

## A UTILIZAÇÃO DE ACELERÔMETROS PARA AVALIAÇÃO DE SIMETRIA EM ANDADURAS E MANOBRAS REALIZADAS NO FREIO DE OURO

**MARIANA SCHWANKE HIRDES<sup>1</sup>; KARINA HOLZ<sup>2</sup>; GUILHERME MARKUS<sup>3</sup>;**  
**CHARLES FERREIRA MARTINS<sup>4</sup>; ANA SARAIVA GIORGIS<sup>5</sup>; GINO LUIGI**  
**BONILLA LEMOS PIZZI<sup>6</sup>;**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [marihirdes@gmail.com](mailto:marihirdes@gmail.com)*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [karinaholz06@gmail.com](mailto:karinaholz06@gmail.com)*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [guilhermemarkus2014@gmail.com](mailto:guilhermemarkus2014@gmail.com)*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [martinscf68@yahoo.com.br](mailto:martinscf68@yahoo.com.br)*

<sup>5</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [anasaraivagiorgis2002@hotmail.com](mailto:anasaraivagiorgis2002@hotmail.com)*

<sup>6</sup>*Universidade Federal de Pelotas – [gino\\_lemos@hotmail.com](mailto:gino_lemos@hotmail.com)*

### 1. INTRODUÇÃO

O Freio de Ouro, principal prova da Associação Brasileira de Criadores de Cavalo Crioulo (ABCCC), é a competição mais representativa da raça Crioula. Inicialmente avaliava apenas características morfológicas, mas na década de 1970 incorporou a primeira avaliação funcional. Sua primeira fase combina análise morfológica com cinco provas funcionais: andadura, figura, volta sobre patas, esbarrada, mangueira e campo. A fase final inclui mangueira II, Bayard-Sarmento e campo II (ABCCC, 2025). Esta competição prioriza doma, aptidão e docilidade, complementadas por agilidade, coordenação e equilíbrio – atributos especialmente avaliados nas manobras de esbarrada e volta sobre patas (PIZZI et al., 2024). Conforme PIMENTEL (2016), resultados funcionais da primeira fase correlacionam-se com medidas morfológicas, evidenciando a influência da conformação corporal no desempenho atlético. Campeões destacam-se não apenas funcionalmente, mas também morfologicamente, reforçando que a avaliação do Crioulo ainda privilegia aspectos estáticos. Contudo, estudos dinâmicos nessa categoria permanecem escassos.

Na biomecânica equina, a cinética estuda as forças geradoras do movimento, enquanto a cinemática quantifica suas características espaciais e temporais (CLAYTON, 2004). Dentre os métodos dinâmicos, a acelerometria destaca-se como técnica cinética que mensura variações instantâneas de velocidade decorrentes da aplicação de força. Sensores (acelerômetros) fixados ao corpo registram acelerações/desacelerações, permitindo quantificar padrões de assimetria locomotora (BARREY, 2008; THOMSEN et al., 2010). Estudos comprovam correlações significativas entre índices de simetria derivados de acelerometria e avaliações clínicas de claudicação (THOMSEN et al., 2010). Dentro desse contexto, o objetivo do presente estudo é analisar, através da acelerometria, se cavalos Crioulos mantêm simetria motora (equilíbrio bilateral de movimentos) durante as andaduras e as manobras de esbarrada e volta sobre patas do Freio de Ouro.

### 2. METODOLOGIA

Foram selecionados cinco cavalos adultos saudáveis (quatro éguas e um macho castrado), sem histórico de claudicação, com peso médio de 430 kg e idades entre 4,5 e 8 anos. Todos passaram por exames ortopédicos completos antes dos testes para confirmar sua aptidão.

Os sensores Pegasus-G foram fixados em protetores de boleto posicionados na região do casco dos membros anteriores e posteriores. A orientação dos eixos foi cuidadosamente definida: o eixo X alinhado no sentido craniocaudal, o eixo Y no sentido cima/baixo (vertical) e o eixo Z no sentido mediolateral. Uma calibração inicial foi realizada com o cavalo parado em posição neutra para garantir precisão nas medições.

Os testes consistiram em duas categorias de movimentos. Primeiro, as andaduras lineares em reta: passo (1,5 m/s), trote (3,25 m/s) e galope (4,85 m/s). Segundo, as manobras características do Freio de Ouro: a volta sobre patas e a esbarrada. Todos os exercícios foram realizados em uma arena de areia compactada de 30x60 m, com seis ciclos consecutivos registrados para cada movimento.

Os dados coletados pelos sensores foram processados pelo software Pegasus Poseidon®, que calculou automaticamente cinco parâmetros-chave: o comprimento da passada (distância percorrida em cada ciclo), a duração da passada (tempo gasto por ciclo), a amplitude de protração (extensão do membro na direção craniocaudal), o deslocamento médio-lateral (oscilação lateral do membro durante o movimento) e o índice de simetria (diferença percentual entre os picos de aceleração dos lados direito e esquerdo, indicando equilíbrio entre os membros).

Para análise estatística, aplicou-se a Análise de Componentes Principais (PCA), que reduziu as quatro variáveis principais em dois componentes (PC1 e PC2). Em seguida, utilizou-se o método de agrupamento *k-means* (*k*=3) para identificar padrões de movimento similares entre os cavalos. Por fim, a correlação de Pearson foi empregada para verificar se animais com maior simetria em movimentos básicos também apresentavam melhor equilíbrio nas manobras complexas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos 38 ciclos de passada revelou padrões claros de movimento. O primeiro componente principal (PC1) explicou 48,1% da variação total e representou principalmente a assimetria: cavalos com valores elevados nesse eixo mostraram diferenças acentuadas entre membros direitos e esquerdos. O segundo componente (PC2) respondeu por 23,1% da variação e contrastou o deslocamento lateral (oscilação dos membros) com a amplitude de protração (extensão do movimento), indicando que cavalos com maior oscilação lateral tendiam a ter menor amplitude de movimento longitudinal.

O agrupamento dos dados em três *clusters* evidenciou comportamentos distintos. O Cluster 0 reuniu movimentos com alta simetria e baixa oscilação lateral, característico de andaduras lineares bem executadas. O Cluster 1 incluiu padrões assimétricos com grandes diferenças entre membros, predominante em manobras como a esbarrada. O Cluster 2 representou um perfil intermediário, observado em transições entre movimentos. Notavelmente, a simetria em andaduras básicas (passo e trote combinados) correlacionou-se fortemente com o equilíbrio nas manobras ( $r = 0,90$ ), sugerindo que cavalos com movimentos simétricos no dia a dia mantêm melhor controle corporal em tarefas complexas. ROBILLIARD et al., (2007) encontrou variações de tempos semelhantes entre os pares de membros, tanto nas andaduras simétricas como nas assimétricas. Corroborando com nossos achados.

As manobras exibiram assinaturas cinéticas únicas. A esbarrada gerou picos de desaceleração de aproximadamente  $37,9 \text{ m/s}^2$  (equivalente a 3,9 vezes a força da gravidade), com cargas instantâneas estimadas em até 30 kN – comparáveis a impactos de galope em alta velocidade. Já a volta sobre patas produziu ciclos sustentados de aceleração lateral, acompanhados por fases prolongadas de suspensão dos membros anteriores, onde o cavalo tem fase de voo substancial de membros torácicos durante os giros.

Estes achados têm implicações práticas significativas. A forte correlação entre simetria em movimentos básicos e desempenho em manobras sugere que avaliações rotineiras de equilíbrio podem ajudar na seleção de animais para competição. Ricard et al. (2020) concluiu, por meio da utilização de acelerômetros em cavalos de salto, que a duração do movimento está fortemente correlacionada com fatores genéticos e hereditários. Além disso, as altas cargas detectadas na esbarrada ressaltam a necessidade de preparo muscular excêntrico (para absorção de impactos) e monitoramento de tendões. As oscilações laterais frequentes na volta sobre patas indicam que exercícios de fortalecimento do core e treino de equilíbrio axial são essenciais para melhorar a precisão técnica. Visto que alterações lombares, como por exemplo desestabilização da articulação lombo-sacra que é muito acometida na manobra de esbarrada, podem prejudicar o desempenho atlético dos equinos competidores (STUBBS et al., 2006). Entretanto, pesquisas recentes realizadas em equinos submetidos a sessões de ginástica laboral destacam a relevância da análise qualitativa dos movimentos em diferentes condições de treinamento. Esse tipo de avaliação permite a definição de padrões normais de locomoção, possibilitando, em contextos distintos, a identificação de alterações associadas a risco de lesão ou instabilidade locomotora (OLIVEIRA et al., 2019).

É importante destacar as limitações do estudo. A pequena amostra (cinco cavalos) e a ausência de validação com câmeras de alta velocidade ou plataformas de força impedem generalizações mais amplas. Os acelerômetros mensuram aceleração eficientemente, mas não capturam ângulos articulares ou forças exatas, aspectos que futuros estudos poderiam integrar.

Por fim, o presente estudo demonstra como acelerômetros podem traduzir movimentos complexos em dados quantificáveis. Variáveis como o índice de simetria, a amplitude de protração e o deslocamento médio-lateral funcionam como tradutores do equilíbrio e eficiência locomotoras.

#### 4. CONCLUSÕES

Cavalos com maior simetria em andaduras regulares tendem a manter maior consistência nas manobras do Freio de Ouro, logo, a mensuração de simetria em andaduras é uma ferramenta útil de triagem pré-competitiva.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAVALOS CRIOLLOS – ABCCC. História do Freio de Ouro. Eventos: Freio de Ouro – História, disponível em: <https://www.cavalocrioulo.org.br/eventos/historia/freio-de-ouro> Acesso em: 19 jul. 2025.

cinemática do salto de cavalos da raça Brasileiro de Hipismo. São Paulo: Universidade de São Paulo, 14 jun. 2012.

OLIVEIRA, K. et al. GINÁSTICA LABORAL EM CAVALOS TERAPEUTAS MELHORA A QUALIDADE DO MOVIMENTO TRIDIMENSIONAL DO TROTE. Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas, v. 13, n. 2, p. 147–154, 24 jun. 2019.

PIMENTEL, Anelise Maria Hammes et al. Association of morphometric measurements with morphologic scores of Criollo horses at Freio de Ouro: a path analysis. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 47, n. 0, 22 out. 2018.

PIZZI, GLBL et al. 2D Kinematic Analysis of the Esbarrada and Volta Sobre Patas Manoeuvres of Criollo Breed Horses Competing in Freio de Ouro. Animals, v. 14, n. 16, p. 2410, 20 ago. 2024.

STUBBS, N. C. et al. Functional anatomy of the caudal thoracolumbar and lumbosacral spine in the horse. Equine Veterinary Journal, v. 38, n. S36, p. 393–399, 10 ago. 2006.

THOMSEN, M. H. et al. Agreement between accelerometric symmetry scores and clinical lameness scores during experimentally induced transient distension of the metacarpophalangeal joint in horses. Equine Veterinary Journal, v. 42, n. s38, p. 510–515, 8 nov. 2010.