

# DETERMINAÇÃO DE TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DE SINAIS ELÉTRICOS CEREBRAIS EM BOVINOS UTILIZANDO EQUIPAMENTO TELEMÉTRICO\*

## DETERMINATION OF BRAIN ELECTRICAL SIGNAL ACQUISITION TECHNIQUES USING TELEMETRY EQUIPMENT

ANA C. S. SILVA<sup>1</sup>  
GUILHERME A. ONODY<sup>2</sup>  
ANDRÉ L. MORAES<sup>3</sup>  
ALDO I. C. ARCE<sup>4</sup>  
HOLMER SAVASTANO JR<sup>5</sup>  
ERNANE J. X. COSTA<sup>6</sup>

### RESUMO

Os experimentos foram realizados na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, com duas novilhas da raça holandesa (2,5 anos). Para que fossem determinadas técnicas ideais de aquisição de sinais cerebrais em bovinos adultos, utilizando equipamento telemétrico foram realizados testes de posicionamento e fixação de eletrodos superficiais e do equipamento de coleta. Determinadas a posição e forma de fixação dos eletrodos e do equipamento, foram realizados experimentos com os animais totalmente livres dentro do piquete experimental. O sinal foi amostrado a 100 Hz e, devido à intensa movimentação do animal apresentou grande quantidade de artefatos. Antes do cálculo da densidade espectral de potências foram selecionados trechos livres de artefatos com 5 s de duração. As frequências estavam de acordo com o apresentado na literatura, apesar de os autores utilizarem eletrodos de agulha e realizarem os experimentos com bezerras. Os resultados indicaram que é possível adquirir sinal de EEG de bovinos adultos, utilizando equipamento telemétrico e eletrodos superficiais.

**Palavras-Chave:** EEG, eletroencefalograma, eletrodos superficiais, telemetria, processamento digital de sinais.

---

\* Trabalho baseado na seguinte dissertação: SILVA ACS. Aplicação de técnicas de processamento digital de sinais na caracterização de sinais cerebrais de bovinos [dissertação]. Pirassununga: Universidade de São Paulo Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos; 2005.

<sup>1</sup> Física, Doutorado, Laboratório de Física Aplicada e Computacional, Departamento de Ciências Básicas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga – SP, e-mail: anac\_ss@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Zootecnista, Mestrando, Laboratório de Física Aplicada e Computacional, Departamento de Ciências Básicas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga– SP.

<sup>3</sup> Zootecnista, Mestrando, Agrárias, Departamento de Zootecnia, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga – SP.

<sup>4</sup> Técnico em eletrônica, Mestrando, Laboratório de Física Aplicada e Computacional, Departamento de Ciências Básicas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga – SP

<sup>5</sup> Engenheiro Civil, Departamento de Zootecnia, Departamento de Ciências Básicas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga – SP.

<sup>6</sup> Físico, Professor Doutor, Laboratório de Física Aplicada e Computacional, Departamento de Ciências Básicas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga – SP.

## ABSTRACT

The experiments were carried out in Pirassununga, at São Paulo state, two females Dutch race bovines were used (2.5 years old). To determine the ideal techniques for grown bovines' brain electrical activity acquisition, using telemetric equipment, tests of electrode and acquisition equipment placement and fixation were made. After determination of electrode placement and fixation signal was sampled at 100 Hz and because animal's movements acquired data presented a lot of artifacts, before spectral density calculus artifact-free stretches of 5 s duration were selected. Frequencies were in agreement with literature results despite authors used to work with needle electrodes and calves. Results indicated that it is possible to acquire EEG signal from grown bovines using telemetric equipment and scalp electrodes.

**Keywords:** EEG, electroencephalogram, skin electrodes, telemetry, digital signal processing.

## INTRODUÇÃO

O registro elétrico coletado na superfície do escalpo tornou-se a principal fonte de informação não invasiva da atividade elétrica cerebral. O eletroencefalograma (EEG) é o gráfico resultante do registro da atividade elétrica cerebral, obtido através de eletrodos colocados na superfície do encéfalo.

O sinal elétrico cerebral possui amplitude reduzida e os dados podem ser bastante prejudicados pela movimentação do animal. Por este motivo, a escolha do ponto para posicionamento e da forma de fixação dos eletrodos é de grande importância para a qualidade do sinal adquirido.

O crânio bovino adulto apresenta formato triangular, devido ao desenvolvimento tardio dos seios paranasais frontais, que invadem os ossos da abóbada craniana, transformando os contornos abaulados da cabeça do bezerro, na região frontal ampla e achatada do adulto. Esta morfologia e a proporção menor do cérebro em relação ao crânio dificultam a aquisição de sinais elétricos cerebrais (EEG) nos animais adultos.

A maior parte dos trabalhos presentes na literatura apresenta resultados com

animais jovens (MERRICK & SCHARP, 1971; SUZUKI et al., 1990; COSTA et al., 1991) e utilizam eletrodos de agulha (MERRICK & SCHARP, 1971; SUZUKI et al., 1990; COSTA et al., 1991; TAKEUCHI et al., 1998) para aquisição do sinal. Neste ponto encontra-se a inovação do trabalho proposto que determina técnicas de aquisição em animais adultos (2,5 anos de idade) utilizando eletrodos superficiais e aquisição telemétrica dos dados e, abre caminho para que se utilize a atividade elétrica cerebral de bovinos como informação adicional no melhoramento e na produção animal, sem introduzir fatores estressantes, como por exemplo, o confinamento ou condicionamento do animal, uma vez que os dados coletados serão transmitidos telemetricamente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nos meses de setembro e outubro de 2004 na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. Foram utilizadas duas novilhas (2,5 anos) da raça holandesa, livres de problemas neurológicos, que seriam abatidas após o término do experimento, pela Prefeitura do Campus, por apresentarem mastite.

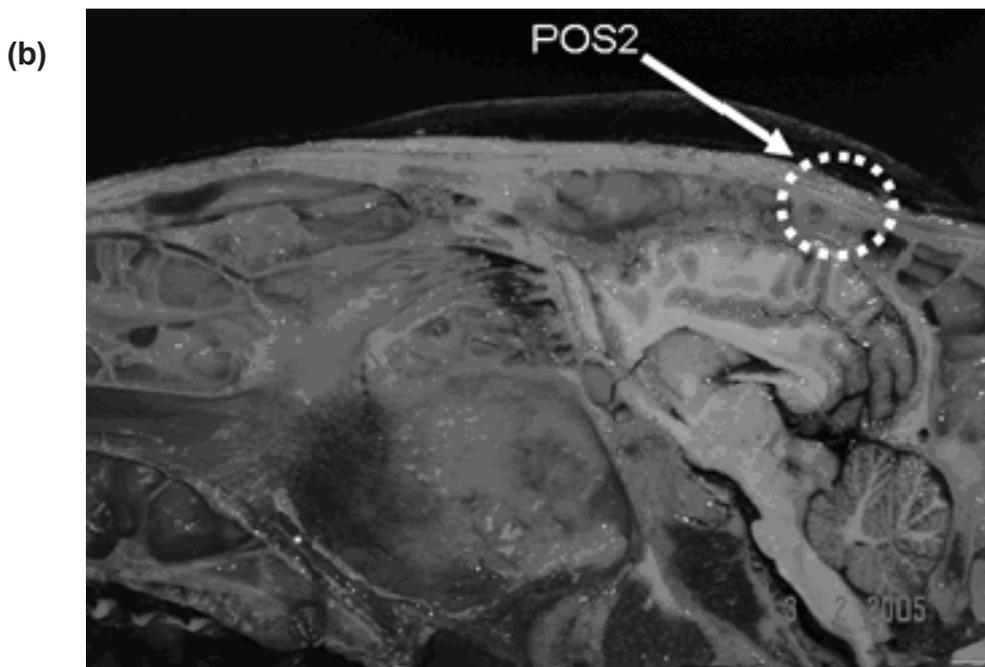
### Teste de posição dos eletrodos com animal inconsciente

Os animais foram submetidos a miolorrelaxamento com cloridrato de xilazina (Rompun da Bayer®) na dosagem de 1 mL kg<sup>-1</sup> de peso, totalizando 6 mL, suficientes para manter o animal em sedação intensa

por cerca de 40 min. Após o animal ser sedado, foi realizada uma tricotomia nos pontos onde os eletrodos seriam posicionados (Figura 1a). A Figura 1b mostra o corte longitudinal do crânio de um bovino adulto, na figura está destacada a região onde foram realizadas as coletas.



**Figura 1.** (a) Configurações das disposições dos eletrodos: POS1, POS2 e POS3.



**Figura 1.** (b) Corte longitudinal do crânio bovino, vista lateral (esquerda). Em destaque posição dos eletrodos para aquisição do EEG

A região frontal da cabeça foi escolhida para coleta por ser a mais próxima do córtex cerebral, consistindo o teste de posicionamento dos eletrodos em determinar qual o melhor ponto desta região para a aquisição dos dados. As posições para avaliação (Figura 1a) foram determinadas traçando uma linha do ângulo lateral dos olhos até o ângulo oposto do processo cornual, o cruzamento destas linhas definiu um ponto no centro do osso frontal. Em seguida foi traçada uma reta perpendicular ao plano mediano com aproximadamente 2,5 cm. Lateralmente à linha mediana foram posicionados os eletrodos da posição dois, enquanto os eletrodos da posição um e três ficaram a 2,0 cm acima e abaixo respectivamente ao eletrodo da posição dois. Para cada posição foram realizadas coletas de sinal com duração entre 20 e 70 s, estes intervalos foram adotados em conformidade com o estado de relaxamento dos animais, o que está relacionado com suas possíveis movimentações e, a partir destas coletas, foram selecionados trechos livres de artefato para análise. O sinal foi amostrado a 100 Hz e alguns trechos, de acordo com suas características no tempo (presença ou não de artefatos produzidos por movimentação do animal), foram selecionados para análise. A densidade espectral de potências foi obtida no MATLAB®, utilizando-se janela Hanning com 50% de sobreposição, com intervalo de confiança de 95%. Nesta primeira etapa, dadas as condições do animal (sedado), o equipamento ainda não estava fixo e os eletrodos foram fixados com o auxílio de fitas adesivas.

### **Animal consciente e com liberdade parcial de movimentos**

A posição selecionada anteriormente para coleta dos dados foi novamente avaliada, agora com o animal livre de medicação, porém preso por um cabresto de corda à cerca, podendo se mover em um semicírculo de aproximadamente 2 m de raio.

O sinal de EEG foi novamente amostrado (100 Hz), e alguns trechos (com menor quantidade de artefatos) foram selecionados para análise.

Foram testados cabrestos elásticos e fitas adesivas (comuns e “silver-tape”) para fixação dos eletrodos. Foi testado também o uso de bolsas impermeáveis (3 cm x 8 cm x 12 cm), coladas ao dorso dos animais, como forma de posicionar o equipamento no animal para que se pudesse atingir a etapa de coleta de dados com o animal totalmente livre.

Foram feitos experimentos com uma hora de duração e durante este período foram coletados trechos de 10 a 50 s de duração. O sinal foi avaliado no domínio do tempo (identificação de artefatos), foram selecionados trechos de boa qualidade (livres de artefato) para avaliação no domínio da frequência (densidade espectral de potências) através do MATLAB®. A densidade espectral de potências foi obtida utilizando-se janela Hanning com 50% de sobreposição, com intervalo de confiança de 95%.

### **Animal consciente e com liberdade total de movimentos**

Os animais estavam totalmente livres, dentro do piquete experimental (50 m x 100 m). A aquisição foi feita utilizando-se dois eletrodos de superfície fixos na região frontal da cabeça do animal por meio de fitas do tipo “silver-tape”. O eletrodo de referencia foi posicionado no pescoço do animal. O equipamento foi acondicionado em bolsa impermeável colada ao dorso do animal. O sinal foi amostrado a 100 Hz e trechos com aproximadamente 2 min de duração foram coletados. As coletas foram feitas das 04h:00min às 06h:00min e das 12h:00min às 15h:00min.

A partir dos trechos de 2 min foram selecionados trechos livres de artefatos com duração de 5 s. Em seguida, a densidade espectral de potências foi obtida no MATLAB®, utilizando-se janela Hanning com 50% de sobreposição, com intervalo de confiança de 95%.

## Cortes anômicos para avaliação da eficácia da escolha da posição 2 como ideal para coleta

Após o abate dos animais, foram feitos cortes anômicos do crânio, com intuito de verificar o porquê de a posição selecionada ser a melhor para coleta do sinal de um bovino adulto. Com um dos crânios foi realizado um corte transversal na altura da região frontal próximo à região de colocação dos eletrodos (POS2), obtendo-se uma imagem seccional do crânio. Com outro crânio foi feito um corte longitudinal, obtendo-se a imagem antimérica (esquerda).

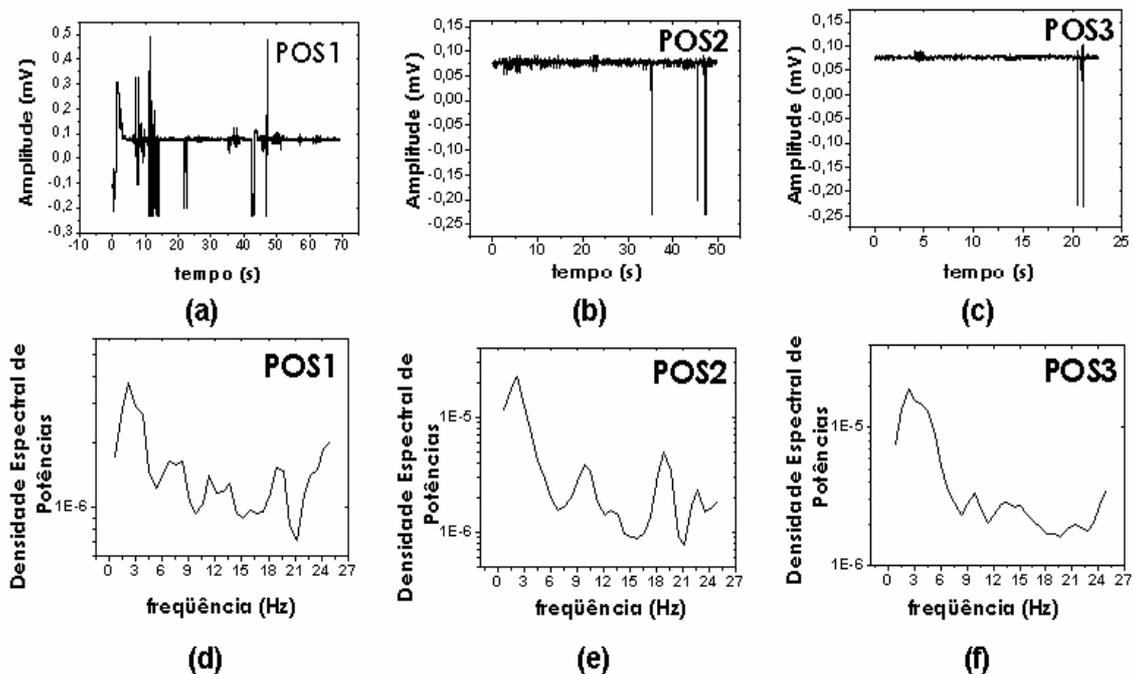
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cabrestos testados foram descartados devido ao incomodo causado nos animais. As bolsas coladas ao couro do animal mostraram-se satisfatórias para o acondicionamento do equipamento.

Os eletrodos foram fixados utilizando fita adesiva do tipo “silver- tape”, esta ainda não é a melhor forma de fixação, uma vez que a fita pode ser facilmente removida pelo

animal, sendo o período máximo de fixação atingido de três horas.

A proposta deste trabalho foi a de determinar metodologia para adquirir sinal cerebral em bovinos adultos e permitir futuros estudos do efeito do estresse térmico na atividade elétrica cerebral. Por este motivo, as regiões para provável posicionamento dos eletrodos foram avaliadas em duas etapas (animal anestesiado e animal consciente, com liberdade parcial de movimentos). Com o animal anestesiado, a configuração de eletrodos, na posição dois, apresentou trechos livres de artefato, ou seja, com amplitude menor que 50 mV, com maior duração (Figuras 2a, 2b e 2c) isso pode ter ocorrido devido ao fato de, na posição dois, o eletrodo ficar sobre uma região do seio frontal que possui um espaço oco menor quando comparado com as posições um e três; também, os eletrodos da posição três localizam-se mais próximos das orelhas recebendo interferência dos músculos auriculares. Enquanto os eletrodos da posição um localizam-se mais próximos dos olhos, recebendo interferência dos músculos orbiculares.



**Figura 2.** Sinal cerebral adquirido nas posições POS1 (a), POS2 (b) e POS3 (c); Densidade espectral de potências para trechos livres de artefatos obtidos a partir dos sinais apresentados nas figuras 2a, 2b e 2c.

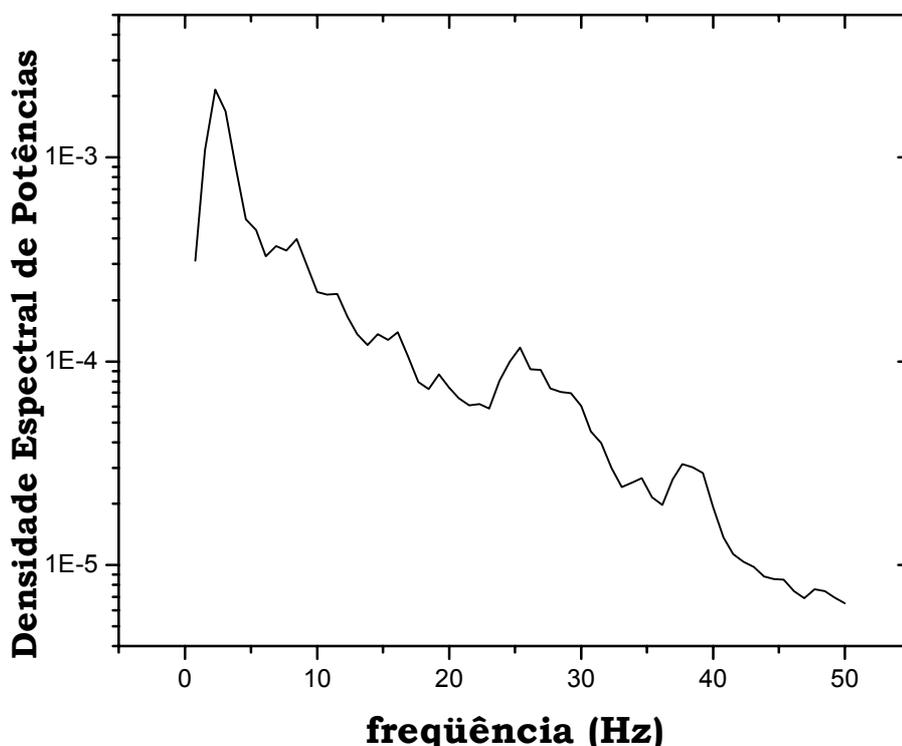
A densidade espectral de potências para os trechos selecionados, a partir das coletas feitas nas posições em avaliação, apresentou picos nas mesmas faixas de frequências. (Figuras 2d, 2e e 2f). Optou-se, então, pela posição dois que permitiria coletas de trechos livres de artefatos com maior duração. Porém, antes da efetivação da posição dois para coleta do sinal, esta foi novamente avaliada, agora com o animal consciente e com liberdade parcial de movimentos. A duração de trechos livres de artefatos foi menor, de acordo com a afirmação de COSTA et al. (1991), que disseram que o sinal de EEG obtido de animais anestesiados é mais suave e livre de artefatos.

Como as frequências contidas no sinal podem ser um indicativo melhor que suas características temporais (JONES & PETTITT, 1992), a densidade espectral de potências foi usada como ferramenta de avaliação da qualidade do sinal coletado. As frequências encontradas (2-10 Hz; 13-27 Hz) estão de acordo com o obtido por SUZUKI et al. (1990). A posição dois foi

efetivada como posição ideal para coleta de sinal de EEG em bovinos. Pode-se ver na Figura 1b, que a POS2 é a que mais se aproxima do cérebro do animal. A posição escolhida (POS2), através da análise do sinal coletado, está de acordo com o previsto.

Já com o animal consciente e com liberdade total de movimentos o sinal coletado apresentou grande quantidade de artefatos, oriundos de movimentações bruscas dos animais. A literatura, envolvendo EEG de bovinos reporta o uso de trechos de sinal com duração entre 5 s (MERRICK & SCHARP, 1971) e 8,5 s (JONES & PETTITT, 1992), que são normalmente trechos livres de artefatos em uma coleta. Por este motivo, foram selecionados trechos livres de artefatos com 5 s de duração para análise.

As frequências encontradas (2-10 Hz; 13-27 Hz) (Figura 3) estão de acordo com o obtido por SUZUKI et al. (1990) em bezerros, apesar deste ter realizado experimentos com eletrodos de agulha.



**Figura 3.** Densidade espectral de potências para o trecho livre de artefatos obtido com o animal com liberdade total de movimentos.

## CONCLUSÃO

A metodologia determina a existência de uma posição ótima para aquisição do sinal (posição dois), porém, a forma de fixação dos eletrodos deve ser melhorada para permitir a reprodutibilidade do experimento. O uso de eletrodos de superfície não prejudicou os resultados e apresenta-se como solução para preservação do bem estar animal durante

experimento de aquisição de sinal de EEG. As características temporais e em frequência do sinal estão de acordo com a literatura.

Do exposto pode-se concluir que é possível adquirir sinal de EEG de bovinos adultos os quais podem se mover livremente dentro do piquete experimental, utilizando um eletroencefalógrafo telemétrico e eletrodos superficiais.

## REFERÊNCIAS

BAGER F; SHAW F.D; TAVENCER A; LOEFFEN M.P.F; DEVINE C.E. Comparison of EEG and ECoG for detecting cerebrocortical activity during slaughter of calves. *Meat Science*. Savoy, IL. v. 27, n.3. p. 211-25, jul. 1990.

COSTA AGD, SINGH AP, PESHIN PK. Haemodynamic, blood gas and blood biochemical changes following chloralhydrate-magnesium sulphate sedation in calves. *Indian Journal of Animal Science*, Indian, v. 61, n.9, p. 939-41, sep. 1991.

JONES, P. N; PETTITT, A. N. Comparison of EEGs before and after stunning of cattle taking account of animal-to-animal variation. *Biometrical Journal*, Göttingen, Germany, v.34, n.7, p. 815-25, 1992.

MERRICK AW, SCHARP, DW. Electroencephalography of resting behavior in cattle, with observations on the question of sleep. *American Journal of Veterinary*

*Research*, Schaumburg, IL, v. 32 n. 12, p.1993-97, dec. 1971

SILVA, A.C. S. *Aplicação de técnicas de processamento digital de sinais na caracterização de sinais cerebrais de bovinos*. Pirassununga, 2005. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Universidade de São Paulo / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos.

SUZUKI M, SITIZYO K, TAKEUCHI T, SAITO T. Electroencephalogram of Japanese black calves affected with cerebrocortical necrosis. *Japanese Journal of Veterinary Science*, Tokyo, Japan, v.52, n.5, p.1077-87, jun. 1990.

TAKEUCHI T; SITIZYO K; HARADA E. Analysis of the electroencephalogram in growing calves by use of power spectrum and cross correlation. *American Journal of Veterinary Research*, Schaumburg, IL v.59, n.6 , p. 777-81, jun. 1998.