um sistema de aquisição de sinais de mastigação animal, a confecção de alguns modelos de eletrodos, de um buçal para fixar o sistema de aquisição, sensores e demais dispositivos, assim como de um tubo para um sensor de pressão do referido sistema de aquisição.

MATERIAL E MÉTODOS

Os eletrodos utilizados nesta pesquisa têm uma funcionalidade similar àquela dos utilizados para aquisição de sinais elétricos provenientes de batimentos cardíacos em humanos, porém, aplicados para adquirir sinais de mastigação em ruminantes. O objetivo é implementar eletrodos secos, ou seja, que permitam a aquisição de sinais de sEMG por longo período de tempo, sem utilização de gel para melhorar o contato.

No trabalho de Moser (2019) foram desenvolvidos eletrodos de pinos retráteis de ouro, que apresentaram uma impedância suficientemente baixa em contato com a pele, e por esse motivo, buscou-se desenvolver eletrodos desse mesmo tipo, visto que apresentaram uma boa aquisição dos sinais.

Foram projetadas algumas PCIs para a confecção de tipos diferentes de eletrodos: um eletrodo de referência, e dois modelos para aquisição de sEMG do músculo masseter, além de modelos que contêm ambos eletrodos de aquisição e referência na mesma placa. Para a confecção de tais eletrodos, o *software* utilizado foi o EAGLE Free License For Non-Commercial Use And Evaluation Purposes.

PINOS COM MOLA

Os pinos utilizados na confecção do circuito do eletrodo foram os chamados *pogo-pins*, que são pinos banhados a ouro compostos por uma base fixa e uma ponta móvel, que possui uma mola interna que permite que esta ponta se aproxime ou se afaste da superfície em que se deseja fazer o contato. Os pinos são ilustrados na Figura 1.

Figura 1 - Pogo-pins



Fonte: Mill-Max (2019)

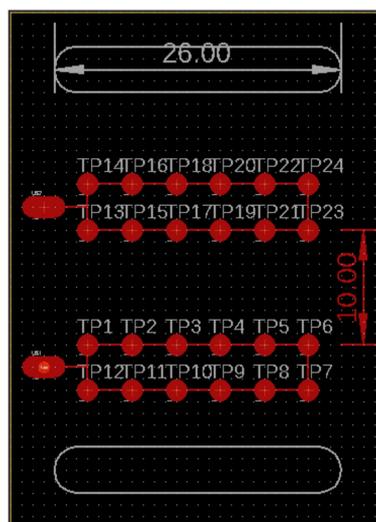
No trabalho de Moser (2017) foram comparados eletrodos de prata, na forma de barra, e aqueles com pogo pins, demonstrando melhores resultados nesses últimos.

ELETRODOS

Foram confeccionados eletrodos para referência e aquisição de sinais, visto que o sistema funciona apenas se há um eletrodo de referência, que serve para comparar o valor nominal do estímulo muscular com um valor de outro músculo que apresenta movimento muito menor.

O layout de um dos eletrodos pode ser observado na Figura 2, que representa um dos modelos para aquisição de sinais, que é fixado no músculo masseter. Este possui pinos com 2 mm de diâmetro.

Figura 2 - Layout do primeiro modelo da PCI para os eletrodos do masseter (medidas em milímetros).



Fonte: Autoria própria

Os eletrodos comunicam-se com o sistema de aquisição através de um cabo P2 e são fixos no buçal que foi confeccionado de maneira artesanal utilizando fitas de tecido e elástico, sendo assim ajustável para animais com diferentes tamanhos. No buçal também foi fixado o sensor de pressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à pandemia do COVID-19, não foi possível realizar experimentos no IDR Paraná conforme inicialmente previsto, devido às medidas restritivas de segurança impostas pelo órgão. Tais experimentos serão desenvolvidos em atividade futura.

As placas dos circuitos dos eletrodos foram feitas em uma máquina de prototipagem e os pinos foram soldados, conforme a Figura 3(a), face de contato com a pele e 3(b), face de contato com o buçal.

Esta topologia foi escolhida devido a ser a que apresentou resultados mais satisfatórios no trabalho de Moser (2017), bem como o dimensionamento e espaçamento dos pinos na placa.

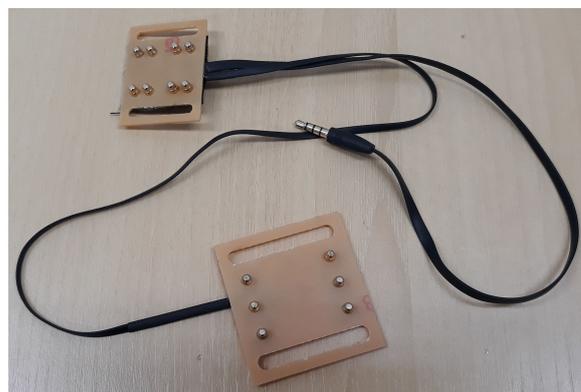
Figura 3 - Eletrodos com os pinos soldados



Fonte: Autoria própria

Após a devida soldagem dos pinos nos eletrodos foi feita a conexão dos cabos que são utilizados para levar o sinal à unidade de processamento. O resultado é conforme a Figura 4.

Figura 4 - Cabo conectado aos eletrodos de aquisição de sEMG e eletrodo de referência.



Fonte: Autoria própria

O tubo para o sensor de pressão confeccionado ficou conforme a Figura 5. Quando o buçal é colocado no animal, o tubo amarelo fica em contato com a

região da mandíbula. Quando o animal abre a boca, o tubo é comprimido, provocando um aumento de pressão que é mensurado por um sensor.

No trabalho previamente desenvolvido foi escolhido um sensor de pressão resistivo de 40 kPa devido a facilidade de encontrá-lo a venda e pelo baixo custo do dispositivo.

Figura 5 - Tubo para o sensor de Pressão.



Fonte: Autoria própria

O buçal, que foi confeccionado conforme descrito na seção anterior, pode ser observado na Figura 6. Observa-se o posicionamento dos eletrodos, bem como os ajustes laterais e inferior. Foi utilizado um protótipo tridimensional de uma cabeça animal para testes e ajustes do buçal.

Figura 6 - Buçal confeccionado artesanalmente.



Fonte: Autoria própria

O devido posicionamento dos eletrodos no buçal, pode ser observado na Figura 7. Eles são fixos com velcro®, podendo ser facilmente destacados caso haja necessidade de manutenção.

Figura 7 - Eletrodo fixo no buçal.



Fonte: Autoria própria

Esse estudo mostrou o desenvolvimento de eletrodos de maneira artesanal para aquisição de sinais de sEMG. Foram feitos diversos modelos, com diferentes

configurações geométricas e topologias, (diferenciação entre os eletrodos que possuem o eletrodo de referência e o eletrodo para o músculo masseter na mesma placa, em comparação aos que possuem essas estruturas separadas). Tais eletrodos podem se comunicar com um sistema de aquisição utilizando cabos com conector P2, que são de fácil acesso, além de ser um conector muito utilizado.

Nos experimentos que serão realizados, será necessário aparar os pelos nas regiões onde os eletrodos serão colocados. Diferentemente dos eletrodos com gel, não será necessário escarificar a pele com produto específico para isso.

CONCLUSÃO

Os eletrodos desenvolvidos são não invasivos, devido ao fato dos animais estarem acostumados ao uso do buçal cotidianamente e ao eletrodo estar fixado no próprio buçal.

Observou-se também que o desenvolvimento de um buçal ajustável, é uma estratégia conveniente quando são feitos testes de posicionamento em animais com tamanhos diferentes, pois provém melhor contato.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao IDR Paraná e Fundação Araucária pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- L. L. Campana, E. C. Modesto, A. C. C. d. Barros, P. G. Zanella, C. A. B. A. d. Carvalho, and S. A. T. Camargo Filho, "Ingestive behavior of crossbred heifers in four seasons related to the structure of stargrass pasture," *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, vol. 37, pp. 67 – 72, 03 2015.
- G. Marchesini, D. Mottaran, B. Contiero, E. Schiavon, S. Segato, E. Garbin, T. Sandro, and I. Andrighetto, "Use of rumination and activity data as health status and performance indicators in beef cattle during the early fattening period", *The Veterinary Journal*, vol. 231, 11 2017.
- A. Miranda, A. Miranda Veríssimo, and A. Ceolin, "Agricultura de precisao: Um mapeamento da base da scielo," *Gestão. Org.*, vol. 15, pp. 129–137, 12 2017.
- D. Campos, P. Abatti, F. Bertotti, A. Finkler da Silveira, and J. A. Hill, "Surface electromyography measurements for ingestive behaviour identification on goats," 02 2016.

C. da Silva, J. R. Dittrich, A. L. G. Monteiro, A. de Moraes, C. S. de Barros, and E. B. de Oliveira, “Preferência de caprinos em pastejo: Efeito da altura de dosséis das forrageiras aruana e hemártria,”

U. Braun, T. Tschoner, and M. H' assig, “Evaluation of eating and rumination behaviour using a noseband pressure sensor in cows during the peripartum period,” BMC veterinary research, vol. 10, p. 195, 09 2014.

W. M. Clapham, J. M. Fedders, K. Beeman, and J. P. Neel, “Acoustic monitoring system to quantify ingestive behavior of free-grazing cattle”, Computers and Electronics in Agriculture, vol. 76, no. 1, pp. 96 – 104, 2011.

F. Alvarenga, I. Borges, L. Palkovič, J. Rodina, V. Oddy, and R. Dobos, “Using a three-axis accelerometer to identify and classify sheep behaviour at pasture”, Applied Animal Behaviour Science, vol. 181, pp. 91- 99, 2016.

F. Oudshoorn, C. Cornou, A. Hellwing, H. Hansen, L. Munksgaard, P. Lund, and T. Kristensen, “Estimation of grass intake on pasture for dairy cows using tightly and loosely mounted di- and tri-axial accelerometers combined with bite count”, Computers and Electronics in Agriculture, vol. 99, pp. 227 – 235, 2013.

A. C. Moser, “Desenvolvimento de eletrodos para avaliação do comportamento ingestivo usando sEMG,” 2017.