

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA



TESE

**Análise cinemática do passo, trote e canter e das manobras de esbarrada
e volta sobre patas de cavalos da raça Crioula**

Gino Luigi Bonilla Lemos Pizzi

Pelotas, 2024

Gino Luigi Bonilla Lemos Pizzi

Análise cinemática do passo, trote e canter e das manobras de esbarrada e volta sobre patas de cavalos da raça Crioula

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Orientador: Professor Charles Ferreira Martins

Coorientadora: Professora Roberta Ferro de Godoy

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

P695a Pizzi, Gino Luigi Bonilla Lemos

Análise cinemática do passo, trote e canter e das manobras de esbarrada e volta sobre patas de cavalos da raça Crioula [recurso eletrônico] / Gino Luigi Bonilla Lemos Pizzi ; Charles Ferreira Martins, orientador ; Roberta Ferro de Godoy, coorientadora. — Pelotas, 2024.
125 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Biomecânica. 2. Sistema musculoesquelético. 3. Movimento. 4. Cinesiologia. I. Martins, Charles Ferreira, orient. II. Godoy, Roberta Ferro de, coorient. III. Título.

CDD 636.1088

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB: 10/901

Gino Luigi Bonilla Lemos Pizzi

Análise cinemática do passo, trote e canter e das manobras de esbarrada e volta sobre patas de cavalos da raça Crioula

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 18 de março de 2024

Banca examinadora:

Prof. Dr. Charles Ferreira Martins (Orientador)

Doutor em Ciências pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof.^a Dr.^a Ana Luisa Schifino Valente

Doutora em Medicina e Cirurgia Animal pela *Universitat Autònoma de Barcelona*

Prof. Dr. Fábio Raphael Pascoti Bruhn

Doutor em Ciências Veterinárias pela Universidade Federal de Lavras

Dr. Leandro Américo Rafael

Doutor em Clínica e Cirurgia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Samuel Pereira Simonato

Doutor em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Viçosa

Dedico este trabalho

Para a Pandora, meu anjo da guarda

Agradecimentos

Acima de tudo, agradeço a Deus, o nosso Grande Pai, pelo maior presente que eu poderia receber: a vida. Mais uma existência onde posso errar, acertar e evoluir como espírito durante a minha eternidade. Não obstante, agradeço aos meus espíritos protetores e ao meu anjo da guarda. Sei o quão protegido sou e como meu caminho é iluminado com a benção dos orixás. **Salve.**

À minha família, base de todas as conquistas que já obtive e ainda terei ao longo dos anos. Em especial, para a maior razão do meu esforço contínuo: minhas amadas mãe e tia. Esses termos normalmente se confundem em meu coração, pois considero que fui agraciado com duas mães eternas. Muito obrigado por me possibilitarem todas as condições necessárias para eu atingir meus sonhos e metas.

À Universidade Federal de Pelotas, onde pude me tornar Médico Veterinário na excelente Faculdade de Veterinária; à Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, ao Departamento de Zootecnia e ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realizar minha formação durante os períodos de mestrado e doutorado. Nessa instituição sinto como se fosse minha segunda casa e sou eternamente grato pelo ensino público e de qualidade que recebo desde 2012. Não menos importante, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior que possibilitou a realização dos estudos no país e no exterior.

Aos meus orientadores não só acadêmicos, mas também da vida: Prof^a. Dr^a. Ana Luisa Schifino Valente e Prof. Dr. Charles Ferreira Martins. Todas as oportunidades que conquistei durante minha trajetória foram fruto de uma parceria que extrapola o nível da academia e se mistura com a vida pessoal. Vocês permitiram que eu realizasse alguns dos maiores sonhos da minha vida, além de me auxiliarem na preparação para os desafios que estão por vir. Não tenho palavras para mensurar a importância de vocês e como me inspiro nas carreiras brilhantes das pessoas que tive o privilégio de ter como orientadores. Graças a vocês, serei melhor professor e pessoa nas etapas que virão a seguir.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Cavalos Crioulos e do Grupo de Estudos em Ortopedia Equina, pela troca de conhecimentos práticos e teóricos que enriqueceram demais minha trajetória acadêmico-profissional. Fiz grandes amigos e amigas e pude participar da formação de exímios profissionais de Medicina Veterinária e Zootecnia. Serei um colaborador eterno dos nossos grupos, trabalhando para o crescimento exponencial de nossas atividades.

À Prof^a. Dr^a. Roberta Ferro de Godoy, que embarcou nessa jornada de implementação dos nossos estudos em biomecânica equina aqui na UFPEL. Graças ao seu empenho, iniciamos um projeto que só cresce em número e qualidade de pesquisas na nossa faculdade. Além disso, possibilitou a realização do sonho de estudar e morar no exterior. Não há palavras para agradecer o nobre coração que me acolheu no maior desafio da vida, que foi de morar no exterior. Também estendo meus agradecimentos à Writtle University College, instituição

de excelência, onde todas as pessoas envolvidas e que tive contato são seres humanos extremamente capacitados e gentis. Espero retornar em breve.

Aos centros de treinamento e ginetes que cederam seus espaços, animais e seus tempos para contribuírem para essa pesquisa. O agradecimento não é apenas meu, mas também de todo nosso grupo. Essa parceria é uma das mais valiosas que podemos obter dentro da academia.

À minha namorada, por ser minha companheira e amiga desde o primeiro dia em que nos conhecemos. Não tenho como expressar o amor e a gratidão que sinto por nossos caminhos se cruzarem.

E por fim, aos animais, a principal razão de nossas profissões. Dentro disso, não posso deixar de agradecer o ser mais puro e lindo que conheci na minha existência: minha **Pandora**. Ao ponto que termino de redigir essas palavras, se passou quase um mês desde sua partida, e não deixei de me lembrar de ti em nenhum deles. Obrigado por me fazer tão feliz ao longo da minha vida e de me ensinar que, quando estamos próximos de perder nossas forças, sempre há como ultrapassarmos as barreiras das dificuldades. Estou contando cada segundo para o nosso reencontro e sinto muito a tua falta.

A todos os demais que também contribuíram de alguma forma, meu **muito obrigado**.

“Only photography has been able to divide human life into a series of moments, each of them has the value of a complete existence.”

Eadweard Muybridge

Resumo

PIZZI, Gino Luigi Bonilla Lemos. **Análise cinemática do passo, trote e canter e das manobras de esbarrada e volta sobre patas de cavalos da raça Crioula**. Orientador: Charles Ferreira Martins. 2024. 125f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

A espécie equina possui uma grande variedade de raças e biotipos morfológicos. A raça Crioula tem crescido em importância no cenário equestre brasileiro e sul-americano, mostrando uma clara evolução nas competições que buscam premiar o cavalo que combina forma e função com alta eficiência no manejo dos rebanhos de gado nas criações extensivas. Avaliações morfológicas e biomecânicas são cruciais para compreender a eficiência atlética e funcionalidade em diversas disciplinas equestres. A raça tem destaque no Freio de Ouro, sendo o marco da apreciação tanto da morfologia quanto do desempenho funcional. No entanto, estudos biomecânicos detalhados, especialmente sobre cinemática, são escassos nessa disciplina. Dentro desse contexto, o presente estudo objetivou preencher essa lacuna, analisando a cinemática dinâmica das andaduras e manobras de equinos Crioulos competidores no Freio de Ouro. A análise cinemática foi realizada em 35 cavalos da raça Crioula, em treinamento e competição na modalidade equestre Freio de Ouro. Foram posicionados 30 marcadores retrorrefletivos nas protuberâncias ósseas dos segmentos apendiculares e na face axial dos animais. Foram obtidos vídeos em câmera lenta do passo, trote e canter e das manobras de esbarrada e volta sobre patas de ambos os lados direito e esquerdo. Utilizando o software Quintic Biomechanics v33 foram mensurados valores quantitativos de variáveis lineares, temporais e angulares de cada movimento. Para as variáveis foram obtidos o valor médio e o desvio padrão entre os lados direito e esquerdo. Na manobra de esbarrada foi realizada análise de regressão entre os ângulos estáticos, previamente medidos, e os valores de protração dos membros torácicos e pélvicos. A significância foi estabelecida em $p \leq 0,05$. Nas andaduras, dentre os principais resultados, o passo obteve comprimento de passada de $1,61 \pm 0,14$ m, com duração de $0,90 \pm 0,04$ s e velocidade de $1,79 \pm 0,13$ m/s; já para o trote, o comprimento da passada foi de $2,30 \pm 0,23$ m, a duração da passada foi $0,60 \pm 0,03$ s e a velocidade foi de $3,82 \pm 0,43$ m/s; por fim, o canter obteve comprimento da passada, duração da passada e velocidade nos membros guia de $2,86 \pm 0,29$ m, $0,51 \pm 0,03$ s e $5,61 \pm 0,64$ m/s e de apoio de $2,68 \pm 0,25$ m, $0,51 \pm 0,02$ s e $5,28 \pm 0,56$ m/s, respectivamente. Nas manobras, a esbarrada exibiu comprimento de $4,28 \pm 0,99$ m durante $1,15 \pm 0,11$ s e velocidade de $3,77 \pm 0,55$ m/s. Não houve regressão entre ângulos estáticos e protração torácica e pélvica ($p > 0,05$). Já para a volta sobre patas o tempo no momento 1 foi de $9,20 \pm 1,43$ s, com suspensão torácica de $0,81 \pm 0,33$ s e no momento 2 ambos os valores foram de $9,23 \pm 1,88$ s e $0,83 \pm 0,34$ s, respectivamente. Além disso, os

tempos estabelecidos diferiram nos dois momentos (M1, $p = 0,023$; M2, $p < 0,001$), assim como o tempo de suspensão simultânea dos membros torácicos ($p = 0,013$ e $0,023$, respectivamente). Este estudo apresenta uma nova abordagem metodológica para análise cinemática das andaduras e manobras de esbarrada e volta sobre patas em cavalos da raça Crioula competidores no Freio de Ouro, bem como para movimentos homólogos. A goniometria estática não se correlaciona com os ângulos de protração dos membros torácicos e pélvicos durante a colisão. Na manobra de volta sobre patas, a segunda série de giros dura mais tempo, com maior suspensão de ambos os membros torácicos, refletindo práticas de nível competitivo nesta disciplina equestre através da determinação de valores baseados em videografia a partir de padrões reais de movimento.

Palavras-chave: Biomecânica; sistema musculoesquelético; movimento; cinesiologia

Abstract

PIZZI, Gino Luigi Bonilla Lemos. **Kinematic analysis of the walk, trot and canter and the *esbarrada* and *volta sobre patas* maneuvers of Criollo breed horses.** Advisor: Charles Ferreira Martins. 2024. 125p. Thesis (Doctorate in Sciences) – College of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2024.

The equine species has a wide variety of breeds and morphological biotypes. The Criollo breed has grown in importance in the Brazilian and South American equestrian scene, showing a clear evolution in competitions that seek to reward horses that combine form and function with high efficiency in the management of cattle herds in extensive breeding. Morphological and biomechanical assessments are crucial to understanding athletic efficiency and functionality in various equestrian disciplines. The breed stands out in the *Freio de Ouro*, being the benchmark for the appreciation of both morphology and functional performance. However, detailed biomechanical studies, especially on kinematics, are scarce in this discipline. Within this context, the present study aimed to fill this gap, analyzing the dynamic kinematics of the gaits and maneuvers of Criollo breed horses competing in Freio de Ouro. The kinematic analysis was carried out on 35 Criollo horses, in training and competition in the *Freio de Ouro* equestrian discipline. 30 retroreflective markers were positioned on the bony protuberances of the appendicular segments and on the axial face of the animals. Slow motion videos were obtained of the walk, trot and canter and the *esbarrada* and *volta sobre patas* maneuvers on both the right and left sides. Using the Quintic Biomechanics v33 software, quantitative values of linear, temporal and angular variables of each movement were measured. For the variables, the mean value and standard deviation between the right and left sides were obtained. In the *esbarrada* maneuver, regression analysis was performed between the static angles, previously measured, and the protraction values of the thoracic and pelvic limbs. Significance was set at $p \leq 0.05$. In walking, among the main results, the step obtained a stride length of $1.61 \pm 0.14\text{m}$, with a duration of $0.90 \pm 0.04\text{s}$ and a speed of $1.79 \pm 0.13\text{m/s}$; for the trot, the stride length was $2.30 \pm 0.23\text{m}$, the stride duration was $0.60 \pm 0.03\text{s}$ and the speed was $3.82 \pm 0.43\text{m/s}$; Finally, the canter achieved stride length, stride duration and speed on the lead members of $2.86 \pm 0.29\text{m}$, $0.51 \pm 0.03\text{s}$ and $5.61 \pm 0.64\text{m/s}$ and support members of $2.68 \pm 0.25\text{m}$, $0.51 \pm 0.02\text{s}$ and $5.28 \pm 0.56\text{m/s}$, respectively. During the maneuvers, the *esbarrada* had a length of $4.28 \pm 0.99\text{m}$ for $1.15 \pm 0.11\text{s}$ and a speed of $3.77 \pm 0.55\text{m/s}$. There was no regression between static angles and thoracic and pelvic protraction ($p > 0.05$). For the *volta sobre patas*, the time at moment 1 was $9.20 \pm 1.43\text{s}$, with thoracic suspension of $0.81 \pm 0.33\text{s}$ and at moment 2 both values were $9.23 \pm 1.88\text{s}$ and $0.83 \pm 0.34\text{s}$, respectively. Furthermore, the established times differed in the two moments (M1, $p = 0.023$; M2, $p < 0.001$), as well as the time of simultaneous suspension of the thoracic limbs ($p = 0.013$ and 0.023 ,

respectively). This study presents a new methodological approach for the kinematic analysis of gaits and maneuvers of *esbarrada* and *volta sobre patas* in Criollo breed horses competing in *Freio de Ouro*, as well as for homologous movements. Static goniometry does not correlate with the protraction angles of the thoracic and pelvic limbs during the *esbarrada*. In the *volta sobre patas* maneuver, the second set of turns lasts longer, with greater suspension of both thoracic limbs, reflecting competitive level practices in this equestrian discipline through the determination of values based on videography from real movement patterns.

Keywords: Biomechanics; musculoskeletal system; movement; kinesiology

Lista de figuras

Figura 1. Posicionamento dos marcadores retroreflexivos em membros torácicos e pélvicos de equino da raça Crioula para análise cinemática 52

Figura 2. Momento do engajamento de membros pélvicos antes do contato casco-solo durante a execução da manobra de esbarrada em cavalos Crioulos competidores do Freio de Ouro, com a representação dos ângulos cinemáticos analisados: ângulo da cabeça (A), art. escapuloumeral (B), art. umeroradioulnar (C), art. antebraquiocarpal (D), art. metacarpofalangeana (E), art. lombossacral (F), art. coxofemoral (G), art. femurotibiopatelar (H) e art. tarsocrural (I). 84

Figura 3. Desenho esquemático representando os dois momentos (M1 e M2) onde foram analisados os movimentos de volta sobre patas, sendo o conjunto 1 (VSP1 - vermelho) o primeiro par de giros para o mesmo lado e o conjunto 2 (VSP2 - azul) o par de voltas contralaterais (os tamanhos dos círculos e setas são apenas ilustrativos e não traduzem a circunferência realizada pelos animais). 85

Figura 4. Ângulos de mensuração dos movimentos de abdução e adução dos membros torácicos (A e B, respectivamente) e membros pélvicos (C e D, respectivamente) em cavalos Crioulos competidores do Freio de Ouro durante o movimento de Volta sobre patas. 86

Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Médias e desvio padrão das variáveis cinemáticas temporais tempo de apoio, tempo de elevação e *duty factor* realizados por cavalos da raça Crioula (n = 35) no passo, trote e canter. 56
- Tabela 2.** Médias e desvios padrão das variáveis cinemáticas angulares dos ângulos de protração, retração e apoio médio do boleto realizados por cavalos da raça Crioula (n = 35) no passo, trote e canter. 58
- Tabela 3.** Médias e desvio padrão dos ângulos mínimo e máximo (°) e amplitude de movimento (ROM) no tracking dos membros torácicos de cavalos Crioulos competidores (n = 35) ao passo, trote e canter. 59
- Tabela 4.** Médias e desvio padrão dos ângulos mínimo e máximo (°) e amplitude de movimento (ROM) no tracking dos membros pélvicos de cavalos Crioulos competidores (n = 35) ao passo, trote e canter. 60
- Tabela 5.** Ângulos das articulações dos membros torácicos direito e esquerdo de cavalos da raça Crioula competidores do Freio de Ouro durante a manobra de esbarrada. 88
- Tabela 6.** Ângulos das articulações dos membros pélvicos direito e esquerdo de cavalos da raça Crioula competidores do Freio de Ouro durante a manobra de esbarrada. 89
- Tabela 7.** Variáveis cinemáticas temporais das voltas sobre patas de cavalos Crioulos em treinamento para o Freio de Ouro. 89
- Tabela 8.** Tempos das fases de apoio e suspensão e ângulos de abdução e adução dos membros de cavalos Crioulos em treinamento para o Freio de Ouro durante a manobra de Volta sobre patas. 90

Lista de abreviaturas e siglas

2D	bidimensional
3D	tridimensional
ABCCC	Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulos
cm	centímetros
EMG	eletromiografia
FEI	Federação Equestre Internacional
fps	<i>frames per second</i>
GRF	<i>ground reaction forces</i>
Hz	Hertz
kg	quilogramas
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
m	metros
mm	milímetros
m/s	metros por segundo
n°	número
RGB	<i>red, blue and green</i>
REM	<i>rapid eyes movement</i>
ROM	<i>range of motion</i>
s	segundos
W	Watt
°	graus (ângulo)
°/s	graus por segundo

Sumário

1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	4
2.1. Evolução dos estudos em biomecânica equina	4
2.2. Análise cinemática em equinos	9
2.3. Biomecânica equina: tipos de andadura	14
2.4. Biomecânica equina: fases da passada	16
2.5. Tipos de contração muscular	17
2.6. Alavancas de movimento	18
2.7. Anatomia e biomecânica do esqueleto apendicular: membros torácicos	19
2.8. Anatomia e biomecânica do esqueleto apendicular: membros pélvicos	23
2.9. Anatomia e biomecânica do esqueleto axial: pescoço e tronco	26
3. Objetivos	30
3.1. Objetivo geral	30
3.2. Objetivos específicos	30
4. Hipótese	30
5. Referências	31
CAPÍTULO 1	46
Resumo	47
Introdução	47
Metodologia	49
Delineamento do estudo	49
Design experimental	50
Coleta de dados cinemáticos	51
Variáveis cinemáticas	53
Análise estatística	54
Resultados	55
Discussão	60
Conclusão	69
Referências	69
CAPÍTULO 2: Cinemática das manobras de esbarrada e volta sobre patas de cavalos da raça Crioula competidores no Freio de Ouro	75
Resumo	76
Introdução	77
Metodologia	79
Delineamento do estudo	80

Design experimental.....	80
Coleta de dados cinemáticos	81
Variáveis cinemáticas.....	82
Análise estatística	87
Resultados	88
Discussão	90
Conclusões	101
Referências	102

1. Introdução

1

2 A espécie equina apresenta uma ampla variedade de raças, aptidões
3 atléticas e biotipos físicos, sendo que as características conformacionais,
4 morfológicas e biomecânicas geralmente estão associadas aos padrões
5 específicos de cada disciplina. No contexto do cenário equestre sul-americano,
6 cavalos da raça Crioula têm adquirido crescente importância ao longo das
7 décadas, destacando-se por sua eficiência progressiva em competições que
8 valorizam indivíduos que melhor combinam forma e função dos seus corpos. É
9 a raça mais difundida no Brasil, com mais de 400.000 animais registrados em
10 vários países. Possui grande importância socioeconômica, movimentando R\$
11 1,28 bilhão anualmente e gerando cerca de 200.000 empregos (Lima & Cintra,
12 2015). Desenvolvida a partir de cavalos Ibéricos, adaptou-se aos campos sul-
13 americanos e evoluiu com resistência climática. Seu registro oficial começou em
14 1932 com a ABCCC (ABCCC, 2016). Caracteriza-se por porte médio,
15 musculatura e outros atributos específicos (Affonso & Correa, 1992; Dalto,
16 2006). Atualmente, a avaliação dos cavalos Crioulos ocorre através do Freio de
17 Ouro, um torneio que combina análise morfológica com desempenho funcional
18 em atividades de campo. A parte morfológica representa 37,2% da pontuação
19 total, influenciando diretamente na preferência pela raça (Dalto, 2006). A ABCCC
20 estabelece critérios objetivos de altura e circunferência para registro, com
21 avaliações subjetivas adicionais. Mudanças morfológicas foram observadas com
22 a introdução de linhagens chilenas na década de 1970, embora algumas sejam
23 perceptíveis apenas subjetivamente (Mawdsley *et al.*, 1996; Beeman, 2008;
24 Lage *et al.*, 2009).

25 Embora a conformação esteja ligada ao desempenho, é crucial que a
26 seleção de reprodutores priorize a manutenção dos traços obtidos pela seleção
27 natural, como rusticidade e capacidade de trabalho. Apenas a base morfológica
28 não é suficiente para determinar o desempenho, sendo necessários estudos com
29 metodologias específicas para avaliar o movimento. O uso de técnicas
30 instrumentais de conformação e avaliação biomecânica revela correlações
31 importantes entre a conformação e o desempenho atlético, destacando a
32 necessidade de análises estáticas e dinâmicas na seleção para aprimorar a
33 habilidade de adestramento (Roepstorff, 2012). Estudos indicam melhorias
34 simultâneas na conformação, qualidade das andaduras e capacidade de
35 cavalgada, associadas a características específicas do trote, oferecendo insights
36 objetivos sobre o potencial locomotor futuro. Em competições de adestramento,
37 as características do trote refletem-se nas pontuações totais, com mestiços
38 Warmblood frequentemente superando Puros de Raça Ibérica (Solé *et al.*,
39 2013a). No entanto, há poucos relatos científicos sobre morfometria dinâmica de
40 raças derivadas de cavalos Ibéricos (*e.g.* Menorca), incluindo o cavalo Crioulo.
41 Além disso, a determinação de parâmetros cinemáticos para a espécie equina
42 foi realizada com raças que apresentam morfologicamente singularidades, como
43 os cavalos Islandeses, que têm altura média de 1,37m e se assemelham a
44 pôneis, e não consideram a apreciação morfológica no trabalho de campo
45 (Robilliard *et al.*, 2007; Solé *et al.*, 2013b; Jensen *et al.*, 2016).

46 O estudo das diversas andaduras dos quadrúpedes auxilia no
47 entendimento de como as forças cinéticas interagem com as diferentes energias
48 gravitacionais que agem nos centros de massas dos indivíduos (Griffin, 2004). A
49 investigação dessas forças compreende a cinética, que estuda a reação

50 quantitativa, principalmente dos membros em relação ao solo, quando na
51 propulsão do tronco e suporte do peso do animal durante os diferentes níveis de
52 andaduras (Muir & Wishaw, 2000). *Softwares* que permitem a observação
53 passiva das andaduras, tanto em animais hígidos quanto na busca de
54 claudicações, possibilitam análises acima de 60 e até mesmo 100 fps (Couto *et*
55 *al.*, 2008; Maghsoudi *et al.*, 2019), dando origem ao estudo biomecânico
56 denominado cinemática (Branco, 2019). O primeiro estudo biomecânico
57 utilizando a cinemática coincide com o surgimento da captura de imagens em
58 movimento, quando o fotógrafo Eadward Muybridge obteve fotos sequenciais de
59 um cavalo em movimento para comprovar a tese de que, durante o galope, o
60 animal tinha uma fase em que não tocava o solo (Muybridge, 1899; Van Weeren
61 & Gómez Álvarez, 2019). Com o advento da tecnologia de computação, novos
62 dispositivos de captura de imagens foram desenvolvidos, aliados a softwares
63 especializados na medição dos movimentos, tornando as análises cada vez mais
64 precisas, inclusive com foco em articulações ou segmentos isolados do corpo,
65 para diagnóstico clínico (Sutherland, 2002; Rohwedder *et al.*, 2019).

66 A locomoção equina envolve movimentos automatizados do corpo,
67 definindo diferentes andaduras (Barrey *et al.*, 2001). Estas, simétricas ou
68 assimétricas, caracterizam-se pelos padrões de movimento ao caminhar ou
69 correr. Andaduras simétricas, como passos e trotes, mostram ações
70 biomecânicas equivalentes em cada membro, enquanto as assimétricas, como
71 o galope, implicam uso distinto dos membros (Robilliard *et al.*, 2007). Estudos
72 morfológicos da raça Crioula relacionaram medidas estáticas de articulações
73 com notas de competidores, mas carecem análises biodinâmicas abrangentes.
74 Embora medidas lineares determinem o deslocamento dos cavalos, apenas uma

75 avaliação biomecânica completa pode quantificar os movimentos durante as
76 andaduras, eliminando subjetividade na avaliação (Harris, 1993; Dos Santos *et*
77 *al.*, 2011; Paganela *et al.*, 2012; Pimentel *et al.*, 2018a, 2018b; Verna *et al.*, 2022).

78 Pesquisas têm enfatizado que a conformação estática pode influenciar as
79 características funcionais e biomecânicas tanto em seres humanos como em
80 animais (Leskinen, 1985; Wilson *et al.*, 1992; Anderson *et al.*, 2004; Mokry *et al.*,
81 2021). Curiosamente, até o momento, não foram relatadas correlações entre
82 esses fatores específicos para cavalos Crioulos. Diversas raças de equinos já
83 tiveram suas andaduras caracterizadas, em termos de características lineares,
84 angulares e em parâmetros de desempenho, utilizando a associação de
85 observações cinéticas e cinemáticas (Egan *et al.*, 2019), fato este nunca
86 realizado para o cavalo da raça Crioula.

87 Considerando que há formas avaliativas científicas para valorar a
88 cinemática de equinos, já aplicadas em outras raças ao redor do mundo, e que
89 poderiam determinar parâmetros além daqueles morfológicos para o julgamento
90 de reprodutores da raça, este trabalho tem como objetivo geral avaliar a
91 cinemática estática e dinâmica das andaduras e manobras de equinos da raça
92 Crioula, considerados de alto padrão zootécnico por serem competidores da
93 prova Freio de Ouro.

94

95 **2. Revisão de literatura**

96

97 *2.1. Evolução dos estudos em biomecânica equina*

98 O campo de estudos acerca da capacidade de seres vivos deslocarem-se
99 para suprir suas necessidades fisiológicas é extremamente amplo e complexo.

100 Na medicina veterinária, pode-se afirmar que teve início com as primeiras
101 faculdades profissionalizantes específicas, na região de Lyon e Paris na França,
102 em meados dos anos 1761 e 1765. Van Weeren (2012) descreveu que os
103 estudos primordiais eram artísticos e baseavam-se em pinturas representando
104 animais da espécie equina, em movimentos mais lentos e moderados, bem como
105 desenhos diagramáticos de membros para o auxílio nos estudos dos alunos. O
106 autor ainda discorreu sobre a dificuldade encontrada na avaliação de andaduras
107 mais rápidas (e.g. galope), devido à dificuldade do olho humano em conseguir
108 captar imagens em intervalos de tempos muito curtos, como a rápida troca de
109 posição dos membros.

110 Dentro desse contexto, a evolução dos estudos observatórios da
111 andadura equina veio com o advento da fotografia e com o experimento de
112 Eadweard Muybridge, que revolucionou tanto o rumo da captura de imagens,
113 como também o entendimento de que os cavalos passam por uma fase de voo
114 no galope, consistindo em não haver apoio no solo, devido à poderosa propulsão
115 do corpo em velocidades acentuadas (Muybridge, 1957; Ott, 2005; Egan *et al.*,
116 2019). Até o período da Segunda Guerra Mundial, que trouxe importantes
117 atualizações com o uso de equipamentos eletrônicos para o estudo do
118 movimento equino, foi considerada a primeira grande era da análise de
119 andaduras na espécie, e os animais desta espécie passaram por uma queda no
120 seu número pelo uso intenso em batalhas ao longo das décadas. Somente no
121 pós-guerra é que o cavalo começou a ser visto como um animal de lazer e
122 esporte, alterando completamente o status que as diferentes raças e categorias
123 ocupavam junto as atividades antrópicas, conferindo a segunda grande era de
124 análises de movimentos (Slijper, 1946; Van Weeren *et al.*, 2000).

125 O advento de tecnologias computadorizadas amplificou o campo de
126 investigações da biomecânica em animais (Mchenry & Hendrick, 2023), inclusive
127 na espécie equina. A capacidade de obtenção de imagens que permitem a
128 análise de movimentos rápidos intangíveis ao olho humano facilitou a
129 observação mais detalhada e objetiva dos diferentes momentos da passada nas
130 mais diversas categorias de cavalos atletas (Van Weeren, 2012). Para Egan *et*
131 *al.* (2019), as tendências de pesquisa nas últimas décadas sugerem que a
132 criação do conhecimento é impulsionada pela tecnologia, devido ao fato que no
133 início dos anos 90, grande parte da pesquisa publicada para análise das
134 andaduras de equinos focou no desenvolvimento de estudos baseados em vídeo
135 2D, sistemas de captura óptica de movimento e plataformas de forças. Isso
136 continuou até aproximadamente o final daquela década, quando começaram a
137 ser desenvolvidos sensores vestíveis, posicionados diretamente no animal na
138 prática de pesquisa generalizada, validando o uso dessas tecnologias, já que era
139 uma forma mais prática e aplicável a campo.

140 Em 1973, com o estabelecimento da Sociedade Internacional de
141 Biomecânica (*International Society of Biomechanics - ISB*), o termo biomecânica
142 foi, então, definido como "o exame das estruturas e funções de sistemas
143 biológicos usando abordagens da mecânica" (Hatze, 1974). Esse campo de
144 estudo tem como objetivo analisar as cargas, os movimentos, as tensões e as
145 deformações em sistemas biológicos, que podem incluir seres humanos,
146 animais, plantas ou suas combinações, assim como os efeitos mecânicos sobre
147 o movimento, o tamanho, a forma e a estrutura desses sistemas (Lu & Chang,
148 2012). A biomecânica é uma área interdisciplinar, que integra os princípios da
149 mecânica, biologia e fisiologia.

150 Atualmente, a pesquisa acerca da biomecânica equina aplicada é uma
151 tendência cada vez mais crescente pela alta variabilidade de raças e categorias
152 de animais atletas, conferindo um crescimento exponencial da literatura sobre o
153 tema nas últimas décadas (Barrey, 1999; Von Peinen *et al.*, 2009). Dependendo
154 do foco de cada grupo de pesquisa, os estudos podem diferenciar-se entre
155 aqueles que visam a determinação da carga submetida à biomecânica de
156 estruturas internas do sistema musculoesquelético equino, com o principal
157 objetivo de prevenir e reduzir lesões, e também investigações examinando a
158 interação cavalo-cavaleiro, abordando os efeitos induzidos pelo homem nas
159 atividades equestres, bem como aqueles que avaliam os efeitos de qualquer
160 outro tipo de intervenção em equinos atletas (*e.g.* ferraduras ortopédicas) (Dakin
161 *et al.*, 2011; Van Weeren, 2012).

162 Não obstante, os estudos difundiram-se nas mais diversas categorias e
163 raças de equinos ao redor do globo devido à intersecção da utilização desses
164 indivíduos em modalidades equestres acompanhando o desenvolvimento social
165 ao longo dos anos (Adelman & Thompson, 2017). Desde competições em nível
166 regional, restritas principalmente pelo fator racial, até os Jogos Olímpicos, a
167 exigência atlética de indivíduos aumenta a cada ano que passa, extraindo ao
168 máximo o melhor desempenho, em termos de morfologia, velocidade, força e
169 resistência; todos esses caracteres sendo trabalhados em uníssono e conferindo
170 a beleza da andadura equina, apreciada no mundo todo e descrita desde os
171 tempos da Grécia Antiga (Patay-Horváth, 2020). Por essas categorias, o campo
172 de estudos nas raças de cavalos Puro-Sangue Inglês e Quarto de Milha
173 intensificaram, não apenas tipificando os caracteres biomecânicos nas diferentes
174 andaduras performadas por esses animais, mas também de forma aplicável na

175 clínica médica para fomentar métodos de prevenção e detecção de claudicações
176 (Leach & Dagg, 1983b). No Brasil, as raças Crioula e Mangalarga Marchadora
177 exemplificam categorias com associações próprias de criadores e competições
178 em alto nível de desempenho morfofuncional. Entretanto, também ilustram como
179 contrasta-se o nível de investigações específicas da biomecânica entre ambas.
180 Na raça de Mangalarga Marchador há diversas pesquisas abordando desde a
181 predição de desempenho de potros nos primeiros anos de vida (Soares, 2017;
182 Santos, 2018), passando pela análise descritiva da marcha desses indivíduos
183 (Hussni *et al.*, 1996; Fonseca, 2018; Simonato *et al.*, 2021) e incluindo a
184 aplicação de métodos terapêuticos em equinos com enfermidades ortopédicas
185 (Antonioli, 2019; Paz *et al.*, 2019). Entretanto, no cavalo da raça Crioula ainda
186 são escassas as aplicações de métodos cinéticos e cinemáticos para avaliações
187 morfofuncionais.

188 Van Weeren (2012) ainda discorre que a captura das vibrações de
189 altíssima frequência e amplitude que ocorrem distalmente no esqueleto
190 apendicular equino durante o toque no solo em andaduras velozes ainda se
191 mostra muito exigente tecnicamente. No entanto, o desafio das últimas décadas
192 na biomecânica equina fundamental, segundo o autor, não está em uma melhor
193 descrição do que acontece, mas em descobrir os mecanismos e conceitos da
194 locomoção equina. As primeiras metodologias estabelecidas para análise de
195 marcha equina foram, em sua grande maioria, adaptadas do que era também
196 utilizado em seres humanos, fato esse ainda recorrente com as novas
197 tecnologias computadorizadas. Em 1874, Marey utilizou um sistema de sensores
198 com fio aplicados nos membros torácicos e pélvicos de equinos, que emitiam um
199 sinal gráfico no momento de apoio ao solo (Vilela Jr, 2009). Nos anos 90, Smith

200 (1996) foi pioneiro na avaliação cinemática das transições da marcha equina. Já
201 Barrey (1999) utilizou-se de marcadores em pontos anatômicos específicos para
202 auxiliar a análise da mensuração, não apenas da biomecânica em equinos, mas
203 também descritiva da pista de treinamento. O avanço das técnicas
204 computadorizadas permitiu que diversas modalidades de marcadores pudessem
205 ser aplicadas nos animais, de acordo com a necessidade, incluindo a produção
206 de marcadores virtuais por *softwares* especializados em análise de marcha
207 (Clayton & Schamhardt, 2001; Bretas *et al.*, 2003). O ponto chave das novas
208 tecnologias é associar técnicas não-invasivas ao animal, com a determinação
209 dos efeitos biomecânicos de ações locomotoras específicas em estruturas
210 potencialmente vulneráveis dos membros e da coluna vertebral de equinos.
211 Egan *et al.* (2019) discorrem que normalmente os indicadores clínicos subjetivos
212 de claudicação são discrepâncias bilaterais claras entre os lados esquerdo e
213 direito; no entanto, muitas evidências afirmam que isso só é óbvio quando a
214 claudicação inicial é grave. Uma solução potencial poderia ser que, segundo os
215 autores, ao contrário de simplesmente quantificar parâmetros de marcha, como
216 tempos de passada e comparar o movimento do lado direito e esquerdo, a
217 qualidade do sinal de movimento também pode ser examinada ao longo do
218 tempo, tornando a avaliação de casos clínicos mais dinâmica, conferindo um
219 *feedback* da evolução do caso e do tratamento aplicado.

220

221 2.2. Análise cinemática em equinos

222 O estudo do movimento do sistema locomotor de seres vivos sofre uma
223 revolução considerável quando chegam as novas tecnologias de análise de

224 vídeo. Não apenas estudos clínicos começam a ser possibilitados, mas também
225 diagnósticos são definidos com o auxílio do vídeo, bem como a quantificação
226 dos diferentes tratamentos para lesões e enfermidades distintas. Torres-Pérez *et*
227 *al.* (2016) discorrem que, apesar de haver um crescimento exponencial dessas
228 tecnologias de mensuração dinâmica, a partir da década de 90, ainda não são
229 muitos os sistemas projetados especificamente para a espécie equina, visto que
230 estes derivam de *softwares* e *hardwares* aplicados em seres humanos,
231 dificultando muitos centros clínicos ao redor do mundo, que atendem um grande
232 número de animais enfermos, de fazerem avaliações quantitativas para tipificar
233 as andaduras de enfermidades distintas e avaliar a progressão de tratamentos.

234 Na cinemetria, para investigar a posição e orientação dos segmentos
235 corporais, há dois tipos de sistemas de captação e análise de vídeos, em relação
236 à abrangência de mais dimensões espaciais no campo de filmagem, sendo estes
237 o 2D e o 3D. O sistema em duas dimensões capta a andadura no plano sagital,
238 com a utilização até mesmo de apenas uma câmera e um sistema de
239 mensuração e processamento de dados mais simplificado, ideal para
240 enfermidades específicas na rotina clínica, por requerer menos tempo de
241 montagem e aplicação (Castelli *et al.*, 2015). Segundo Clayton & Schamhardt
242 (2001), em estudos bidimensionais os dados angulares são geralmente
243 relatados como flexão e extensão no plano sagital. Esta poderia ser uma
244 simplificação razoável do motivo de as articulações do cavalo terem evoluído
245 para movimentarem-se principalmente neste plano, como um mecanismo de
246 economia de energia. Já o sistema tridimensional representa uma análise muito
247 mais precisa e sensível do movimento nos três planos, sendo necessária a
248 utilização de multicâmeras posicionadas em 360° para aferição completa das

249 andaduras performadas pelos indivíduos, exigindo mais tempo para a montagem
250 e calibração antes da aplicação e, tornando assim um método mais oneroso
251 (Baker, 2006; Ceseracciu *et al.*, 2014; Sandau *et al.*, 2014).

252 Michelini *et al.* (2020) também discorrem que um dos pontos chave, ao se
253 comparar as tecnologias 2D e 3D de análise biomecânica, é a necessidade de
254 haver pessoal treinado tanto no posicionamento de marcadores em pontos
255 anatômicos de interesse, quanto na montagem e calibração do campo de estudo.
256 Para os autores, um estudo com maior sensibilidade e validação é fruto de
257 treinamento adequado para diminuir as margens de erro de interpretação na
258 variabilidade dos dados coletados. Nesse contexto, o sistema em duas
259 dimensões torna-se mais simples e fidedigno para operadores com bom
260 conhecimento em anatomia do sistema musculoesquelético, visto que é
261 fundamental para a escolha correta dos pontos a serem avaliados por meio de
262 vídeo. A confiabilidade da análise cinemática depende também da escolha
263 correta dos marcadores, sendo que, na maioria dos sistemas em 2D, esses
264 possuem cerca de 1 a 3 cm de diâmetro e são fotossensíveis, ou seja, sua
265 imagem é capturada pela câmera ao haver incidência de luz natural ou artificial,
266 havendo o formato esférico, que permite a determinação do ponto central deste,
267 referente ao ponto anatômico no qual foi posicionado (Chung & Ng, 2012). No
268 que tange os sistemas tridimensionais, estes funcionam basicamente com a
269 emissão de luz infravermelha do sistema de câmeras para os marcadores, que
270 possuem material específico para refletirem de volta.

271 Embora a confiabilidade do método 3D seja maior, devido aos detalhes já
272 abordados, o alto custo, o tempo necessário para montagem e calibração e a
273 necessidade de equipe treinada com acurácia para a validação dos dados

274 coletados, torna difícil a aplicabilidade dessa metodologia na rotina clínica, não
275 apenas para a realidade da medicina veterinária de equinos esportivos, mas
276 também na medicina (Ugbolue *et al.*, 2013; Castelli *et al.*, 2015). Sendo assim, o
277 sistema em 2D, precursor das análises cinemáticas desde o século passado com
278 o advento da fotografia e, posteriormente, da tomada de vídeos, continua tendo
279 espaço e é uma alternativa viável e confiável para investigações clínicas das
280 alterações bilaterais das diferentes andaduras, bem como da reabilitação de
281 lesões com tratamento em curso (Whittle, 1996; Baker, 2006). Os principais
282 dados coletados com esse método são os deslocamentos espaçotemporais
283 lineares e angulares, ou seja, a alteração de movimentação no plano sagital que
284 os marcadores anatômicos promovem em um ciclo de passada pré-definido na
285 calibração do software (De Godoi *et al.*, 2014). Esse movimento específico
286 refere-se basicamente ao deslocamento vertical e horizontal (m/s) em relação ao
287 tempo total da passada analisada, bem como às alterações de angulação (°/s)
288 que uma articulação sinovial promove nas diferentes fases da passada. Não
289 obstante, informações importantes, como o comprimento de passada (m) e o
290 tempo da andadura (s), também são capturados e processados pelos sistemas
291 de análise de movimento. Esses dados geralmente são capturados de forma
292 bilateral, ou seja, posicionando os marcadores anatômicos em pontos iguais no
293 lado direito e esquerdo, a fim de detectar incongruências biomecânicas, quando
294 comparados ambos os lados. Essa forma de captura de movimento requer pelo
295 menos uma câmera, com a passagem do animal pelas duas vistas laterais, com
296 a alternativa de se filmar bilateralmente, posicionando uma segunda câmera com
297 a mesma calibração no lado contralateral. Há ainda a possibilidade de o operador
298 corrigir e adicionar marcadores virtuais durante a análise via *software* para

299 mitigar os possíveis defeitos de coleta causados pela queda de marcadores,
300 devido ao suor ou má fixação destes no pelo dos animais.

301 Os tipos de câmeras que podem ser utilizados em sistemas
302 bidimensionais variam de acordo com a evolução da tecnologia. Nas últimas
303 décadas, as câmeras (RGB) de captura de alto movimento vêm dando lugar aos
304 *smartphones* com igual ou superior capacidade de filmagem em frequências de
305 até 120Hz, possibilitando a portabilidade dessa metodologia e a aplicabilidade
306 ao campo, ampliando a gama de animais que podem ter suas andaduras
307 analisadas, sem a necessidade de um laboratório físico específico para coleta
308 de dados biomecânicos.

309 A aplicabilidade do estudo cinemático em equinos atletas possui as mais
310 variadas nuances de investigação, desde a tipificação da marcha em
311 determinadas categorias de animais, passando por análise bilateral para
312 detecção de incongruências biomecânicas que alterem o desempenho,
313 caracterização da andadura em enfermidades locomotoras específicas e a
314 influência de diferentes posicionamentos de sela e do próprio cavaleiro a
315 trabalhar o cavalo (Meershoek *et al.*, 2001; Martin *et al.*, 2016; Egan *et al.*, 2019;
316 Dyson *et al.*, 2020).

317 Pfau (2019) discorre que a utilização de câmeras pode quantificar o
318 movimento, tanto na parte superior do corpo, quanto nas porções mais distais,
319 mesmo havendo desafios metodológicos da implantação desse sistema, devido
320 à natureza, em particular, dos movimentos distais dos membros envolvendo altas
321 acelerações durante o impacto da superfície do casco, períodos estacionários
322 durante o apoio e altas velocidades rotacionais durante o movimento. O autor

323 ainda cita que as margens de erro comparativamente grandes mostradas em
324 estudos de validação publicados (Olsen *et al.*, 2013; Roepstorff *et al.*, 2013) e
325 coeficientes de repetibilidade de vários graus (Cruz *et al.*, 2017) reforçam o
326 desafio, não apenas do uso de cinemetria, mas também de sensores inerciais
327 para validação da análise de acelerômetros. Com medidas de movimento dos
328 membros baseadas em câmeras, finalmente será possível investigar quais
329 parâmetros são os de melhor sensibilidade e especificidade para detectar tipos
330 específicos de claudicação, ou seja, será possível determinar se lesões
331 específicas estão relacionadas a alterações nos padrões de marcha, e a
332 tipificação de determinadas enfermidades em animais de diferentes categorias é
333 o que se torna tendência em pesquisa ao redor do mundo.

334

335 2.3. *Biomecânica equina: tipos de andadura*

336 Pereira (2019) descreve que o termo andamento/andadura teve sua
337 definição por Uspenskii (1953), sendo “um movimento complexo, rítmico,
338 automático e extremamente coordenado dos membros e de todo o corpo do
339 animal, resultando na produção de movimento”. Clayton (2016) ainda caracteriza
340 que uma andadura se apresenta como um padrão de coordenação entre os
341 membros de forma repetida, em que cada repetição é uma passada.

342 Em cavalos, os termos "simétrico" e "assimétrico" são usados para
343 descrever diferentes tipos de andaduras com base na coordenação, sequência
344 de eventos e nos padrões de movimento dos membros. Esses termos são
345 comumente usados para diferenciar entre os andamentos naturais do cavalo e a
346 maneira como eles se movem (Robilliard *et al.*, 2007).

347 Andaduras simétricas são aquelas em que o cavalo mobiliza cada
348 membro em um padrão regular e uniformemente coordenado (Miró *et al.*, 2006).
349 Os dois principais andamentos simétricos são o passo, um movimento de quatro
350 tempos, o que significa que cada casco atinge o solo de forma independente,
351 onde o animal movimenta os membros na sequência de pélvico esquerdo,
352 torácico esquerdo, pélvico direito e torácico direito, com um momento de
353 suspensão entre cada passada, sendo a marcha natural mais lenta; e o trote,
354 uma andadura de dois tempos, onde pares diagonais de membros se movem
355 juntos. Os segmentos torácico esquerdo e pélvico direito avançam
356 simultaneamente, seguidas pelas contralaterais. O trote é mais rápido que o
357 passo e é uma andadura comum usada em muitas disciplinas equestres, além
358 de ser o movimento mais efetivo em termos de gastos energéticos, visto que
359 reutiliza a energia elástica resultante da mobilização tendínea para efetuar a
360 economia calórica (Griffin *et al.*, 2004).

361 Por outro lado, as andaduras assimétricas são aqueles em que os
362 membros do indivíduo não se movimentam em um padrão regular e
363 uniformemente coordenado (Hildebrand, 1977). Existem dois andamentos
364 assimétricos primários: o canter, possuindo três tempos em que o cavalo move
365 os membros na sequência do pélvico esquerdo, seguido por ambos os torácicos
366 juntos e depois o pélvico guia. O canter é mais rápido que o trote e é comumente
367 usado em várias disciplinas de equitação; e, por fim, o galope, uma andadura de
368 quatro tempos, mas ao contrário do passo, não é uniformemente coordenado.
369 Envolve um momento de suspensão, seguido pelo membro torácico guia, o
370 pélvico guia, o contralateral pélvico e finalmente o contralateral torácico. O
371 galope é o movimento mais veloz que um cavalo pode alcançar naturalmente e

372 é frequentemente visto durante as corridas, ou quando os cavalos precisam
373 escapar rapidamente. Esses termos são mais difundidos na língua inglesa
374 (*gallop e canter*), onde traduzem melhor os diferentes andamentos assimétricos
375 em equinos. Na Inglaterra, durante a Idade Média, havia peregrinos que eram
376 avistados se deslocando em direção à Catedral de Canterbury, com seus cavalos
377 executando um galope reunido em três tempos. Daí a origem do termo canter.
378 Já na língua portuguesa, é comumente adotado o termo galope para abreviar as
379 andaduras assimétricas e velozes executadas pelos indivíduos da espécie
380 equina.

381 É importante observar que nem todos os cavalos têm a capacidade de
382 executar todas as andaduras. Por exemplo, algumas raças de equinos possuem
383 padrões intermediários, como a marcha, *piaffe*, *passage* e *tölt* (Back *et al.*, 1995;
384 Clayton *et al.*, 2007). Além disso, os indivíduos podem apresentar assimetrias
385 em seus movimentos devido a lesões ou problemas conformacionais, que
386 podem afetar seu padrão de movimento e seu desempenho.

387

388 2.4. *Biomecânica equina: fases da passada*

389 O movimento equino é caracterizado pela repetição de um padrão de
390 movimento, que representa uma passada dividida em uma fase de apoio e uma
391 fase de suspensão ou elevação. Na primeira, o membro caracteriza-se pela
392 retração enquanto apoiado ao chão e na fase de elevação o membro suspende-
393 se, sofrendo protração e se preparando para o início do próximo passo que é
394 quando esse ciclo reinicia (Clayton, 2017). As fases de apoio e suspensão ainda
395 podem ser divididas em três subpartes cada. A parte cranial do apoio é onde

396 ocorre a recepção do membro no solo, sendo este o momento de maior absorção
397 de carga, ocorrendo após o toque do casco na superfície. A carga é criada
398 através do impacto do peso do indivíduo e a força de reação do solo. Na fase
399 intermediária do apoio, o membro encontra-se alinhado com a vertical e é
400 quando o membro suporta a maior carga de peso corporal do animal.
401 Posteriormente, o segmento retrai-se caudalmente, preparando para a propulsão
402 do tronco à frente, sendo essa a fase caudal do apoio. Já durante a elevação, o
403 membro sofre protração e também passa por três partes, porém no sentido
404 caudocranial, sendo que na caudal todas as articulações passam por uma leve
405 flexão. O membro é retirado do solo na posição caudal, durante a retração. Esse
406 momento de retirada do contato do casco com o solo é chamado de *breakover*,
407 e quanto mais rápido ocorrer, maior acurácia do movimento para os indivíduos
408 da espécie equina. A flexão máxima do membro vai ocorrer na fase intermediária
409 da suspensão, permitindo sua passagem à frente e, na fase cranial, o membro
410 se prolonga cranialmente, protraindo-se para ocorrer o toque no solo,
411 completando assim mais uma passada completa e se preparando para iniciar um
412 novo ciclo.

413

414 2.5. *Tipos de contração muscular*

415 A ação muscular durante cada fase do passo faz com que cada uma tenha
416 características definidas conforme os grupos musculares atuantes em maior
417 força. Em termos de fisiologia muscular, a terminologia do tipo de contração
418 realizada pela musculatura já possui definição desde as décadas de 1920 e
419 1930, onde foram tipificados os três principais tipos de ativação muscular:

420 concêntrica e excêntrica (isotônicas) e isométrica (Faulkner, 2003). Padulo *et al.*
421 (2013) descrevem as contrações isotônicas: a contração concêntrica ocorre
422 quando o músculo se encurta enquanto gera tensão. Isso significa que a força
423 produzida pelo músculo é maior do que a resistência externa aplicada a ele,
424 resultando em um movimento em direção à contração; já a excêntrica
425 caracteriza-se pelo tensionamento muscular durante a desaproximação das
426 fibras. Nesse caso, a força de resistência externa é maior do que a força
427 produzida pelo músculo, resultando em um controle do movimento em direção
428 ao alongamento. A contração isométrica, diferentemente das anteriormente
429 citadas, ocorre quando o músculo gera tensão, mas não há mudança no
430 comprimento do músculo ou movimento resultante da contração. Nesse tipo de
431 contração, a força produzida pelo músculo é igual à resistência externa aplicada,
432 mantendo uma posição fixa (Goubel, 1978).

433

434 2.6. Alavancas de movimento

435 Ramachandran (2006) descreve que o sistema musculoesquelético é um
436 conjunto de alavancas conectadas, permitindo o movimento do corpo. A
437 diferença entre essas é onde a força é aplicada, visto que são compostas
438 basicamente de três componentes: um fulcro (*e.g.* a articulação), sendo este o
439 ponto pivô de apoio que permite o movimento, a força muscular realizada e a
440 resistência do peso a ser superado.

441 A alavanca de primeira classe, também chamada de interfixa, é um tipo
442 de alavanca onde o fulcro está situado entre o esforço e a carga. No contexto do
443 corpo animal, muitas vezes o fulcro é representado por uma articulação como a

444 do cotovelo, onde o esforço é a força muscular aplicada e a carga é a resistência
445 que precisa ser vencida. A vantagem biomecânica é a maior força e amplitude
446 de movimento.

447 Já em uma alavanca de segunda classe (inter-resistente), a carga está
448 situada entre o fulcro e o esforço. Nos animais, isso significa que a articulação
449 atua como o fulcro, a força muscular é o esforço e o peso ou resistência que está
450 sendo movido está entre a articulação e o músculo que aplica a força. Pode-se
451 citar como exemplo a movimentação realizada pelo tendão comum do calcâneo,
452 na região tarsal, gerando mais força, mas menor amplitude de movimento.

453 Por fim, a alavanca de terceira classe (interpotente) é onde a força se
454 encontra entre o eixo do fulcro e a resistência a ser mobilizada. A velocidade e a
455 amplitude de movimento são maiores nessa configuração, porém requerem mais
456 força muscular para a mobilização. A contração do bíceps braquial é um exemplo
457 clássico nos mamíferos para essa alavanca.

458

459 2.7. *Anatomia e biomecânica do esqueleto apendicular: membros* 460 *torácicos*

461 Para que seja possível entender a andadura do cavalo, é necessário
462 analisar a mecânica do movimento, que por se tratar de um ser vivo, tem o nome
463 de biomecânica (Clayton, 2017). Os membros torácicos equinos suportam, em
464 média, entre 57 e 60% do peso corpóreo do animal, sendo de fundamental
465 importância na fase de absorção de choques mecânicos, quando em contato
466 com o solo durante a andadura (Hobbs & Clayton, 2013). O centro de massa
467 muscular do membro torácico fica localizado proximalmente na região do

468 cinturão escapular, junto à musculatura que gera as forças para realizar o
469 movimento desse segmento. As forças geradas por esses grupamentos
470 musculares são dissipadas através de prolongamentos tendíneos, que se
471 originam dos músculos e inserem-se na parte distal do membro, auxiliando na
472 geração do movimento (Kilbourne & Hoffman, 2013). Entre esses músculos,
473 destacam-se os chamados ‘músculos extrínsecos’, que se originam no tórax ou
474 pescoço e têm inserção no membro torácico, sendo eles que promovem a união
475 dos segmentos torácicos ao eixo do corpo, dando o nome à essa ligação de
476 sinsarcose (Payne *et al.*, 2005). Além disso, esses músculos são de fundamental
477 importância na protração e retração dos segmentos apendiculares (Chateau *et*
478 *al.*, 2013). Esses movimentos angulares referem-se às ações de extensão e
479 flexão de membros em relação ao corpo ou a uma posição de referência,
480 normalmente vertical; comumente, os ângulos de protração e retração do
481 membro são definidos pelo ângulo formado pelo eixo do membro em relação à
482 vertical durante a passada, sendo o eixo do membro definido para todo o
483 membro a partir do segmento formado pelo casco e a escápula (Sapone *et al.*,
484 2021).

485 Os músculos do membro torácico trabalham de formas diferentes nos
486 diferentes momentos da andadura, e isso faz com que os membros se estendam
487 e flexionem ao decorrer do passo. No apoio, o membro é estendido cranialmente
488 durante a fase cranial, os músculos supraespinhal e a cabeça longa do tríceps
489 braquial realizam contração excêntrica, impedindo o colapso e movimentos
490 exacerbados das articulações do ombro e cotovelo durante a extensão do
491 membro. Na fase intermédia, a musculatura permanece em contração
492 excêntrica, promovendo estabilidade ao membro para suportar o peso do cavalo,

493 sendo os músculos flexores do antebraço extremamente importantes pelo
494 suporte ativo da carga submetida pelo peso corpóreo, transferida através dos
495 tendões e ligamentos localizados na porção distal do membro (Chateau *et al.*,
496 2013). Durante a fase de apoio, os músculos extrínsecos grande dorsal e peitoral
497 ascendente, que têm suas inserções no úmero, fazem contração concêntrica
498 retraindo o membro (Payne *et al.*, 2005). Estes músculos também são
499 responsáveis por realizarem a propulsão na fase caudal do apoio, sendo nesse
500 momento utilizada a energia que foi gerada e armazenada nos músculos e
501 tendões do membro. Concomitante à propulsão, o membro se estende, e os
502 músculos supraespinhal e tríceps braquial se contraem ampliando os ângulos
503 articulares das articulações do ombro e cotovelo. Para que a parte distal do
504 membro também se estenda, os músculos flexores do antebraço realizam
505 contração concêntrica para que o membro fique suspenso e estendido
506 caudalmente após o *breakover*. Na fase de suspensão, o membro inicia em
507 posição retraída caudalmente e não está em contato com o solo, sofrendo
508 protração e preparando-se para o ciclo de passada seguinte que se iniciará
509 assim que o membro for novamente apoiado ao solo na recepção cranialmente.
510 Durante essa etapa, a extremidade distal da escápula se desloca cranialmente
511 pela contração concêntrica dos músculos braquiocefálico, omotransverso e
512 peitoral descendente, enquanto o músculo trapézio torácico traciona a parte
513 proximal da escapula caudalmente (Payne *et al.*, 2005). Na fase caudal do
514 balanço, os ângulos articulares do membro torácico diminuem e o membro se
515 desloca cranialmente; os músculos deltoide, braquial e bíceps braquial flexionam
516 as articulações do ombro e cotovelo enquanto os músculos antebraquiais
517 caudais flexionam as articulações distais do membro e o carpo. Já na fase média,

518 o fechamento articular do membro chega ao seu pico máximo, as flexões das
519 articulações distais do membro são facilitadas pelo fato do membro estar em
520 suspensão e não existirem forças de reação contrárias ao movimento, e então o
521 membro começa a estender-se cranialmente preparando-se para a próxima fase
522 do passo. O membro suspenso e protraído cranialmente caracteriza a última fase
523 da passada, sendo essa a fase cranial da suspensão. A contração concêntrica
524 do músculo tríceps braquial modula o movimento e potencializa a ação do
525 músculo supraespinhoso, e estes estendem sinergicamente as articulações do
526 ombro e cotovelo. A contração do grupo muscular dos extensores do antebraço
527 prolonga a parte distal do membro cranialmente fazendo uma total extensão do
528 membro (Chateau *et al.*, 2013). No membro torácico, a escápula funciona como
529 um pêndulo durante a andadura do cavalo, sendo o seu deslocamento
530 craniocaudal determinante para a amplitude da passada, que tende a ser maior
531 conforme aumenta a velocidade de movimento do cavalo (Johnson & Moore-
532 Colyer, 2009).

533 O membro torácico também possui um suporte e estabilidade durante a
534 estação sem a necessidade de ativação muscular direta, permitindo ao animal a
535 distribuição de forças ao longo do segmento sem o desprendimento de energia.
536 É chamado de aparato passivo. O tendão de origem do músculo bíceps braquial,
537 ao passar pelos sulcos intertuberais umerais, promove um tensionamento da
538 articulação escapuloumeral, evitando o fechamento do seu ângulo, com o auxílio
539 da cabeça longa do tríceps braquial, que promove uma contração isométrica de
540 apenas 10% da potência muscular para manter o tônus na região. Aliado a isso,
541 uma fibra de tecido fibrocartilágineo é emitida no terço distal da porção carnosa
542 desse músculo e se adere ao epimísio do músculo extensor carporadial,

543 transferindo a configuração estendida para as articulações da região cárpica.
544 Com a extensão dessa região em cerca de 180°, os ligamentos acessórios dos
545 tendões flexores digitais (superficial e profundo) os tensionam e configuram o
546 eixo podofalangeano hiperextensionado, auxiliado pelo complexo de ligamentos
547 sesamoides e, principalmente, pela ação do ligamento suspensório do boleto.
548 Isso permite a transferência de forças ao longo do membro, mantendo na
549 posição durante a estação com gasto energético mínimo. Com isso, o indivíduo
550 da espécie equina consegue descansar e dormir em pé, considerando que das
551 5 horas diárias de sono que esses animais possuem, apenas entre 2 e 3 são de
552 REM (*rapid eyes movement*), ou seja, o sono profundo.

553

554 2.8. Anatomia e biomecânica do esqueleto apendicular: membros 555 pélvicos

556 O membro pélvico dos equinos possui musculatura bem desenvolvida e
557 volumosa, responsável pela propulsão do animal à frente, frequentemente em
558 grande velocidade (Tabor & Williams, 2018). Esse segmento é anatomicamente
559 distinto dos membros ipsilaterais até a linha de região do jarrete, além de possuir
560 um sistema chamado aparato recíproco, bastante característico da espécie
561 (Pilliner *et al.*, 2009)

562 De forma semelhante aos membros torácicos, nos membros pélvicos o
563 passo é dividido em duas fases para que seja mais bem compreendida a
564 particularidade biomecânica e anatômica de cada momento (Pilliner *et al.*, 2009).
565 A fase de apoio consiste no membro em contato com o solo e sustentando o
566 peso do cavalo, enquanto a fase de suspensão o membro está suspenso no ar,

567 passando por um deslocamento para frente (protração). Em ambos os
568 momentos existem três partes: fase cranial, fase média e fase caudal, que
569 corresponde à posição do membro durante o apoio ou voo (Chateau *et al.*, 2013).

570 O movimento do animal também possui uma ação fundamental das
571 alavancas, sendo que no membro pélvico atuam a inter-resistente e a
572 interpotente. As alavancas de segunda classe, como a trocantérica, patelar e
573 calcânea, geram impulso e absorção de impacto – mas sua ação é dependente
574 do poder e alongamento dos músculos envolvidos. A alavanca de terceira classe
575 tem ação especificamente durante a fase de voo ao induzir a flexão do membro,
576 mas também possui ações nas áreas mais proximais do membro, que
577 conseqüentemente e indiretamente também agem na porção mais distal do
578 membro (Denoix, 2014).

579 Essa ação da alavanca de segunda classe só é possível devido ao
580 aparato recíproco, que em equinos impede a flexão ou extensão do joelho sem
581 que haja a conseqüente flexão ou extensão do jarrete. Ambas as articulações
582 estão ligadas devido ao tendão do músculo flexor digital superficial e o músculo
583 *peroneus tertius* (fibular terceiro). Por causa da ação desses dois músculos, o
584 movimento das duas articulações ocorre em unísono (Tabor & Williams, 2018).
585 Em avaliações clínicas, qualquer lesão dentro das estruturas deste sistema irá
586 resultar em implicações significativas, em termos de claudicação, como a ruptura
587 do fibular terceiro, incapacitando o animal de flexionar o jarrete, enquanto a
588 luxação das inserções no calcâneo do tendão flexor digital superficial resulta na
589 falta de extensão do jarrete (Denoix, 2014).

590 Durante a fase cranial, ocorre a absorção do impacto do casco que acaba
591 de tocar o solo. Subsequentemente, uma contração excêntrica de diversos
592 grupos musculares, como o glúteo médio, semitendinoso e o semimembranoso,
593 limitam a flexão do quadril do equino. É importante salientar que o músculo
594 glúteo médio é o de maior volume no cavalo, o qual é um importante contribuinte
595 para a propulsão e impulso durante a locomoção. O joelho se flexiona até certo
596 ponto, tendo o músculo quadríceps femoral como regulador da amplitude deste
597 movimento. O jarrete é estabilizado pelo tendão flexor digital superficial e a
598 contração excêntrica do músculo gastrocnêmio e demais estruturas tendíneas
599 que compõem o tendão comum do calcâneo evitam o colapso tarsal.

600 A fase intermediária se caracteriza pelo alongamento dos músculos e o
601 início da fase de carga, armazenando energia para os movimentos seguintes.
602 Juntamente a isso, as articulações são limitadas por diversos grupos
603 musculares, para que não haja lesões ou hiperextensão das articulações. Na
604 propulsão ou na fase caudal do apoio, toda energia armazenada pelos músculos
605 é liberada e otimizada pela contração concêntrica, que realiza uma rápida
606 ampliação do ângulo articular. O quadril consegue realizar uma forte extensão,
607 devido ao glúteo médio, seguido da extensão do joelho pela contração
608 concêntrica do músculo quadríceps femoral, que é simultânea à extensão do
609 jarrete com auxílio do aparato recíproco e ação do músculo gastrocnêmio,
610 juntamente com o grupo dos músculos femorais caudais. Assim sendo, a fase de
611 apoio do membro pélvico é caracterizada, não apenas pela sustentação do peso,
612 mas também pela participação de todos os músculos de quadril e coxa, que
613 atuam primeiramente de forma excêntrica, devido ao alongamento durante o
614 carregamento e geram contração concêntrica (encurtamento) na propulsão.

615 Durante a suspensão do membro, iniciada pela fase caudal do voo, o
616 membro executa uma retração, para que auxilie na flexão das articulações,
617 especialmente a coxofemoral que irá suspender todo o membro, através da ação
618 dos músculos psoas maior e menor, além do músculo íliaco (complexo iliopsoas)
619 e da musculatura cranial ao fêmur, como quadríceps femoral e tensor da fáscia
620 lata. Durante a fase intermediária esses músculos irão prosseguir com contração
621 concêntrica, diminuindo o ângulo articular e atenuando a flexão do quadril e,
622 conseqüentemente, demais articulações distais, como joelho e tarso, devido ao
623 aparato recíproco. Além disso, a tensão provocada no músculo flexor digital
624 superficial desencadeia a flexão das articulações digitais, atingindo o máximo de
625 flexões simultâneas durante a fase de voo. A protração do membro se conclui na
626 fase cranial, na qual o casco se prepara para tocar o solo e reiniciar a passada.
627 A mobilização da articulação do quadril reduz significativamente, enquanto todas
628 as outras articulações aumentam rapidamente suas angulações para ampliar o
629 comprimento do membro na aterrissagem.

630

631 2.9. *Anatomia e biomecânica do esqueleto axial: pescoço e tronco*

632 A coluna vertebral desempenha papel fundamental na locomoção de
633 equinos, sejam esses atletas ou não, funcionando como uma ponte suspensa
634 entre os membros torácicos e pélvicos e suportando o peso do cavaleiro durante
635 a execução de manobras da equitação. A coluna vertebral possui uma certa
636 flexibilidade indispensável nos esportes de equitação e possui importantes
637 características na fase de propulsão da passada (Denoix, 2013). O entendimento
638 específico da biomecânica do pescoço, tronco e da coluna vertebral vem sendo

639 objeto de investigação em muitos textos que estudam o movimento de equinos
640 para tentar mitigar a falta de conhecimento objetivo, devido à limitada amplitude
641 de movimentos intrínsecos no nível intervertebral e a falta de consistência na
642 terminologia ao discutir a biomecânica ou locomoção do cavalo. Com o advento
643 de metodologias mais tecnicizadas para a análise de andaduras baseadas em
644 uso de sensores vestíveis, o campo de estudos desses segmentos passou de
645 dissecações anatômicas *post mortem* para investigações *in vivo*, tornando-se
646 relevante para associar essas informações à variedade de conhecimentos sobre
647 os membros (Pagger *et al.*, 2009; Schmidburg *et al.*, 2012; Zsoldos *et al.*, 2014).

648 A musculatura do pescoço auxilia no suporte dos membros torácicos,
649 principalmente na região peitoral, pela ausência da clavícula nos equinos e por
650 ser o segmento com maior amplitude de movimento ao longo do eixo axial da
651 coluna. Basicamente dois grupamentos musculares estão envolvidos na
652 suspensão do tronco entre os membros torácicos, sendo os músculos serráteis,
653 que se fixam na parte superior da escápula e sustentam a parte inferior do
654 pescoço (músculo serrato cervical) e os oito primeiros pares de costelas
655 (músculo serrato torácico) e os músculos peitorais, que ancoram o esterno na
656 porção proximal do úmero (músculo peitoral ascendente) e na margem cranial
657 do ombro (músculo subclávio) (Denoix, 2014). A musculatura, apesar de ser
658 extensora (*e.g.* esplênio) ou flexora (*e.g.* braquiocefálico e esternocéfálico) do
659 pescoço e da cabeça, possui importante função na contração excêntrica, visto
660 que sua potência e força são o que garante a leveza dos membros torácicos
661 durante a locomoção equina. A eficiência de sua contração concêntrica garante
662 a elevação desses segmentos na decolagem antes de um salto, por exemplo,
663 enquanto a contração excêntrica desses músculos controla a queda do tronco

664 entre os membros na aterrissagem e limita as tensões impostas durante a fase
665 de apoio da passada (Denoix, 2014; Martin *et al.*, 2016).

666 Já no segmento torácico, a ação de extensão é promovida por um grande
667 músculo, o músculo eretor da espinha, que se origina caudalmente no ílio e se
668 estende cranialmente até a base do pescoço, inserindo-se em todas as vértebras
669 ao longo de seu comprimento, bem como nas margens superiores das costelas.
670 A contração concêntrica desse músculo resulta em uma poderosa extensão da
671 coluna toracolombar, que aproxima os processos espinhosos e, devido à sua
672 fixação na asa do íleo, também resulta em uma inclinação da pelve para cima,
673 induzindo a extensão da articulação lombossacral (Denoix, 2014; Hobbs *et al.*,
674 2014). Por terminologia, definem-se como epaxiais os músculos localizados
675 acima dos processos transversos vertebrais e hipaxiais estão abaixo destes.

676 A articulação lombossacral é de particular importância na mobilidade
677 vertebral, pois também é movida pela poderosa ação do músculo glúteo médio,
678 que se estende da região lombar ao membro pélvico. Como abordado
679 anteriormente, a própria ação de extensão da espinha pelos músculos epaxiais
680 é motivada pela ativação concêntrica da musculatura da garupa, onde o m.
681 glúteo médio desempenha primordial mecanismo de impulso do sistema
682 locomotor dos equinos, tanto nas diferentes andaduras (*e.g.* ao passo, trote)
683 quanto nos movimentos de salto (Zsoldos *et al.*, 2018). Em contrapartida, a
684 musculatura flexora da região lombossacral compreende tanto a ação dos
685 músculos sublombares (o complexo iliopsoas), que promovem a flexão direta
686 dessa articulação, bem como os músculos da parede abdominal, que não
687 apenas auxiliam na flexão dessa região, mas também na mobilidade

688 toracolombar e na estabilização da parede abdominal durante as fases da
689 passada (Robert *et al.*, 2002; Barsanti *et al.*, 2021).

690 Contudo, os movimentos da coluna vertebral não se limitam apenas ao
691 plano longitudinal, sendo efetuadas também ações de flexão lateral (lateroflexão)
692 no plano horizontal e que quase sempre está associado a uma rotação
693 secundária. Essa mobilidade não é induzida por músculos específicos, mas sim
694 pela ação dos flexores e extensores, como mencionado anteriormente, quando
695 promovem a contração concêntrica assimétrica de um lado da coluna, resultando
696 na flexão da coluna vertebral para o mesmo lado (Denoix, 2014). Ao longo do
697 eixo axial, a região cervical possui a maior mobilidade também nesse tipo de
698 ação angular (Zsoldos *et al.*, 2010). A flexão lateral na região toracolombar é
699 mais pronunciada na metade caudal da região torácica, a qual é o resultado da
700 contração unilateral do músculo eretor da espinha e dos músculos abdominais
701 oblíquos (Faber *et al.*, 2000). Já na articulação lombossacral, a lateroflexão é
702 praticamente inexistente (Audigié *et al.*, 1999).

703 A coluna vertebral, no entanto, não se dobra, mas efetua movimentações
704 de torção no plano transversal. Essa ação angular que ocorre em torno do eixo
705 vertebral é frequentemente associada a movimentos de lateroflexão e é definida
706 pelo lado para o qual o aspecto ventral das vértebras se move em relação à pelve
707 e membros posteriores, que são estruturas fixas durante o apoio do animal no
708 solo (Zaneb, 2013). Esses movimentos podem ser ativos, iniciados por contração
709 muscular concêntrica, ou também podem ser uma reação passiva ao
710 posicionamento dos membros onde, nesse caso, a contração excêntrica dos
711 músculos em rotação controla a quantidade de movimento (Denoix, 2014). Na
712 coluna toracolombar, a área que performa maior rotação é a metade caudal da

713 região torácica, sendo os músculos abdominais oblíquos os mais ativos nesses
714 movimentos, ao passo que na região lombossacral, a rotação é
715 significativamente limitada devido ao bloqueio das vértebras por ligamentos
716 durante a flexão e extensão (Mackechnie-Guire & Pfau, 2021).

717

718 **3. Objetivos**

719 *3.1. Objetivo geral*

720 Determinar os valores quantitativos das variáveis cinemáticas lineares,
721 temporais e angulares nas andaduras (passo, trote e canter) e manobras
722 (esbarrada e volta sobre patas) de cavalos Crioulos competidores do Freio de
723 Ouro.

724

725 *3.2. Objetivos específicos*

- 726 • Descrever cada andadura realizada por cavalos Crioulos na prova Freio
727 de Ouro;
- 728 • Determinar a influência da goniometria estática no movimento de
729 esbarrada nos membros torácicos e pélvicos;
- 730 • Definir o tempo de cada volta sobre patas e o efeito do tempo nas voltas
731 subsequentes.

732

733 **4. Hipótese**

734

735 A quantificação dos parâmetros cinemáticos das andaduras e manobras
736 funcionais de cavalos da raça Crioula, competidores do Freio de Ouro, irá
737 demonstrar padrões únicos de movimento que podem ser distintos de outras
738 raças já estudadas. Na esbarrada, a angulação estática das articulações de
739 membros torácicos e pélvicos desses indivíduos têm relação com a amplitude de
740 protração desses segmentos durante o momento do engajamento.

741

742 **PROJEÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO PRESENTE ESTUDO**

743 Esta tese irá apresentar os resultados obtidos sobre forma de dois (2)
744 capítulos, sendo cada um correspondente às normas das revistas “Revista
745 Thema (A2)” e “Equine Veterinary Journal (A1)”, estruturados em formatação
746 para publicação de dois artigos científicos, respectivamente.

747

748 **5. Referências**

749

750 ABCCC - Associação Brasileira De Criadores De Cavalos Crioulos.
751 **Regulamento do Registro Genealógico da Raça Crioula.** Disponível em:
752 <http://www.abccc.com.br/p_regulamento.php?e_p=08>. 2016. Acesso em: 07
753 fev. 2022.

754

755 ADELMAN, M., & THOMPSON, K. **Introduction to equestrian cultures in**
756 **global and local contexts.** In Equestrian Cultures in Global and Local Contexts
757 (pp. 1-14). Springer, Cham. 2017.

758

759 AFFONSO, A., & CORREA, S. **Cavalo Crioulo: uma história de raça.** Sagra-
760 DC Luzzatto. 1992.

761

762

763

764 ANDERSON, T. M., MCILWRAITH, C. W., & DOUAY, P. **The role of**
765 **conformation in musculoskeletal problems in the racing Thoroughbred.**
766 Equine veterinary journal, 36(7), 571-575. 2004.

767

768 ANTONIOLI, M. L. **Efeito do casqueamento na biometria do casco e ângulos**
769 **articulares torácicos de fêmeas da raça Mangalarga.** 2019.

770

771 AUDIGIÉ, F., POURCELOT, P., DEGUEURCE, C., DENOIX, J. M., & GEIGER,
772 D. **Kinematics of the equine back: flexion-extension movements in sound**
773 **trotting horses.** Equine Veterinary Journal, 31(S30), 210-213. 1999.

774

775 BACK, W., SCHAMHARDT, H. C., SAVELBERG, H. H. C. M., VAN DEN
776 BOGERT, A. J., BRUIN, G., HARTMAN, W., & BARNEVELD, A. **How the horse**
777 **moves: 1. Significance of graphical representations of equine forelimb**
778 **kinematics.** Equine Veterinary Journal, 27(1), 31-38. 1995.

779

780 BAKER, R. **Gait analysis methods in rehabilitation.** Journal of
781 neuroengineering and rehabilitation, 3(1), 1-10. 2006.

782

783 BARREY, E. **Methods, applications and limitations of gait analysis in horses.**
784 The veterinary journal, 157(1), 7-22. 1999.

785

786 BARREY, E., EVANS, S. E., EVANS, D. L., CURTIS, R. A., QUINTON, R., &
787 ROSE, R. J. **Locomotion evaluation for racing in thoroughbreds.** Equine
788 Veterinary Journal, 33(S33), 99-103. 2001.

789

790 BARSANTI, R. R., FONSECA, B. P. A., SILVATTI, A. P., SIMONATO, S. P.,
791 PEREIRA, V. G., MARTINS, N. A., ... & VIEIRA, E. G. **Descriptive**
792 **electromyography signals analysis of equine longissimus dorsi, rectus**
793 **abdominis and gluteus medius muscles during maneuvers used to activate**
794 **the core.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 73, 843-852.
795 2021.

796

797 **BEEMAN, G. M. Conformation of the horse: relationship of form to function.**
798 In Annual convention of the American Association of Equine Practitioners. AAEP,
799 San Diego, CA (pp. 63-68). 2008.

800

801 **BRANCO, S. D. Descobertas do cinemático.** PARALAXE, 6(1), 121-143. 2019.

802

803 **BRETAS, M. S.; BERGMANN, J.A.G.; PROCÓPIO, A.M. Descrição dos pontos**
804 **anatômicos para a tomada de medidas lineares e angulares nos equinos da**
805 **raça Mangalarga Marchador.** In: Semana De Iniciação Científica,2003, Belo
806 Horizonte. Anais. Belo Horizonte: UFMG. Cd Rom. 2003.

807

808 **CASTELLI, A., PAOLINI, G., CEREATTI, A., & DELLA CROCE, U. A 2D**
809 **markerless gait analysis methodology: validation on healthy subjects.**
810 Computational and mathematical methods in medicine. 2015.

811

812 **CESERACCIU, E., SAWACHA, Z., & COBELLI, C. Comparison of markerless**
813 **and marker-based motion capture technologies through simultaneous data**
814 **collection during gait: proof of concept.** PloS one, 9(3), e87640. 2014.

815

816 **CHATEAU, H., CAMUS, M., HOLDEN-DOUILLY, L., FALALA, S., RAVARY, B.,**
817 **VERGARI, C., ... & CREVIER-DENOIX, N. Kinetics of the forelimb in horses**
818 **circling on different ground surfaces at the trot.** The Veterinary Journal, 198,
819 e20-e26. 2013.

820

821 **CHUNG, P. Y. M., & NG, G. Y. F. Comparison between an accelerometer and**
822 **a three-dimensional motion analysis system for the detection of movement.**
823 Physiotherapy, 98(3), 256-259. 2012.

824

825 **CLAYTON, H.; SCHAMHARDT, H.C. Measurement techniques for gait**
826 **analysis.** In: Back, W.; Clayton, H. Equine locomotion. London, W.B. Saunders.
827 p.55-75. 2001.

828

- 829 CLAYTON, H. M., SHA, D., STICK, J., & ELVIN, N. **3D kinematics of the equine**
830 **metacarpophalangeal joint at walk and trot.** *Veterinary and Comparative*
831 *Orthopaedics and Traumatology*, 2(02), 86-91. 2007.
- 832
- 833 CLAYTON, H. M. **Horse species symposium: Biomechanics of the**
834 **exercising horse.** *Journal of animal science*, 94(10), 4076-4086. 2016.
- 835
- 836 CRUZ, A. M., MANINCHEDDA, U. E., BURGER, D., WANDA, S., & VIDONDO,
837 **B. Repeatability of gait pattern variables measured by use of extremity-**
838 **mounted inertial measurement units in nonlame horses during trotting.**
839 *American journal of veterinary research*, 78(9), 1011-1018. 2017.
- 840
- 841 COUTO, P. A., FILIPE, V. M., MAGALHÃES, L. G., PEREIRA, J. E., COSTA, L.
842 M., MELO-PINTO, P., ... & VAREJÃO, A. S. **A comparison of two-dimensional**
843 **and three-dimensional techniques for the determination of hindlimb**
844 **kinematics during treadmill locomotion in rats following spinal cord injury.**
845 *Journal of neuroscience methods*, 173(2), 193-200. 2008.
- 846
- 847 DAKIN, S. G., JESPER, K., WARNER, S., O'HARA, L. K., DUDHIA, J.,
848 GOODSHIP, A. E., ... & SMITH, R. K. W. **The relationship between in vivo limb**
849 **and in vitro tendon mechanics after injury: a potential novel clinical tool for**
850 **monitoring tendon repair.** *Equine veterinary journal*, 43(4), 418-423. 2011.
- 851
- 852 DALTO, R. **Freio de Ouro: uma história a cavalo.** Associação Brasileira de
853 Criadores de Cavalos Crioulos, Santa Maria. 2006.
- 854
- 855 DE GODOI, F. N., DE ALMEIDA, F. Q., Toral, F. L. B., DE MIRANDA, A. L. S.,
856 KAIPPER, R. R., & BERGMANN, J. A. G. **Repeatability of kinematics traits of**
857 **free jumping in Brazilian sport horses.** *Livestock Science*, 168, 1-8. 2014.
- 858
- 859 DENOIX, J. M. **Biomechanics and physical training of the horse.** CRC Press.
860 2014.
- 861

- 862 DOS SANTOS, C. A., PAZ, C. F. R., PAGANELA, J. C., RIPOLL, P. K., &
863 NOGUEIRA, C. E. W. **Influência da biomecânica angular das articulações**
864 **escápulo-umeral, coxo-femural e tíbio-metatarsiana na prova de**
865 **andamento dos cavalos da raça crioula.** Archives of Veterinary Science, 16(1).
866 2011.
- 867
- 868 DYSON, S., ELLIS, A. D., MACKECHNIE-GUIRE, R., DOUGLAS, J., BONDI, A.,
869 & HARRIS, P. **The influence of rider: horse bodyweight ratio and rider-horse-**
870 **saddle fit on equine gait and behaviour: A pilot study.** Equine Veterinary
871 Education, 32(10), 527-539. 2020.
- 872
- 873 FONSECA, M. G. **Mangalarga Marchador: estudo morfométrico, cinemático**
874 **e genético da marcha batida e da marcha picada.** 2018.
- 875
- 876 EGAN, S., BRAMA, P., & MCGRATH, D. **Research trends in equine movement**
877 **analysis, future opportunities and potential barriers in the digital age: A**
878 **scoping review from 1978 to 2018.** Equine Veterinary Journal, 51(6), 813-824.
879 2019.
- 880
- 881 FABER, M., SCHAMHARDT, H., VAN WEEREN, R., JOHNSTON, C.,
882 ROEPSTORFF, L., & BARNEVELD, A. B. **Basic three-dimensional kinematics**
883 **of the vertebral column of horses walking on a treadmill.** American journal of
884 veterinary research, 61(4), 399-406. 2000.
- 885
- 886 FAULKNER, J. A. **Terminology for contractions of muscles during**
887 **shortening, while isometric, and during lengthening.** Journal of Applied
888 Physiology, 95(2), 455-459. 2003.
- 889
- 890 GIANNONI, M. A. **Métodos de melhoramento genético e sistemas de**
891 **acasalamentos aplicados aos eqüinos.** FUNEP. 1988.
- 892
- 893 GOUBEL, F. **Muscular compliance during isometric contraction.** Journal de
894 Physiologie, 74(6), 609-614. 1978.
- 895

- 896 GRIFFIN, T. M., KRAM, R., WICKLER, S. J., & HOYT, D. F. **Biomechanical and**
897 **energetic determinants of the walk–trot transition in horses.** Journal of
898 Experimental Biology, 207(24), 4215-4223. 2004.
- 899
- 900 HATZE, H. **The meaning of the term" biomechanics".** Journal of
901 biomechanics, 7(2), 189-190. 1974.
- 902
- 903 HARRIS, S.E. **Horse gaits, balance and movement.** New York: Howell Book
904 House, 178p. 1993.
- 905
- 906 HILDEBRAND, M. **Analysis of asymmetrical gaits.** Journal of Mammalogy,
907 58(2), 131-156. 1997.
- 908
- 909 HOBBS, S. J., & CLAYTON, H. M. **Sagittal plane ground reaction forces,**
910 **centre of pressure and centre of mass in trotting horses.** The Veterinary
911 Journal, 198, e14-e19. 2013.
- 912
- 913 HOBBS, S. J., RICHARDS, J., & CLAYTON, H. M. **The effect of centre of mass**
914 **location on sagittal plane moments around the centre of mass in trotting**
915 **horses.** Journal of Biomechanics, 47(6), 1278-1286. 2014.
- 916
- 917 HUSSNI, C. A., WISSDORF, H., & NICOLETT, J. L. D. M. **Variações da marcha**
918 **em equinos da raça Mangalarga Marchador.** Ciência Rural, 26, 91-95. 1996.
- 919
- 920 JENSEN, R. B., DANIELSEN, S. H., & TAUSON, A. H. **Body condition score,**
921 **morphometric measurements and estimation of body weight in mature**
922 **Icelandic horses in Denmark.** Acta Veterinaria Scandinavica, 58(1), 19-23.
923 2016.
- 924
- 925 JOHNSON, J. L., & MOORE-COLYER, M. **The relationship between range of**
926 **motion of lumbosacral flexion-extension and canter velocity of horses on a**
927 **treadmill.** Equine veterinary journal, 41(3), 301-303. 2009.
- 928

- 929 KILBOURNE, B. M., & HOFFMAN, L. C. **Scale effects between body size and**
930 **limb design in quadrupedal mammals.** PloS one, 8(11), e78392. 2013.
931
- 932 LAGE, M. C. G. R., BERGMANN, J. A. G., PROCÓPIO, A. M., PEREIRA, J. C.
933 C., & BIONDINI, J. **Associação entre medidas lineares e angulares de**
934 **equinos da raça Mangalarga Marchador.** Arquivo Brasileiro de Medicina
935 Veterinária e Zootecnia, 61(4), 968-979. 2009.
936
- 937 LEACH, D. H., & DAGG, A. I. **A review of research on equine locomotion and**
938 **biomechanics.** Equine Veterinary Journal, 15(2), 93-102. 1983a.
939
- 940 LEACH, D. H., & DAGG, A. I. **Evolution of equine locomotion research.** Equine
941 Veterinary Journal, 15(2), 87-92. 1983b.
942
- 943 LESKINEN, T. P. **Comparison of static and dynamic biomechanical models.**
944 Ergonomics, 28(1), 285-291. 1985.
945
- 946 LIMA, R. A. S.; CINTRA, A. G. **Revisão do Estudo do Complexo do**
947 **Agronegócio do Cavallo.** Disponível em:
948 <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Equideocultura/r](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Equideocultura/revisao-estudo-agronegocio-cavalos%20(1).pdf)
949 [evisao-estudo-agronegocio-cavalos%20\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Equideocultura/revisao-estudo-agronegocio-cavalos%20(1).pdf)>. 2015. Acesso em: 07 fev. 2022.
950
- 951 LU, T. W., & CHANG, C. F. **Biomechanics of human movement and its clinical**
952 **applications.** The Kaohsiung journal of medical sciences, 28, S13-S25. 2012.
953
- 954 MACKECHNIE-GUIRE, R., & PFAU, T. **Differential rotational movement and**
955 **symmetry values of the thoracolumbosacral region in high-level dressage**
956 **horses when trotting.** Plos one, 16(5), e0251144. 2021.
957
- 958 MAGHSOUDI, O. H., VAHEDIPOUR, A., HALLOWELL, T., & SPENCE, A. **Open-**
959 **source python software for analysis of 3d kinematics from quadrupedal**
960 **animals.** Biomedical Signal Processing and Control, 51, 364-373. 2019.
961

- 962 MAREY, E. J. **Animal mechanism: a treatise on terrestrial and aerial**
963 **locomotion** (Vol. 11). Henry S. King & Company. 1874.
- 964
- 965 MARTIN, P., CHEZE, L., POURCELOT, P., DESQUILBET, L., DURAY, L., &
966 CHATEAU, H. **Effect of the rider position during rising trot on the horse's**
967 **biomechanics (back and trunk kinematics and pressure under the saddle).**
968 Journal of biomechanics, 49(7), 1027-1033. 2016.
- 969
- 970 MAWDSLEY, A., KELLY, E. P., SMITH, F. H., & BROPHY, P. O. **Linear**
971 **assessment of the Thoroughbred horse: an approach to conformation**
972 **evaluation.** Equine Veterinary Journal, 28(6), 461-467. 1996.
- 973
- 974 MCHENRY, M. J., & HEDRICK, T. L. **The science and technology of kinematic**
975 **measurements in a century of Journal of Experimental Biology.** Journal of
976 Experimental Biology, 226(Suppl_1), jeb245147. 2023.
- 977
- 978 MEERSHOEK, L. S., SCHAMHARDT, H. C., ROEPSTORFF, L., & JOHNSTON,
979 C. **Forelimb tendon loading during jump landings and the influence of fence**
980 **height.** Equine Veterinary Journal, 33(S33), 6-10. 2001.
- 981
- 982 MICHELINI, A., ESHRAGHI, A., & ANDRYSEK, J. **Two-dimensional video gait**
983 **analysis: A systematic review of reliability, validity, and best practice**
984 **considerations.** Prosthetics and Orthotics International, 44(4), 245-262. 2020.
- 985
- 986 MIRÓ, F., VIVO, J., CANO, R., DIZ, A., & GALISTEO, A. M. **Walk and trot in the**
987 **horse at driving: kinematic adaptation of its natural gaits.** Animal Research,
988 55(6), 603-613. 2006.
- 989
- 990 MOKRY, A., VAN DE WATER, E., POLITIEK, H. T., VAN DOORN, D. A., PILLE,
991 F., & OOSTERLINCK, M. **Dynamic evaluation of toe–heel and medio-lateral**
992 **load distribution and hoof landing patterns in sound, unshod Standardbred**
993 **horses with toed-in, toed-out and normal hoof conformation.** The Veterinary
994 Journal, 268, 105593. 2021.
- 995

- 996 MUIR, G. D., & WHISHAW, I. Q. **Red nucleus lesions impair overground**
997 **locomotion in rats: a kinetic analysis.** European Journal of Neuroscience,
998 12(3), 1113-1122. 2000.
- 999
- 1000 MUYBRIDGE, E. **Animals in Motion: An Electro-photographic Investigation**
1001 **of Consecutive Phases of Animal Progressive Movements.** Commenced
1002 1872, Completed 1885. Chapman & Hall. 1899.
- 1003
- 1004 MUYBRIDGE, E. **Animals in Motion.** Dover, New York (with reprints from the
1005 1899 original). 1957.
- 1006
- 1007 OLSEN, E., PFAU, T., & RITZ, C. **Functional limits of agreement applied as a**
1008 **novel method comparison tool for accuracy and precision of inertial**
1009 **measurement unit derived displacement of the distal limb in horses.** Journal
1010 of Biomechanics, 46(13), 2320-2325. 2013.
- 1011
- 1012 OTT, J. **Iron horses: Leland Stanford, Eadweard Muybridge, and the**
1013 **industrialised eye.** Oxford Art Journal, 28(3), 407-428. 2005.
- 1014
- 1015 PADULO, J., LAFFAYE, G., ARDIGÒ, L. P., & CHAMARI, K. **Concentric and**
1016 **eccentric: muscle contraction or exercise?** Journal of human kinetics, 37(1),
1017 5-6. 2013.
- 1018
- 1019 PAGANELA, J. C., SANTOS, C. A., PAZ, C. F. R., RIPOLL, P. K., NOGUEIRA, C.
1020 E. W. **Avaliação do eixo podo-falângico e sua influência no desempenho de**
1021 **Cavalos Crioulos na prova de andadura.** A Hora Veterinária – Ano 31, nº 185,
1022 32-34. 2012.
- 1023
- 1024 PAGGER, H., SCHMIDBURG, I., PEHAM, C., & LICKA, T. **Determination of the**
1025 **stiffness of the equine cervical spine.** The Veterinary Journal, 186(3), 338-341.
1026 2010.
- 1027

- 1028 PATAY-HORVÁTH, A. **Greek Geometric Animal Figurines and the Origins of**
1029 **the Ancient Olympic Games.** In Arts (Vol. 9, No. 1, p. 20). Multidisciplinary
1030 Digital Publishing Institute. 2020.
- 1031
- 1032 PAYNE, R. C., VEENMAN, P., & WILSON, A. M. **The role of the extrinsic**
1033 **thoracic limb muscles in equine locomotion.** Journal of Anatomy, 206(2), 193-
1034 204. 2005.
- 1035
- 1036 PAZ, C. F. R., FERNANDES, T. L. B., PAOLUCCI, L. A., DE OLIVEIRA, A. D. P.
1037 L., MARÓSTICA, T. P., DE LIMA, M. P. A., ... & FALEIROS, R. R. **Stride**
1038 **kinematic changes in laminitic horses treated with three different types of**
1039 **hoof orthopedic devices.** Semina: Ciências Agrárias, 40(6Supl3), 3755-3762.
1040 2019.
- 1041
- 1042 PEREIRA, J. P. D. C. **Análise cinemática De Cavalos Em Duas Diferentes**
1043 **superfícies Com e Sem influência De Cavaleiro.** Doctoral dissertation,
1044 Universidade de Lisboa, Portugal. 2019.
- 1045
- 1046 PFAU, T. **Sensor-based equine gait analysis: more than meets the eye?** UK-
1047 Vet Equine, 3(3), 102-112. 2019.
- 1048
- 1049 PILLINER, S., ELMHURST, S., & DAVIES, Z. **The horse in motion: the anatomy**
1050 **and physiology of equine locomotion.** John Wiley & Sons. 2009.
- 1051
- 1052 PIMENTEL, A. M. H., SOUZA, J. R. M. D., BOLIGON, A. A., MOREIRA, H. L. M.,
1053 PIMENTEL, C. A., & MARTINS, C. F. **Biometric evaluation of Criollo horses**
1054 **participating in the Freio de Ouro competition, Brazil.** Revista Brasileira de
1055 Zootecnia, 47. 2018a.
- 1056
- 1057 PIMENTEL, A. M. H., SOUZA, J. R. M. D., BOLIGON, A. A., MOREIRA, H. L. M.,
1058 RECHSTEINER, S. M. D. E. F., PIMENTEL, C. A., & MARTINS, C. F.
1059 **Association of morphometric measurements with morphologic scores of**
1060 **Criollo horses at Freio de Ouro: a path analysis.** Revista Brasileira de
1061 Zootecnia, 47. 2018b.

- 1062
- 1063 RAMACHANDRAN, M., & LEE, P. **Basic concepts in biomechanics.** In Basic
1064 orthopaedic sciences (pp. 233-244). CRC Press. 2018.
- 1065
- 1066 READ, P., & MEYER, M. P. **Restoration of motion picture film.** Elsevier. 2000.
- 1067
- 1068 ROBERT, C., VALETTE, J.P., POURCELOT, P., AUDIGIE, F., DENOIX, J.M.
1069 **Effects of trotting speed on muscle activity and kinematics in saddlehorses.**
1070 Equine Vet J. S34:295–301. 2002.
- 1071
- 1072 ROBILLIARD, J. J., PFAU, T., & WILSON, A. M. **Gait characterisation and**
1073 **classification in horses.** Journal of Experimental Biology, 210(2), 187-197.
1074 2007.
- 1075
- 1076 ROEPSTORFF, L. **The development of clinical tools based on biomechanical**
1077 **research.** The Veterinary Journal, 2(192), 129-130. 2012.
- 1078
- 1079 ROEPSTORFF, L., WIESTNER, T., WEISHAUPT, M. A., & EGENVALL, E.
1080 **Comparison of microgyro-based measurements of equine**
1081 **metatarsal/metacarpal bone to a high-speed video locomotion analysis**
1082 **system during treadmill locomotion.** The Veterinary Journal, 198, e157-e160.
1083 2013.
- 1084
- 1085 ROHWEDDER, T., REBENTROST, P., & BÖTTCHER, P. **Three-dimensional**
1086 **joint kinematics in a canine elbow joint with medial coronoid disease before**
1087 **and after bi-oblique dynamic proximal ulnar osteotomy.** VCOT Open, 2(02),
1088 e44-e49. 2019.
- 1089
- 1090 SANDAU, M., KOBLAUCH, H., MOESLUND, T. B., AANÆS, H., ALKJÆR, T., &
1091 SIMONSEN, E. B. **Markerless motion capture can provide reliable 3D gait**
1092 **kinematics in the sagittal and frontal plane.** Medical engineering & physics,
1093 36(9), 1168-1175. 2014.
- 1094

- 1095 SANTOS, L. U. D. **Análise biomecânica do andamento em potros da raça**
1096 **mangalarga marchador nos primeiros 15 dias de vida.** 2018.
- 1097
- 1098 SAPONE, M., MARTIN, P., BEN MANSOUR, K., CHATEAU, H., & MARIN, F. **The**
1099 **protraction and retraction angles of horse limbs: an estimation during**
1100 **trotting using inertial sensors.** *Sensors*, 21(11), 3792. 2021.
- 1101
- 1102 SCHMIDBURG, I., PAGGER, H., ZSOLDOS, R. R., MEHNEN, J., PEHAM, C., &
1103 LICKA, T. F. **Movement associated reduction of spatial capacity of the**
1104 **equine cervical vertebral canal.** *The Veterinary Journal*, 192(3), 525-528. 2012.
- 1105
- 1106 SIMONATO, S. P., BERNARDINA, G. R., FERREIRA, L. C., SILVATTI, A. P.,
1107 BARCELOS, K. M., & DA FONSECA, B. P. **3D kinematic of the thoracolumbar**
1108 **spine in Mangalarga Marchador horses performing the marcha batida gait**
1109 **and being led by hand—A preliminary report.** *Plos one*, 16(7), e0253697.
1110 2021.
- 1111
- 1112 SMIDT, G. L. **Biomechanics and physical therapy: a perspective.** *Physical*
1113 *Therapy*, 64(12), 1807-1808. 1984.
- 1114
- 1115 SMITH, K. **Here's how to smooth the transitions from four beats to two, two**
1116 **beats to three, from slow motion to speed.** *Equus Magazine*, v.230, p.27-32.
1117 1996.
- 1118
- 1119 SOARES, C. D. M. **Análise biomecânica do andamento de potros da raça**
1120 **mangalarga marchador aos 30 e 180 dias de idade.** 2017.
- 1121
- 1122 SOLÉ, M., SANTOS, R., GÓMEZ, M. D., GALISTEO, A. M., & VALERA, M.
1123 **Evaluation of conformation against traits associated with dressage ability**
1124 **in unriden Iberian horses at the trot.** *Research in veterinary science*, 95(2),
1125 660-666. 2013a.
- 1126
- 1127 SOLÉ, M., GÓMEZ, M. D., GALISTEO, A. M., SANTOS, R., & VALERA, M.
1128 **Kinematic characterization of the Menorca horse at the walk and the trot:**

- 1129 **influence of hind limb pastern angle.** Journal of Equine Veterinary Science,
1130 33(9), 726-732. 2013b.
- 1131
- 1132 SOUZA, G. L. **Morfologia: seleção a toda prova.** Revista da Associação
1133 Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulos, 40-44. 1998.
- 1134
- 1135 SUTHERLAND, D. H. **The evolution of clinical gait analysis: Part II**
1136 **Kinematics.** Gait & posture, 16(2), 159-179. 2002.
- 1137
- 1138 TABOR, G., & WILLIAMS, J. **Equine rehabilitation: a review of trunk and hind**
1139 **limb muscle activity and exercise selection.** Journal of Equine Veterinary
1140 Science, 60, 97-103. 2018.
- 1141
- 1142 TORRES-PÉREZ, Y., GÓMEZ-PACHÓN, E. Y., & CUENCA-JIMÉNEZ, F.
1143 **Horse's gait motion analysis system based on videometry.** Ciencia y
1144 Agricultura, 13(2), 83-94. 2016.
- 1145
- 1146 UGBOLUE, U. C., PAPI, E., KALIARNTAS, K. T., KERR, A., EARL, L.,
1147 POMEROY, V. M., & ROWE, P. J. **The evaluation of an inexpensive, 2D, video-**
1148 **based gait assessment system for clinical use.** Gait & posture, 38(3), 483-
1149 489. 2013.
- 1150
- 1151 USPENSKII, V. D. **Anatomical-Physiological Analysis of Limb in Allure and**
1152 **Its Practical Significance,** Tr. Statovsk Zoovet. Inst, 4, 109-115. 1953.
- 1153
- 1154 VAN WEEREN, P. R., BRAMA, P. A., & BARNEVELD, A. **Exercise at young age**
1155 **may influence the final quality of the equine musculoskeletal system.** In
1156 Proceedings (Vol. 46, pp. 29-35). 2000.
- 1157
- 1158 VAN WEEREN, R. **Equine biomechanics: From an adjunct of art to a science**
1159 **in its own right.** Equine Veterinary Journal, 44(5), 506-508. 2012.
- 1160

- 1161 VAN WEEREN, P. R., & ÁLVAREZ, C. G. **Equine gait analysis: The slow start,**
1162 **the recent breakthroughs and the sky as the limit?** Equine veterinary journal,
1163 51(6), 809-810. 2019.
1164
- 1165 VERNA, E., AUDISI, S. A., VAQUERO, P., ROSSETTO, L., ARRIAGADA, V. D.,
1166 & MILANTA, G. **Aspectos cinemáticos del caballo criollo argentino al trote.**
1167 Ciencia Veterinaria, 24(1), 3-3. 2022.
1168
- 1169 VILELA JÚNIOR, G. B. **Biomecânica.** Disponível em:
1170 <<http://guanis.sites.uol.com.br/biomechanics/marey.htm>>.org/biomecanica/histor
1171 ia.pdf>. 2009. Acesso em: 15 fev. 2022.
1172
- 1173 VON PEINEN, K., WIESTNER, T., BOGISCH, S., ROEPSTORFF, L., VAN
1174 WEEREN, P. R., & WEISHAUPT, M. A. **Relationship between the forces acting**
1175 **on the horse's back and the movements of rider and horse while walking**
1176 **on a treadmill.** Equine Veterinary Journal, 41(3), 285-291. 2009.
1177
- 1178 WHITTLE, M. W. **Clinical gait analysis: A review.** Human movement science,
1179 15(3), 369-387. 1996.
1180
- 1181 WILSON, G. J., WOOD, G. A., & ELLIOTT, B. C. **The relationship between**
1182 **stiffness of the musculature and static flexibility: an alternative explanation**
1183 **for the occurrence of muscular injury.** International Journal of Sports Medicine,
1184 12(04), 403-407. 1991.
1185
- 1186 ZANEB, H., PEHAM, C., & STANEK, C. **Functional anatomy and**
1187 **biomechanics of the equine thoracolumbar spine: a review.** Turkish Journal
1188 of Veterinary and Animal Sciences, 37(4), 380-389. 2013.
1189
- 1190 ZSOLDOS, R. R., GROESEL, M., KOTSCHWAR, A., KOTSCHWAR, A. B.,
1191 LICKA, T., & PEHAM, C. **A preliminary modelling study on the equine cervical**
1192 **spine with inverse kinematics at walk.** Equine Veterinary Journal, 42, 516-522.
1193 2010.
1194

1195 ZSOLDOS, R. R., KRÜGER, B., & LICKA, T. F. **From maturity to old age: tasks**
1196 **of daily life require a different muscle use in horses.** Comparative exercise
1197 physiology, 10(2), 75-88. 2014.

1198

1199 ZSOLDOS, R. R., VOEGELE, A., KRUEGER, B., SCHROEDER, U., WEBER, A.,
1200 & LICKA, T. F. **Long term consistency and location specificity of equine**
1201 **gluteus medius muscle activity during locomotion on the treadmill.** BMC
1202 veterinary research, 14(1), 1-10. 2018.

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

1219

1220

1221

1222

1223

1224

1225

1226

1227

1228

1229

1230

1231

1232

1233

1234

1235

1236

1237

1238

CAPÍTULO 1: Cinemática de passo, trote e canter de cavalos da

1239

raça Crioula competidores no Freio de Ouro

1240

1241

1242

1243

1244

1245

1246

1247

1248

1249

1250

1251

1252

1253

1254

1255

1256

1257

1258

1259

1260 **Resumo**

1261 A raça Crioula ganhou destaque no cenário equestre da América Latina ao longo
1262 das décadas e se tornou a categoria animal mais importante da espécie na
1263 América do Sul, fazendo parte da cultura local. O principal evento de seleção
1264 morfofuncional desses animais é denominado Freio de Ouro. Em diversas raças
1265 e categorias de cavalos atletas, as andaduras já foram caracterizadas através
1266 de técnicas biomecânicas de análise, fato que ainda não foi realizado na raça
1267 Crioula. O objetivo principal deste estudo foi descrever as características
1268 cinemáticas lineares, temporais e angulares dos membros torácicos e pélvicos
1269 de cavalos da raça Crioula no passo, trote e canter por meio de análises
1270 quantitativas objetivas utilizando vídeos 2D. Para isso, foram utilizados 35
1271 cavalos da raça Crioula utilizando tecnologia de vídeo 2D em três andaduras
1272 normalmente realizadas durante uma competição: Passo, Trote e Canter. As
1273 variáveis analisadas foram mensuradas individualmente para os membros
1274 torácicos e pélvicos dos vídeos em ambos os lados. Valores descritivos das
1275 médias finais e desvio padrão de todas as variáveis cinemáticas foram obtidos
1276 para cada membro. No passo, observou-se um comprimento de passada médio
1277 de $1,61 \pm 0,14\text{m}$, duração de passada de $0,90 \pm 0,04\text{s}$ e velocidade média de
1278 $1,79 \pm 0,13\text{m/s}$. Já no trote, os valores foram comprimento de passada médio de
1279 $2,30 \pm 0,23\text{m}$, duração de passada de $0,60 \pm 0,03\text{s}$ e velocidade média de $3,82$
1280 $\pm 0,43\text{m/s}$. Quanto ao canter, 54,44% dos vídeos mostraram o canter com a mão
1281 direita como guia, e os valores de comprimento de passada, duração de passada
1282 e velocidade foram medidos para os membros guia ($2,86 \pm 0,29\text{m}$, $0,51 \pm 0,03\text{s}$
1283 e $5,61 \pm 0,64\text{m/s}$) e de apoio ($2,68 \pm 0,25\text{m}$, $0,51 \pm 0,02\text{s}$ e $5,28 \pm 0,56\text{m/s}$). Além
1284 disso, foram obtidos valores das características temporais das diferentes
1285 andaduras. No que diz respeito às variáveis angulares, durante o passo, os
1286 equinos da raça Crioula atingiram ângulos máximos de protração e retração dos
1287 membros torácicos de $16,90 \pm 2,31^\circ$ e $22,99 \pm 3,47^\circ$, respectivamente. Para os
1288 membros pélvicos, a protração máxima foi de $10,86 \pm 2,45^\circ$, enquanto a retração
1289 foi de $31,47 \pm 2,13^\circ$. Durante o trote, esses ângulos foram numericamente
1290 semelhantes entre os membros torácicos e pélvicos, com valores ligeiramente
1291 maiores durante o canter. Adicionalmente, foram avaliadas as amplitudes
1292 articulares em diferentes andaduras. As articulações numericamente
1293 apresentaram menores amplitudes durante o canter, especialmente nas
1294 articulações escapuloumeral, umeroradioulnar e coxofemoral. Os valores
1295 aumentaram para passo e trote e diminuíram novamente para o canter, indicando
1296 uma relação entre a velocidade da andadura e a amplitude articular. Esses
1297 resultados destacam a importância da obtenção e registro das variáveis
1298 cinemáticas nas diferentes andaduras dos cavalos da raça Crioula, fornecendo
1299 *insights* valiosos para o treinamento, manejo e saúde desses animais.

1300

1301 **Introdução**

1302

1303 A espécie equina possui uma grande variedade de raças e biótipos e,
1304 geralmente, as características conformacionais morfométricas e biomecânicas

1305 estão associadas aos padrões de seleção racial (Beeman, 2008). Nesse
1306 contexto, a raça Crioula ganhou popularidade no cenário equestre da América
1307 Latina no final do século XX e tornou-se a disciplina esportiva mais importante
1308 da espécie na região Sul do Brasil e em países como Argentina, Chile e Uruguai,
1309 fazendo parte da cultura local devido à herança do modo de vida rural nessas
1310 regiões (Vinocur *et al.*, 2003; Karlau *et al.*, 2023). Essa valorização desenvolveu
1311 a evolução das competições que visam premiar o cavalo que melhor combina
1312 características morfológicas e funcionais dentro da categoria, onde o principal
1313 evento de seleção morfofuncional desses animais acontece em território
1314 brasileiro e é denominado Freio de Ouro, o ápice da exigência de máxima
1315 preparação física e psicológica, potência muscular e resistência corporal (Cucco
1316 *et al.*, 2016). Em 2022, segundo registros genealógicos da Associação Brasileira
1317 dos Criadores de Cavalos da Raça Crioula (ABCCC) – principal entidade de
1318 registro de indivíduos da raça – houve um crescimento de 39,42% no número de
1319 animais registrados no país, superando 460 mil indivíduos, onde a grande
1320 maioria está concentrada na região Sul do Brasil (ABCCC, 2023).

1321 As características conformacionais e de desempenho são hereditárias e
1322 influenciadas por fatores ambientais e, embora a conformação do indivíduo da
1323 raça Crioula tenha sido estudada por diversos autores, com base principalmente
1324 em medidas e índices corporais (Dalto, 2006; Pimentel *et al.*, 2018a; Pimentel *et*
1325 *al.*, 2018b), não existem estudos completos sobre as andaduras realizadas por
1326 indivíduos da raça e a sua influência exercida pela morfologia. Apesar de
1327 medidas lineares e angulares poderem determinar o tipo de movimento que os
1328 cavalos podem realizar, apenas uma avaliação biomecânica completa pode
1329 mensurar quantitativamente cada andadura, pois análises cinemáticas

1330 computadorizadas permitem ao examinador registrar e avaliar os movimentos do
1331 indivíduo durante um ou mais ciclos de passadas (Sandberg *et al.*, 2020). Essas
1332 informações podem ser usadas para descrever a geometria do movimento em
1333 termos de deslocamento, velocidade e aceleração, o que facilita a avaliação de
1334 ângulos articulares, velocidades angulares, dados temporais e comprimento da
1335 passada (Sutherland, 2002).

1336 Diversas raças de cavalos já tiveram seus padrões de andaduras
1337 caracterizados, fato que nunca foi realizado de forma completa para a raça
1338 Crioula (Robilliard *et al.*, 2007). Apesar da raça possuir grande incidência na
1339 América do Sul, ainda é pouco conhecida dentro da comunidade científica
1340 veterinária em âmbito mundial, principalmente em termos de estudos
1341 biomecânicos. Dentro deste contexto, uma série de investigações sobre os
1342 parâmetros cinemáticos da categoria foi estabelecida para obter o máximo de
1343 informações de todas as diferentes andaduras realizadas por esses indivíduos.
1344 Portanto, o objetivo principal deste estudo foi descrever, pela primeira vez, as
1345 variáveis quantitativas cinemáticas lineares, temporais e angulares dos membros
1346 torácicos e pélvicos de cavalos da raça Crioula no passo, trote e canter.

1347

1348 **Metodologia**

1349 *Delineamento do estudo*

1350 Todos os procedimentos realizados foram aprovados pelo Comissão de
1351 Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel),
1352 sob registro 51839-2019.

1353 O processamento e análise dos vídeos coletados foi realizado na *School*
1354 *of Equine and Veterinary Physiotherapy*, pertencente à *Writtle University College*,
1355 no Reino Unido.

1356 *Design experimental*

1357 Foram avaliados 35 cavalos da raça Crioula (*Equus caballus*),
1358 devidamente registrados na ABCCC, com idade entre 5 e 10 anos, sendo 23
1359 machos e 12 fêmeas, com peso médio de $428,81 \pm 24,09$ kg e altura na cernelha
1360 de $1,42 \pm 0,02$ m. . Esses indivíduos foram oriundos de 10 centros de treinamento
1361 da microrregião de Pelotas, no sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Todos
1362 os cavalos selecionados eram treinados e competidores da disciplina Freio de
1363 Ouro. A rotina de treinamento desses indivíduos consistia, durante um período
1364 mínimo de dois anos, a uma rotina semanal de exercícios, alternando entre
1365 caminhadas e trotes de 10 minutos de duração cada e exercício de canter de
1366 mesma duração, com caminhadas de desaquecimento para estabilizar a
1367 frequência cardíaca para limites fisiológicos. Cada centro de treinamento possui
1368 seu próprio cavaleiro responsável pelos treinamentos e executa rotinas
1369 semelhantes por, no mínimo, cinco vezes por semana. O regulamento da
1370 competição permite animais de qualquer faixa etária e gênero, classificando o
1371 mesmo número de machos e fêmeas para a etapa final.

1372 As coletas foram realizadas em centros de treinamento equestre no
1373 período de junho de 2022. Todos os animais foram submetidos às mesmas
1374 condições experimentais e ambientais previamente definidas. Previamente à
1375 análise cinemática, os equinos foram submetidos a um exame clínico específico
1376 do sistema locomotor para determinar o estado de saúde da amostra

1377 populacional. . A avaliação foi realizada por um clínico experiente, que constatou
1378 grau 0 na escala AAEP (*American Association of Equine Practitioners*) referente
1379 à presença de claudicação nos animais a serem testados. Todos os indivíduos
1380 foram considerados hígidos, sem presença de claudicação ou outras
1381 enfermidades musculoesqueléticas.

1382 O biótipo da amostra foi homogêneo e condizente com os padrões
1383 fenotípicos da espécie, uma vez que os animais dos centros de treinamento
1384 equestre pertencem à raça Crioula e estão dentro das exigências da categoria.
1385 O gênero não foi um fator considerado porque não existem diferenças
1386 morfométricas consideráveis para este aspecto nos animais da raça (Pimentel *et*
1387 *al.*, 2018a).

1388 *Coleta de dados cinemáticos*

1389 A análise cinemática foi realizada utilizando a técnica de videografia 2D
1390 segundo Robin (2009). 24 marcadores retrorreflexivos (30mm de diâmetro)
1391 foram posicionados e fixados com fita dupla-face pelo mesmo operador nos
1392 lados direito e esquerdo dos animais, na região anatômica referente às
1393 protuberâncias ósseas de cada membro (Figura 1): Membros Torácicos -
1394 Tuberosidade da espinha (escápula), porção cranial do tubérculo maior (úmero),
1395 tuberosidade lateral na inserção do ligamento colateral lateral da articulação do
1396 cotovelo (rádio), processo estiloide (ulna), ligamento colateral lateral do boleto
1397 (III metacarpo), margem da coroa do casco no eixo podofalangeano (falange
1398 média); Membros posteriores - Tuberosidade coxal (ílio), trocânter maior (fêmur),
1399 côndilo lateral (tíbia), maléolo lateral (fíbula), ligamento colateral lateral do boleto
1400 (III metatarso), margem da coroa no eixo podofalangeano (falange média).



1401

1402

1403

Figura 1. Posicionamento dos marcadores retroreflexivos em membros torácicos e pélvicos de equino da raça Crioula para análise cinemática

1404

1405

1406

1407

1408

1409

1410

1411

1412

1413

1414

1415

1416

O campo de estudo teve 10 metros de comprimento e 3 metros de largura, sendo demarcado por cones para fácil identificação. Lateralmente, havia área para permitir a desaceleração e o reposicionamento dos animais, mantendo velocidade e padrão constante para cada andadura e impedindo a transição. Foi utilizada uma câmera de alta velocidade com 240fps e resolução de 1280x550, nivelada horizontalmente por um tripé fixo de 1 metro de altura e posicionada a 10 metros do centro da plataforma. Uma luz LED de 72W também foi posicionada acima da câmera para ativar a refletividade dos marcadores colocados nos indivíduos. Exatamente no centro do campo, foi colocada uma régua de 1 metro nas posições horizontal e vertical para calibração do sistema. Esta configuração foi padrão para todos os centros de treinamento, sendo repetida igualmente em cada local.

1417 Cada animal foi conduzido por seu próprio treinador e teve sua sela
1418 apropriadamente posicionada. Antes da coleta de dados, foi realizado
1419 aquecimento prescrito com caminhada e trote por 10 minutos. Em seguida, os
1420 cavaleiros conduziram os animais em linha reta exatamente até o centro do
1421 campo de estudo. Foram obtidos três vídeos em câmera lenta com 10 segundos
1422 de cada andadura (passo, trote e canter) de cada lado para cada cavalo,
1423 simulando as mesmas andaduras realizadas durante as provas oficiais de
1424 competição da categoria. Após a coleta, os vídeos foram processados e
1425 analisados utilizando o sistema de análise de movimento 2D Quintic
1426 Biomechanics® v33, onde as variáveis obtidas foram testadas e quantificadas.

1427 *Variáveis cinemáticas*

1428 As variáveis analisadas foram divididas em temporais, lineares e
1429 angulares, e foram mensuradas individualmente para os membros torácicos e
1430 pélvicos dos vídeos de ambos os lados. Especificamente no canter, também foi
1431 analisado se o lado filmado se demonstrava como mão guia ou de suporte, de
1432 acordo com o último membro torácico a tocar o solo no período de uma passada
1433 completa.

1434 Inicialmente, todos os vídeos foram medidos em termos de comprimento
1435 e duração da passada, com base no primeiro quadro em que o membro torácico
1436 toca o solo até que o contato ocorra novamente, completando o ciclo de uma
1437 passada completa. Logo após, foi realizada a relação comprimento/duração para
1438 determinar a velocidade de cada marcha. Posteriormente, dentro do grupo de
1439 variáveis temporais, foram examinados o(s) tempo(s) de apoio, tempo(s) de

1440 suspensão e *duty factor*, calculado como a razão entre o tempo de apoio e o
1441 tempo total da passada.

1442 Por fim, as variáveis angulares investigadas consistiram no ângulo de
1443 protração ($^{\circ}$), ângulo de retração ($^{\circ}$) e ângulo máximo de extensão do boleto na
1444 fase média do apoio ($^{\circ}$), sendo este o ângulo onde o respectivo membro estava
1445 com o boleto perpendicular à câmera no momento intermediário da fase de
1446 apoio. Aliado a isso, foi realizado também o protocolo de *tracking*, que consiste
1447 no mapeamento angular das articulações dos membros torácicos e pélvicos em
1448 tempo real durante o ciclo de uma passada completa, obtendo assim ângulos
1449 mínimos (flexão), máximos (extensão) e ROM (*range of motion*: amplitude de
1450 movimento), sendo este a diferença entre ambos, das articulações
1451 escapuloumeral, umerorádioulnar, antebraquiocárpica, metacarpofalangeana e
1452 interfalangeana proximal (membros torácicos) e coxofemoral, femurotibiopatelar,
1453 tarsocrural, metatarsofalangeana e interfalangeana proximal (membros
1454 pélvicos). Todas as análises compreenderam *frames* escolhidos onde o animal
1455 estava mais próximo do centro do campo de estudo, para evitar erros de
1456 perspectiva e paralaxe.

1457 *Análise estatística*

1458 As três andaduras foram descritas de acordo com a definição dos valores
1459 quantitativos de cada variável cinemática. Para tal propósito, foram considerados
1460 os valores médios entre os três vídeos coletados de cada lado no passo, trote e
1461 canter e, posteriormente, adotado o valor médio entre os lados direito e
1462 esquerdo. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R
1463 Project 4.2.1. Valores descritivos das médias finais e desvio padrão (DP) de

1464 todas as variáveis cinemáticas lineares, temporais e angulares foram obtidos
1465 para cada membro torácico (direito: RF; esquerdo: LF) e pélvico (direito: RH;
1466 esquerdo: LH).

1467

1468 **Resultados**

1469 O passo obteve comprimento de passada de $1,61 \pm 0,14\text{m}$, duração de
1470 passada de $0,90 \pm 0,04\text{s}$ e velocidade de $1,79 \pm 0,13\text{m/s}$. Quanto ao trote, os
1471 valores encontrados foram: comprimento da passada $2,30 \pm 0,23\text{m}$, duração da
1472 passada $0,60 \pm 0,03\text{s}$ e velocidade $3,82 \pm 0,43\text{m/s}$, classificando esta andadura
1473 como sendo de trabalho (Clayton, 1994). Por fim, no canter, 54,44% dos vídeos
1474 foram de animais executando canter com a mão direita (sendo RF o último
1475 membro torácico a tocar o solo), e os valores de comprimento da passada,
1476 duração da passada e velocidade foram medidos para os membros guia ($2,86 \pm$
1477 $0,29\text{m}$, $0,51 \pm 0,03\text{s}$ e $5,61 \pm 0,64\text{m/s}$) e de apoio ($2,68 \pm 0,25\text{m}$, $0,51 \pm 0,02\text{s}$ e
1478 $5,28 \pm 0,56\text{m/s}$). Utilizando base literária segundo Clayton (1994b), o canter
1479 observado foi classificado como alongado.

1480 O tempo de apoio dos membros torácicos dos cavalos da raça Crioula
1481 durante a caminhada foi de $0,49 \pm 0,03\text{s}$, e dos membros pélvicos é de $0,50 \pm$
1482 $0,04\text{s}$, enquanto o tempo de suspensão foi de $0,35 \pm 0,03\text{s}$ e $0,33 \pm 0,03\text{s}$ para
1483 os respectivos membros. O *duty factor* médio dos membros torácicos foi de $0,54$
1484 $\pm 0,02$ e $0,55 \pm 0,03$ para os membros pélvicos. No trote, esses valores foram de
1485 $0,22 \pm 0,03\text{s}$ tanto nos membros torácicos quanto nos pélvicos para o tempo de
1486 apoio, e o tempo de balanço foi de $0,32 \pm 0,03$ nos membros torácicos e $0,33 \pm$
1487 $0,02$ para os membros pélvicos, com um *duty factor* médio de $0,35$,

1488 respectivamente, e desvio padrão de 0,03 (torácicos) e 0,04 (pélvicos). Em
 1489 relação ao canter, tanto o membro guia torácico quanto o pélvico apresentaram
 1490 $0,15 \pm 0,02$ s, no tempo de apoio, enquanto o membro de suporte foi de $0,14 \pm$
 1491 $0,02$ s. O tempo de suspensão dos membros guia (torácicos e pélvicos) nesta
 1492 andadura foi de $0,29$ s, com desvio padrão de 0,03 e 0,02, respectivamente. Os
 1493 valores desta variável foram $0,29 \pm 0,02$ s para o membro de suporte dianteiro e
 1494 $0,30 \pm 0,03$ s para o traseiro. Por fim, no canter, o *duty factor* médio da mão guia
 1495 torácica foi de $0,29 \pm 0,03$, para o de suporte $0,28 \pm 0,03$, pélvico guia de $0,30 \pm$
 1496 $0,04$ e pélvico de suporte de $0,28 \pm 0,04$. O tempo de apoio foi a variável que
 1497 apresentou maior variação numérica entre as marchas em relação ao tempo de
 1498 suspensão, sendo que ambos diminuíram com o aumento da velocidade. Os
 1499 valores discriminados das variáveis temporais por membro em cada andadura
 1500 são apresentados na Tabela 1.

1501 **Tabela 1.** Médias e desvio padrão das variáveis cinemáticas temporais tempo de
 1502 apoio, tempo de elevação e *duty factor* realizados por cavalos da raça Crioula (n
 1503 = 35) no passo, trote e canter.

Variável	Andadura	Membro							
		MTE	MTD	MPE	MPD	MT Guia	MT Sup	MP Guia	MP Sup
Tempo de apoio (s)	Passo	$0,49 \pm 0,02$	$0,49 \pm 0,04$	$0,49 \pm 0,04$	$0,51 \pm 0,03$				
	Trote	$0,21 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,03$				
	Canter					$0,15 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,02$
Tempo de suspensão (s)	Passo	$0,35 \pm 0,03$	$0,35 \pm 0,03$	$0,33 \pm 0,03$	$0,33 \pm 0,03$				
	Trote	$0,32 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,02$	$0,33 \pm 0,02$	$0,32 \pm 0,02$				
	Canter					$0,29 \pm 0,03$	$0,29 \pm 0,02$	$0,29 \pm 0,02$	$0,30 \pm 0,03$
	Passo	$0,53 \pm 0,02$	$0,54 \pm 0,02$	$0,54 \pm 0,03$	$0,55 \pm 0,02$				

Duty factor	Trote	0,34 ± 0,03	0,35 ± 0,03	0,34 ± 0,04	0,35 ± 0,04				
	Canter					0,29 ± 0,03	0,28 ± 0,03	0,30 ± 0,04	0,28 ± 0,04

1504 MTE: membro torácico esquerdo; MTD: membro torácico direito; MPE: membro pélvico
 1505 esquerdo; MPD: membro pélvico direito; MT Guia: membro torácico guia; MT Sup: membro
 1506 torácico suporte; MP Guia: membro pélvico guia; MP Sup: membro pélvico suporte.

1507

1508 Em termos de variáveis angulares, durante o passo, os equinos da raça
 1509 Crioula atingiram ângulo máximo de protração dos membros torácicos de 16,90
 1510 ± 2,31° e retração de 22,99 ± 3,47°, com média de 228,22 ± 5,48° do ângulo de
 1511 hiperextensão do boleto durante a posição média da fase de apoio. Para os
 1512 membros pélvicos, nesta andadura a protração máxima foi de 10,86 ± 2,45°,
 1513 enquanto a retração foi de 31,47 ± 2,13° e o ângulo de hiperextensão do boleto
 1514 foi de 214,63 ± 5,77°. Em relação ao trote, a protração dos membros torácicos
 1515 obteve valores de 16,26 ± 3,10° e a retração foi de 20,84 ± 2,77°, com
 1516 hiperextensão máxima ao nível do boleto de 239,6 ± 6,40° durante o apoio. Para
 1517 os membros pélvicos, a protração e a retração máximas, bem como o ângulo de
 1518 hiperextensão do boleto durante o apoio médio foram, respectivamente, 10,35 ±
 1519 2,04°, 30,12 ± 1,91° e 234,88 ± 9,98°. A Tabela 2 mostra detalhadamente os
 1520 resultados das variáveis angulares em cada membro torácico e pélvico durante
 1521 o passo e trote, bem como os valores discriminados por membros guia e suporte
 1522 durante o canter. Os ângulos de protração e retração foram numericamente
 1523 semelhantes entre os membros torácicos e pélvicos com a mudança na
 1524 velocidade do passo para o trote. Os valores dessas variáveis foram maiores no
 1525 canter em relação à mão guia, com maior protração dos torácicos e menores nos
 1526 pélvicos em relação à mão de suporte, enquanto o ângulo de retração foi maior
 1527 em ambos os membros guia ipsilaterais. O ângulo de apoio médio aumentou

1528 numericamente com o aumento da velocidade e com a mudança da andadura
1529 em todos os membros.

1530 **Tabela 2.** Médias e desvios padrão das variáveis cinemáticas angulares dos
1531 ângulos de protração, retração e apoio médio do boleto realizados por cavalos
1532 da raça Crioula (n = 35) no passo, trote e canter.

Ângulos (°)	Andadura	Membro							
		MTE	MTD	MPE	MPD	MT Guia	MT Sup	MP Guia	MP Sup
Protração	Passo	17,05 ± 1,89	16,75 ± 2,73	10,94 ± 2,58	10,78 ± 2,32				
	Trote	16,02 ± 2,84	16,49 ± 3,35	9,89 ± 2,11	10,81 ± 1,96				
	Canter					28,61 ± 3,52	22,90 ± 3,08	18,69 ± 3,37	7,95 ± 2,35
Retração	Passo	22,60 ± 3,24	23,37 ± 3,70	31,47 ± 2,31	31,46 ± 1,94				
	Trote	20,71 ± 2,46	20,96 ± 3,08	30,55 ± 1,69	29,69 ± 2,12				
	Canter					18,15 ± 3,46	26,55 ± 3,08	30,45 ± 2,81	36,39 ± 2,56
Fase intermediária	Passo	229,34 ± 5,82	227,10 ± 5,14	214,98 ± 5,66	214,27 ± 5,87				
	Trote	240,75 ± 6,01	238,45 ± 6,80	237,24 ± 6,38	232,51 ± 13,58				
	Canter					246,52 ± 7,35	244,81 ± 7,33	240,22 ± 7,85	241,53 ± 7,20

1533 MTE: membro torácico esquerdo; MTD: membro torácico direito; MPE: membro pélvico
1534 esquerdo; MPD: membro pélvico direito; MT Guia: membro torácico guia; MT Sup: membro
1535 torácico suporte; MP Guia: membro pélvico guia; MP Sup: membro pélvico suporte.

1536

1537 A articulação escapuloumeral de cavalos da raça Crioula apresentou
1538 menor ROM tanto no passo quanto no trote, com valores médios de $5,71 \pm 2,11^\circ$
1539 e $6,25 \pm 3,30^\circ$ respectivamente. Ao nível da articulação umeroradioulnar, a
1540 amplitude obteve maiores valores no passo, com ângulo de $48,33 \pm 6,36^\circ$, sendo
1541 ligeiramente menor no trote, onde o ângulo foi de $46,60 \pm 9,81^\circ$. Na região do
1542 carpo, o ROM do passo foi de $64,44 \pm 5,66^\circ$, com aumento da amplitude durante
1543 o trote para $73,50 \pm 7,65^\circ$. A amplitude de movimento do boleto torácico também
1544 apresentou aumento de amplitude do passo ($62,49 \pm 9,93^\circ$) para o trote ($66,85$
1545 $\pm 10,70^\circ$). Em relação aos membros pélvicos, a articulação coxofemoral obteve
1546 ROM de $16,71 \pm 3,46^\circ$ no passo, diminuindo a amplitude angular para $14,45 \pm$

1547 5,66 no trote. Os valores médios de ROM da articulação femorotibiopatelar foram
 1548 $26,24 \pm 4,07^\circ$ para a caminhada e $25,47 \pm 4,64^\circ$ para o trote, demonstrando
 1549 números semelhantes em ambas as andaduras. Na região tarsal, os indivíduos
 1550 apresentaram maior amplitude, com ROM de $36,14 \pm 6,01^\circ$ na caminhada e
 1551 aumentando para $42,19 \pm 7,15^\circ$ no trote. Porém, em nível de boleto dos membros
 1552 posteriores, os maiores valores de amplitude foram observados no passo e no
 1553 trote, sendo $72,46 \pm 9,10^\circ$ e $79,22 \pm 8,69^\circ$ respectivamente. O ROM de todas as
 1554 articulações dos segmentos torácico e pélvico foi demonstrada com menores
 1555 amplitudes durante o canter tanto nos membros guia quanto nos membros de
 1556 suporte. Além disso, os ângulos máximos e mínimos durante o acompanhamento
 1557 dos membros torácicos e pélvicos (passo e trote) e membros guia e suporte do
 1558 canter, bem como seus ROM distintos para cada segmento, são mostrados nas
 1559 Tabelas 3 e 4.

1560 **Tabela 3.** Médias e desvio padrão dos ângulos mínimo e máximo ($^\circ$) e amplitude
 1561 de movimento (ROM) no tracking dos membros torácicos de cavalos Crioulos
 1562 competidores (n = 35) ao passo, trote e canter.

Articulação	Andadura	Membro											
		MTE			MTD			MT Guia			MT Sup		
		Min	Max	ROM	Min	Max	ROM	Min	Max	ROM	Min	Max	ROM
Escapuloumeral	Passo	113,59 $\pm 8,21$	119,86 $\pm 8,48$	6,27 $\pm 2,50$	114,28 $\pm 8,67$	119,43 $\pm 9,07$	5,15 $\pm 1,72$						
	Trote	115,05 $\pm 8,21$	121,27 $\pm 9,31$	6,22 $\pm 3,24$	114,14 $\pm 9,42$	120,42 $\pm 9,93$	6,28 $\pm 3,36$						
	Canter							117,52 $\pm 10,31$	122,71 $\pm 10,89$	5,20 $\pm 3,86$	115,91 $\pm 9,39$	119,58 $\pm 9,74$	3,68 $\pm 2,28$
Umeroradioulnar	Passo	105,78 $\pm 11,57$	152,09 $\pm 10,33$	46,31 $\pm 7,72$	103,10 $\pm 8,19$	151,43 $\pm 7,71$	48,33 $\pm 4,99$						
	Trote	104,05 $\pm 11,48$	149,58 $\pm 10,88$	45,53 $\pm 10,46$	101,69 $\pm 9,93$	149,35 $\pm 9,94$	47,66 $\pm 9,15$						
	Canter							112,28 $\pm 14,62$	142,81 $\pm 9,96$	30,53 $\pm 10,91$	118,26 $\pm 12,48$	147,65 $\pm 9,75$	29,38 $\pm 8,27$
Cárpicas	Passo	120,11 $\pm 7,09$	184,66 $\pm 4,05$	64,55 $\pm 6,27$	119,21 $\pm 4,73$	183,53 $\pm 2,69$	64,32 $\pm 5,06$						
	Trote	110,10 $\pm 7,44$	182,54 $\pm 4,88$	72,44 $\pm 7,81$	109,05 $\pm 6,30$	183,61 $\pm 4,81$	74,55 $\pm 7,48$						
	Canter							120,29 $\pm 9,28$	162,70 $\pm 12,18$	42,40 $\pm 9,97$	123,02 $\pm 7,28$	165,37 $\pm 9,11$	42,35 $\pm 8,74$

	Passo	167,09 ± 9,69	231,72 ± 10,19	64,62 ± 8,03	167,67 ± 12,29	228,01 ± 11,58	60,35 ± 11,82							
Metacarpofalangeana	Trote	162,52 ± 11,03	230,65 ± 12,78	68,13 ± 10,93	162,51 ± 8,38	228,08 ± 11,44	65,57 ± 10,46							
	Canter							157,08 ± 13,54	200,93 ± 16,39	43,86 ± 12,93	161,09 ± 10,67	204,11 ± 13,91	43,02 ± 13,26	

1563 MTE: membro torácico esquerdo; MTD: membro torácico direito; MT Guia: membro torácico guia; MT Sup:
1564 membro torácico suporte; Min: ângulo mínimo; Max: ângulo máximo; ROM: amplitude de movimento.
1565

1566 **Tabela 4.** Médias e desvio padrão dos ângulos mínimo e máximo (°) e amplitude
1567 de movimento (ROM) no tracking dos membros pélvicos de cavalos Crioulos
1568 competidores (n = 35) ao passo, trote e canter.

Articulação	Andadura	Membro											
		MPE			MPD			MP Guia			MP Sup		
		Min	Max	ROM	Min	Max	ROM	Min	Max	ROM	Min	Max	ROM
Coxofemoral	Passo	88,86 ± 7,84	104,96 ± 8,79	16,10 ± 2,87	88,78 ± 7,15	106,09 ± 8,17	17,32 ± 4,04						
	Trote	90,49 ± 8,49	106,28 ± 11,83	15,78 ± 7,79	92,72 ± 7,77	105,85 ± 7,54	13,12 ± 3,52						
	Canter							90,83 ± 10,38	99,35 ± 8,50	8,52 ± 5,32	97,25 ± 8,14	107,19 ± 7,17	9,93 ± 4,03
Femurotibiopatellar	Passo	134,72 ± 7,78	160,44 ± 7,27	25,72 ± 3,99	134,48 ± 7,42	161,23 ± 6,40	26,75 ± 4,15						
	Trote	125,06 ± 7,38	151,02 ± 7,34	25,96 ± 3,94	127,46 ± 8,76	152,44 ± 7,53	24,98 ± 5,35						
	Canter							131,89 ± 7,43	146,81 ± 7,39	14,91 ± 4,62	131,69 ± 7,91	145,20 ± 7,74	13,50 ± 4,74
Társicas	Passo	128,71 ± 8,69	165,04 ± 4,47	36,33 ± 6,86	129,68 ± 5,33	165,64 ± 4,40	35,96 ± 5,15						
	Trote	116,39 ± 9,15	160,77 ± 4,15	44,38 ± 7,04	121,51 ± 8,54	161,51 ± 3,94	40,00 ± 7,27						
	Canter							131,35 ± 8,66	158,00 ± 4,63	26,65 ± 7,84	132,82 ± 8,60	158,65 ± 4,69	25,84 ± 7,72
Metatarsofalangeana	Passo	150,44 ± 10,91	223,93 ± 9,85	73,49 ± 9,80	150,00 ± 8,38	221,43 ± 6,67	71,42 ± 8,40						
	Trote	148,02 ± 8,84	229,99 ± 9,91	81,97 ± 8,46	149,86 ± 8,49	226,32 ± 8,39	76,46 ± 8,91						
	Canter							152,37 ± 9,93	201,33 ± 17,62	48,96 ± 16,62	147,48 ± 11,40	199,48 ± 15,97	52,00 ± 13,67

1569 MPE: membro pélvico esquerdo; MPD: membro pélvico direito; MP Guia: membro pélvico guia; MP Sup: membro
1570 pélvico suporte; Min: ângulo mínimo; Max: ângulo máximo; ROM: amplitude de movimento.

1571

1572 Discussão

1573

1574 O comprimento da passada, o tempo da passada e a velocidade são
1575 fatores fundamentais na determinação da cinemática de cavalos (Rooney *et al.*,

1576 1991). O comprimento da passada refere-se à distância entre sucessivos
1577 contatos com o solo do mesmo membro, enquanto o tempo da passada é o
1578 período entre esses momentos; a velocidade, por outro lado, é a relação com
1579 que o cavalo move seu corpo em razão do tempo gasto nesse período (Back &
1580 Clayton, 2013). Esses fatores afetam a andadura do cavalo, os ângulos
1581 articulares e os padrões de ativação muscular, o que pode influenciar no
1582 desempenho e até mesmo na incidência de lesões musculoesqueléticas.
1583 Pesquisas já mostraram que mudanças nessas variáveis podem alterar a
1584 cinemática dos membros do cavalo, resultando em diferenças nos ângulos
1585 articulares e na atividade muscular (Witte & Wilson, 1996). Portanto,
1586 compreender e otimizar esses parâmetros pode ser benéfico para melhorar o
1587 desempenho dos equinos e reduzir o risco de lesões do sistema locomotor
1588 (Clayton & Hobbs, 2017). No presente estudo foi possível observar diferença
1589 substancial na extensão e tempo da passada com o aumento da velocidade em
1590 cavalos da raça Crioula.

1591 Em termos morfométricos, os cavalos Quarto de Milha geralmente têm
1592 uma estatura média a baixa, com uma altura que varia de cerca de 1,45 a 1,60
1593 metros. Eles tendem a ter corpos compactos e musculosos, com membros curtos
1594 e poderosos. Os Puro Sangue, por outro lado, têm uma estatura média a alta,
1595 com uma altura que varia de aproximadamente 1,55 a 1,70 m, e possuem corpos
1596 esguios e atléticos, com membros longos e refinados. O cavalo Crioulo, em
1597 comparação, tende a ter estatura média a baixa, com uma altura que varia de
1598 cerca de 1,40 a 1,55 metros, possuindo estrutura corporal compacta e
1599 musculosa, com membros fortes e resistentes. Ao passo que o comprimento de
1600 passada de ambas as raças pode chegar a valores de $5,90 \pm 0,11$ e $4,40 \pm 0,11$

1601 m (respectivamente) durante velocidades extremamente rápidas como o galope
1602 (Vergara-Hernandez *et al.*, 2022), os valores observados para cavalos Crioulos
1603 demonstram maior adaptação às andaduras mais lentas, influenciando assim na
1604 velocidade e, conseqüentemente, denotando grande capacidade atlética para
1605 provas de rédeas.

1606 Estudos mais recentes indicaram que o aumento da velocidade em
1607 equinos resulta em alterações biomecânicas que podem afetar o desempenho,
1608 se traduzindo em injúrias ortopédicas (Clark *et al.*, 2020; Pugliese *et al.*, 2020).
1609 Um estudo analisando cavalos de corrida de elite descobriu que, à medida que
1610 a velocidade aumentava, os cavalos exibiam aumento na frequência da passada,
1611 comprimento da passada e angulações dos membros, o que resultou em
1612 aumento da carga articular e ativação muscular (Barrey, 2013). No entanto, a
1613 investigação também observou que esses animais foram capazes de compensar
1614 as exigências acrescidas com maior força muscular e padrões de movimento
1615 mais eficientes. Estas descobertas destacam a importância de gerenciar
1616 cuidadosamente os aumentos de velocidade para otimizar o desempenho e
1617 reduzir o risco de lesões em atletas equinos, podendo ser incluído no
1618 treinamento para o Freio de Ouro, devido ao fato de que isso pode levar a
1619 diferenças nos ângulos articulares e na atividade muscular, podendo aumentar
1620 o risco de sobrecarga e lesões como já descreveram os autores supracitados.
1621 No presente trabalho, as variáveis cinemáticas demonstram que, à medida que
1622 aumenta a velocidade da andadura e os padrões se alteram, do passo para trote
1623 e canter, há diminuição da angulação nas articulações, traduzindo-se em maior
1624 esforço muscular. Portanto, é fundamental que os treinadores e cavaleiros da
1625 categoria considerem os efeitos da velocidade na biomecânica dos cavalos da

1626 raça Crioula e ajustem os programas de treinamento e condicionamento de
1627 acordo.

1628 O passo é uma andadura comum na espécie equina, e nos cavalos da
1629 raça Crioula foi caracterizada por um padrão de quatro batidas com momento de
1630 triplo apoio no solo. Estudos cinemáticos mostraram que, durante o passo,
1631 equinos e outras espécies exibem um padrão consistente de movimento dos
1632 membros que envolve fases de protração, retração, suspensão e apoio
1633 (Khumsap *et al.*, 2002; Dewolf *et al.*, 2018). Essas fases são acompanhadas por
1634 mudanças nos ângulos articulares, na orientação dos membros e nos padrões
1635 de contato dos cascos. Os cavalos da raça Crioula apresentaram os membros
1636 torácicos mais protraídos que os pélvicos, que se encontraram mais estendidos
1637 durante o apoio. De modo geral, as características cinemáticas da andadura de
1638 cavalos da raça Crioula são essenciais para a compreensão da locomoção
1639 desses animais e podem fornecer insights sobre sua biomecânica e fisiologia.

1640 O trote dos cavalos da raça Crioula apresentou um padrão simétrico de
1641 dois tempos, onde os pares diagonais de membros se moviam em sincronia. O
1642 trote é uma andadura importante para os cavalos conservarem energia durante
1643 o movimento, onde os indivíduos o executam naturalmente quando percorrem
1644 longas distâncias em velocidades moderadas, pois requer menos energia que o
1645 galope ou canter (Roepstorff *et al.*, 2021). Essa andadura também é útil para
1646 cavalos em períodos de exercício ou trabalho, pois permite percorrer mais
1647 distâncias com menos esforço em comparação com as demais. Além disso, o
1648 trote pode ser treinado para melhorar a força e a resistência do cavalo, levando
1649 a um melhor desempenho em atividades como corridas, saltos ou adestramento,
1650 sendo uma andadura essencial que os possibilita economizar energia e ao

1651 mesmo tempo serem capazes de se deslocar com eficiência e realizar várias
1652 tarefas (Negro *et al.*, 2018). O trote é particularmente importante para raças de
1653 cavalos como o Crioulo que trabalham no campo e com o gado, pois permite-
1654 lhes percorrer o terreno de forma eficiente e confortável por longos períodos,
1655 tornando-os um recurso valioso para atividades agrícolas e pecuárias (Janczarek
1656 *et al.*, 2020). A Federação Equestre Internacional (FEI) estabeleceu diretrizes
1657 específicas para o trote de trabalho em competições de adestramento. A FEI
1658 afirma que esse movimento deve ser enérgico, com os membros pélvicos do
1659 cavalo engajados e torácicos se locomovendo de forma leve, devendo ser
1660 regular e consistente, com cada passada percorrendo a mesma distância (FEI,
1661 2023). Apesar de não serem incluídos na categoria de adestramento, os cavalos
1662 da raça Crioula apresentaram variáveis cinemáticas lineares, temporais e
1663 angulares semelhantes em ambos os lados durante o trote, que possibilitou ser
1664 classificado como trote de trabalho conforme descrição de Clayton (1994a).

1665 O canter é uma andadura de três tempos que se caracteriza por um
1666 momento de suspensão, onde os quatro membros ficam fora do solo, sendo
1667 realizada por cavalos da raça Crioula. Os membros torácicos exibiram mais
1668 protração em comparação aos membros pélvicos nos cavalos da raça Crioula,
1669 independentemente de ser o membro de guia ou suporte. Além disso, o tronco
1670 sofre um movimento lateral e rotacional significativo durante o canter, o que ajuda
1671 a manter o equilíbrio e a estabilidade (Eckardt & Witte, 2016), fato que não foi
1672 observado devido à limitação do presente estudo ter sido realizado em análise
1673 de vídeo 2D. De modo geral, as variáveis cinemáticas do andamento do canter
1674 do cavalo da raça Crioula mostram-se cruciais para a complementar a
1675 compreensão da locomoção e do desempenho atlético da categoria. Da mesma

1676 forma que o trote, o canter pôde ser caracterizado pela semelhança de suas
1677 variáveis cinemáticas com a descrição de Clayton (1994b).

1678 O tipo de atividade física realizada pelos cavalos da raça Crioula desde
1679 os treinos até as competições oficiais exige uma estreita relação de sinergia
1680 entre o animal e o cavaleiro, executando e demonstrando movimentos pré-
1681 determinados com suavidade e assertividade (Hogg & Hodgins, 2021). Devido à
1682 variação das andaduras realizados pelos indivíduos da raça, esses animais
1683 apresentam similaridades com cavalos que praticam adestramento, rédeas e até
1684 mesmo manobras como animais de *cutting*, porém possuem sua própria
1685 disciplina equestre bem estabelecida na América do Sul. À semelhança das
1686 disciplinas mencionadas, o objetivo da competição Freio de Ouro é premiar o
1687 cavalo que melhor utiliza o seu corpo de forma eficaz e eficiente, demonstrando
1688 maior conforto e capacidade de estabilidade nos serviços com o gado no campo,
1689 de uma forma que beneficie fisicamente o próprio cavalo e permita que ele
1690 carregue o cavaleiro objetivamente (Cucco *et al.*, 2016). Contudo, é analisando
1691 o trote e o canter que encontramos as maiores semelhanças entre os
1692 andamentos realizados pelos cavalos da raça Crioula e de adestramento. Por
1693 exemplo, ambas andaduras podem apresentar velocidades semelhantes ($3,61 \pm$
1694 $0,10$ [Clayton, 1994a]; $3,91 \pm 0,17$ [Clayton, 1994b]); no entanto, é o padrão
1695 eventos de locomoção que determina suas classificações (Robilliard *et al.*,
1696 2007). Da mesma forma, pelo fato de as velocidades terem sido estatisticamente
1697 diferentes ($p < 0,01$) no presente estudo, foi possível classificar as andaduras
1698 por parâmetros qualitativos, estando dentro dos aspectos que Robilliard *et al.*
1699 (2007) determinaram para cavalos islandeses, categoria amplamente utilizada
1700 na disciplina de adestramento. Durante o treinamento, os profissionais

1701 recomendam alternar entre os dois lados, diminuindo assim a tensão da
1702 lateralidade das rédeas, a fim de evitar assimetrias durante as andaduras, o que
1703 poderia explicar a proporção de vídeos onde o canter esquerdo ou direito
1704 representam quase a metade (Kuhnke *et al.*, 2010). Mesmo não tendo sido
1705 mensurada a força gerada pelo tensionamento das rédeas, essa proporção é
1706 fisiológica e independente, devido ao fato da liberdade de escolha do cavaleiro
1707 para utilizar a mão guia de sua preferência, e conseqüentemente tornando o
1708 comprimento, duração e velocidade da passada semelhantes (Wells & Blache,
1709 2008). Nenhum animal observado nos vídeos apresentou padrão diferente das
1710 caracterizações das três andaduras, reforçando a ideia de que a amostra
1711 populacional era representativa para os padrões raciais.

1712 Os ângulos de protração sofreram baixa variação entre o passo e o trote
1713 nos membros torácicos e pélvicos, o que pode ser explicado pelo aumento da
1714 velocidade devido à diminuição do apoio e do tempo de suspensão. Os
1715 indivíduos alternam o padrão de passadas e, conseqüentemente, a frequência
1716 aumenta, seguindo o que já foi descrito por Clayton & Hobbs (2017) para
1717 andaduras com apoio diagonal. Isso se refletiu nos ângulos de retração da
1718 mesma maneira. Entretanto, o canter foi a andadura que mais demonstrou
1719 variações entre as investigadas. Este estudo destaca a importância da análise
1720 videográfica como alternativa ao uso de acelerômetros para centros de pesquisa
1721 que não possuem tecnologias mais avançadas, pois a coleta de vídeos a 240 fps
1722 permite maior precisão na detecção de momentos críticos para determinar não
1723 apenas os tempos das fases de apoio e suspensão, mas também os ângulos
1724 máximos de protração e retração (Holden *et al.*, 2010; Schamhardt & Merkens,
1725 2010).

1726 O ângulo de apoio do boleto analisado no ponto de extensão máxima
1727 apresentou maior hiperextensão com o aumento da velocidade. Esses dados
1728 angulares são fundamentais para serem apresentados pela primeira vez, pois as
1729 fases cranial e caudal, na avaliação dinâmica da claudicação, são objetos de
1730 inspeção visual no processo de diagnóstico de enfermidades do aparelho
1731 locomotor (Sapone *et al.*, 2021), e mais de 60% das alterações observadas
1732 na rotina clínica dos cavalos da raça Crioula são encontradas em nível distal do
1733 membro (Abreu *et al.*, 2011). No contexto da pesquisa, estima-se que novas
1734 investigações sobre as principais causas do encurtamento do tempo de trabalho
1735 dos indivíduos desta categoria, bem como as técnicas terapêuticas e
1736 farmacológicas, podem otimizar o tempo de recuperação para o retorno das
1737 atividades atléticas, com base na apresentação dos valores angulares
1738 padronizados.

1739 O campo de pesquisa sobre a cinemática de equinos de diferentes
1740 disciplinas esportivas é extremamente amplo, em decorrência do ápice da
1741 tecnologia que os centros de pesquisa possuem atualmente. A possibilidade de
1742 obter dados biomecânicos com grande precisão nas condições outdoor,
1743 simulando a rotina de treinamento dos indivíduos, pode fornecer resultados
1744 relevantes, que complementam estudos laboratoriais e traduzem o padrão
1745 exercido pelas diversas categorias em níveis competitivos (Galisteo *et al.*, 2010).
1746 Leach & Crawford (1983) já haviam detectado a necessidade de determinar a
1747 influência de fatores conformacionais na eficiência biomecânica dos membros
1748 torácicos e pélvicos. Egan *et al.* (2019) discutiram, recentemente, a importância
1749 de estudos específicos sobre raças e disciplinas para categorizar variáveis
1750 lineares e temporais, servindo para melhorar a compreensão dos processos

1751 dolorosos que estão associados a diversas causas de claudicação e, assim,
1752 diferenciando assimetria funcional e alterações de andaduras relacionadas a
1753 processos álgicos. Para isso, é fundamental o estabelecimento de um banco de
1754 dados em uma categoria tão apreciada como a raça Crioula, definindo assim a
1755 importância do presente estudo. As atividades equinas relacionadas a esta raça,
1756 juntamente com os cavalos Quartos de Milha, representam 60,1% da população
1757 de animais registrada no Brasil, e geram cerca de 1,28 bilhão de reais por ano,
1758 desenvolvendo cerca de 200 mil empregos diretos e indiretos no país (MAPA,
1759 2016; Da Silva & Farias, 2017). Apresentar, pela primeira vez, o padrão das
1760 variáveis cinemáticas lineares, temporais e angulares dos principais andamentos
1761 realizados por esses indivíduos é fundamental para que futuros estudos
1762 científicos na raça possam avaliar alterações biomecânicas, fornecendo assim
1763 um feedback mais preciso à comunidade científica e aos profissionais envolvidos
1764 nesta atividade econômica.

1765 Apesar de compartilhar aptidões com cavalos de adestramento e de
1766 rédeas, pode-se dizer que o cavalo da raça Crioula é uma categoria única, muito
1767 apreciada cultural e economicamente, e que compete em provas multifatoriais,
1768 exigindo o máximo de sua capacidade atlética. O estabelecimento de valores
1769 cinemáticos das principais andaduras realizadas por esses indivíduos é inédito
1770 e de suma importância para futuras pesquisas, servindo de base científica para
1771 investigações que se aprofundem nas principais enfermidades locomotoras que
1772 acometem esses animais, em técnicas de treinamento e na predição de
1773 desempenho, na aplicação de terapias visando abreviar o retorno às atividades
1774 atléticas, na interação cavalo-cavaleiro e nos diferentes tipos de equipamentos

1775 de montaria utilizados nesta categoria, bem como os efeitos das diferentes
1776 superfícies equestres as quais os equinos da raça são submetidos.

1777

1778 **Conclusão**

1779 A análise cinemática de cavalos Crioulos revela a importância da definição
1780 de parâmetros quantitativos das andaduras. Estes dados fornecem informações
1781 valiosas para amplificar o treinamento e os cuidados destes indivíduos,
1782 destacando a necessidade contínua de investigação para compreender e
1783 maximizar a sua capacidade atlética e bem-estar.

1784

1785 **Agradecimentos**

1786 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de
1787 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de
1788 Financiamento 001.

1789

1790 **Referências**

1791

1792 ABCCC - Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulos. **ABCCC**
1793 **divulga resultados da Raça em 2021**. Rio Grande do Sul. 2020. Disponível em:
1794 <[https://www.cavalocrioulo.org.br/noticias/detalhes/136360/abccc-divulga-](https://www.cavalocrioulo.org.br/noticias/detalhes/136360/abccc-divulga-resultados-da-raca-em-2021)
1795 [resultados-da-raca-em-2021](https://www.cavalocrioulo.org.br/noticias/detalhes/136360/abccc-divulga-resultados-da-raca-em-2021)>. Acesso em: 21 abr. 2023.

1796

1797 ABREU, H. C. D., LA CÔRTE, D., DESESSARDS, F., Brass, K. E.,
1798 POMPERMAYER, E., LUZ, T. R. R. D., & GASPERI, D. D. **Lameness in athletic**
1799 **Criollo horses**. Ciência Rural, 41, 2114-2119. 2011.

- 1800
- 1801 BACK, W.; CLAYTON, H. M. **Equine locomotion**. Filadélfia: Elsevier Health
1802 Sciences. 2013.
- 1803
- 1804 BARREY, E. **Biomechanics of locomotion in the athletic horse**. Equine Sports
1805 Medicine and Surgery-Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete, 189-
1806 211. 2013.
- 1807
- 1808 BEEMAN, G. M. **Conformation of the horse: relationship of form to function**.
1809 In: Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners. AAEP,
1810 San Diego, CA. p. 63-68. 2008.
- 1811
- 1812 CLARK, J. M., ADANTY, K., POST, A., HOSHIZAKI, T. B., CLISSOLD, J.,
1813 MCGOLDRICK, A., ... & GILCHRIST, M. D. **Proposed injury thresholds for**
1814 **concussion in equestrian sports**. Journal of science and medicine in sport,
1815 23(3), 222-236. 2020.
- 1816
- 1817 CLAYTON, H. M. **Comparison of the stride kinematics of the collected,**
1818 **working, medium and extended trot in horses**. Equine Veterinary Journal,
1819 26(3), 230-234, 1994a.
- 1820
- 1821 CLAYTON, H. M. **Comparison of the collected, working, medium and**
1822 **extended canters**. Equine Veterinary Journal, 26(S17), 16-19, 1994b.
- 1823
- 1824 CLAYTON, H. M.; HOBBS, S. J. **The role of biomechanical analysis of horse**
1825 **and rider in equitation science**. Applied Animal Behaviour Science, 190, 123-
1826 132, 2017.
- 1827
- 1828 CUCCO, D. C., SALLES, E. L., SANTOS, M. R., FERREIRA, R., SORIANO, V.
1829 S., ZAMPAR, A., & KESSLER, J. D. **Freio de Ouro como ferramenta de**
1830 **seleção na raça Crioula**. Archivos de zootecnia, 65(250), 155-161. 2016.
- 1831

- 1832 DA SILVA, B. P.; FARIAS, C. V. S. **Cadeia de criação e comercialização do**
1833 **cavalo Crioulo no Rio Grande do Sul.** Revista Teoria e Evidência Econômica,
1834 23(48), 2017.
- 1835
- 1836 DALTO, R. **Freio de Ouro: uma história a cavalo.** Associação Brasileira de
1837 Criadores de Cavalos Crioulos, Santa Maria. 2006.
- 1838
- 1839 DEWOLF, A. H., IVANENKO, Y., ZELIK, K. E., LACQUANITI, F., & WILLEMS, P.
1840 **A. Kinematic patterns while walking on a slope at different speeds.** Journal
1841 of Applied Physiology, 125(2), 642-653. 2018.
- 1842
- 1843 ECKARDT, F.; WITTE, K. **Kinematic analysis of the rider according to**
1844 **different skill levels in sitting trot and canter.** Journal of Equine Veterinary
1845 Science, 39, 51-57, 2016.
- 1846
- 1847 EGAN, S.; BRAMA, P.; MCGRATH, D. **Research trends in equine movement**
1848 **analysis, future opportunities and potential barriers in the digital age: A**
1849 **scoping review from 1978 to 2018.** Equine veterinary journal, 51(6), 813-824,
1850 2019.
- 1851
- 1852 FEI - Federation Equestre Internationale. **Dressage Rules.** 2022. Disponível em:
1853 <https://inside.fei.org/sites/default/files/FEI_Dressage_Rules_2022_clean.pdf>.
1854 Acesso em: 20 abr. 2023.
- 1855
- 1856 GALISTEO, A. M., GARRIDO-CASTRO, J. L., MIRÓ, F., PLAZA, C., & MEDINA-
1857 CARNICER, R. **Assessment of a method to determine the stride phases in**
1858 **trotting horses from video sequences under field conditions.** Wiener
1859 Tierärztliche Monatsschrift, 97, 65-73. 2010.
- 1860
- 1861 HOGG, R. C.; HODGINS, G. A. **Symbiosis or sporting tool? Competition and**
1862 **the horse-rider relationship in elite equestrian sports.** Animals, 11(5), 1352.
1863 2021.
- 1864

- 1865 HOLDEN, L., POURCELOT, P., PEAUCELLE, M., FALALA, S., ROBIN, D.,
1866 CREVIER-DENOIX, N., & CHATEAU, H. **Comparison between accelerometer**
1867 **and kinematic techniques for the evaluation of hoof slip distance: a**
1868 **preliminary study.** *Comput. Methods Biomech. Biomed. Engin*, 13, 71-72. 2010.
- 1869 JANCZAREK, I., WIŚNIEWSKA, A., CHRUSZCZEWSKI, M. H., TKACZYK, E., &
1870 GÓRECKA-BRUZDA, A. **Social behaviour of horses in response to**
1871 **vocalisations of predators.** *Animals*, 10(12), 2331. 2020.
- 1872
- 1873 KARLAU, A., MOLINA, A., ANTONINI, A., & DEMYDA-PEYRÁS, S. **The**
1874 **influence of foreign lineages in the genetic component of reproductive**
1875 **traits in Criollo Argentino mares: A 30-year study.** *Livestock Science*, 267,
1876 105153. 2023.
- 1877
- 1878 KHUMSAP, S., CLAYTON, H. M., LANOVAZ, J. L., & BOUCHEY, M. **Effect of**
1879 **walking velocity on forelimb kinematics and kinetics.** *Equine Veterinary*
1880 *Journal*, 34(S34), 325-329. 2002.
- 1881
- 1882 KUHNKE, S., DUMBELL, L., GAULY, M., JOHNSON, J. L., MCDONALD, K., &
1883 VON BORSTEL, U. K. **A comparison of rein tension of the rider's dominant**
1884 **and non-dominant hand and the influence of the horse's laterality.**
1885 *Comparative Exercise Physiology*, 7(2), 57-63. 2010.
- 1886
- 1887 LEACH, D. H.; CRAWFORD, W. H. **Guidelines for the future of equine**
1888 **locomotion research.** *Equine Veterinary Journal*, 15(2), 103–110, 1983.
- 1889
- 1890 MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, Distrito
1891 Federal. **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo.** 2016.
1892 Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/equideocultura/anos-antiores/revisao-do-estudo-do-complexo-do-agronegocio-do-cavalo/view/>.
1893
1894
1895 Acesso em: 28 abr. 2023.
- 1896

- 1897 NEGRO, S., BARTOLOMÉ, E., MOLINA, A., SOLÉ, M., GÓMEZ, M. D., &
1898 VALERA, M. **Stress level effects on sport performance during trotting races**
1899 **in Spanish Trotter Horses**. Research in veterinary science, 118, 86-90. 2018.
1900
- 1901 PIMENTEL, A. M. H., SOUZA, J. R. M. D., BOLIGON, A. A., MOREIRA, H. L. M.,
1902 PIMENTEL, C. A., & MARTINS, C. F. **Biometric evaluation of Criollo horses**
1903 **participating in the Freio de Ouro competition, Brazil**. Revista Brasileira de
1904 Zootecnia, 47, e20170294. 2018a.
1905
- 1906 PIMENTEL, A. M. H., SOUZA, J. R. M. D., BOLIGON, A. A., MOREIRA, H. L. M.,
1907 RECHSTEINER, S. M. D. E. F., PIMENTEL, C. A., & MARTINS, C. F.
1908 **Association of morphometric measurements with morphologic scores of**
1909 **Criollo horses at Freio de Ouro: a path analysis**. Revista Brasileira de
1910 Zootecnia, 47. 2018b.
1911
- 1912 PUGLIESE, B. R., CARBALLO, C. T., CONNOLLY, K. M., MAZAN, M. R., &
1913 KIRKER-HEAD, C. A. **Effect of fatigue on equine metacarpophalangeal joint**
1914 **kinematics—a single horse pilot study**. Journal of equine veterinary science,
1915 86, 102849. 2020.
1916
- 1917 ROBILLIARD, J. J.; PFAU, T.; WILSON, A. M. **Gait characterisation and**
1918 **classification in horses**. Journal of Experimental Biology, 210(2), 187-197,
1919 2007.
1920
- 1921 ROBIN, C. **Validation and standardisation of a two-dimensional motion**
1922 **analysis technique to measure normal conformation and gait in Arabian**
1923 **horses**. 168 f. (Tese, School of Psychology) - University of Central Lancashire,
1924 Preston (Reino Unido), 2009.
1925
- 1926 ROEPSTORFF, C., DITTMANN, M. T., ARPAGAU, S., BRAGANÇA, F. M. S.,
1927 HARDEMAN, A., PERSSON-Sjödin, E., ... & WEISHAUPT, M. A. **Reliable and**
1928 **clinically applicable gait event classification using upper body motion in**
1929 **walking and trotting horses**. Journal of Biomechanics, 114, 110146. 2021.
1930

- 1931 ROONEY, J. R.; THOMPSON, K. N.; SHAPIRO, R. **A contribution to the study**
1932 **of velocity, stride length, and frequency in the horse.** Journal of Equine
1933 Veterinary Science, 11(4), 208-209. 1991.
- 1934
- 1935 SANDBERG, G. S.; TORRES, B. T.; BUDSBERG, S. C. **Review of kinematic**
1936 **analysis in dogs.** Veterinary Surgery, 49(6), 1088-1098, 2020.
- 1937
- 1938 SAPONE, M., MARTIN, P., BEN MANSOUR, K., CHATEAU, H., & MARIN, F. **The**
1939 **protraction and retraction angles of horse limbs: an estimation during**
1940 **trotting using inertial sensors.** Sensors, 21(11), 3792. 2021.
- 1941 SCHAMHARDT, H. C.; MERKENS, H. W. **Objective determination of ground**
1942 **contact of equine limbs at the walk and trot: comparison between ground**
1943 **reaction forces, accelerometer data and kinematics.** Equine Veterinary
1944 Journal, 26(S17), 75–79, 2010.
- 1945
- 1946 SUTHERLAND, D. H. **The evolution of clinical gait analysis: Part II**
1947 **Kinematics.** Gait & posture, 16(2), 159-179, 2002.
- 1948
- 1949 VERGARA-HERNANDEZ, F. B.; NIELSEN, B. D.; ROBISON, C. I.; FABUS, T. A.;
1950 KOMPARE, J. L.; LECOMPTE LAZIĆ, R. A.; COLBATH, A. C. **Average stride**
1951 **length and stride rate of Thoroughbreds and Quarter Horses during racing.**
1952 Translational Animal Science, 6(1), txab233. 2022.
- 1953
- 1954 VINO CUR, M. E., BRASS, K. E., RUBIN, M. I. B., & SILVA, C. A. M. **Genetic**
1955 **variability in the brazilian criollo horse breed.** Ciência Rural, 33, 137-142.
1956 2003.
- 1957
- 1958 WELLS, A. E. D.; BLACHE, D. **Horses do not exhibit motor bias when their**
1959 **balance is challenged.** Animal, 2(11), 1645-1650, 2008.
- 1960
- 1961 WITTE, T. H.; WILSON, A. M. **A kinematic analysis of the limbs of horses in**
1962 **motion.** J Exp Biol. 199(Pt 1):1-9, 1996.
- 1963
- 1964

1965

1966

1967

1968

1969

1970

1971

1972

1973

1974

1975

1976

1977

1978

CAPÍTULO 2: Cinemática das manobras de esbarrada e volta sobre patas de cavalos da raça Crioula competidores no Freio de Ouro

1979

1980

1981

1982

1983

1984

1985

1986

1987

1988

1989 **Resumo**

1990 A análise cinemática de variáveis lineares, temporais e angulares de andaduras
1991 como passo, trote, canter e galope já estão bem estabelecidas na literatura;
1992 porém, para manobras como esbarrada e volta sobre patas, semelhantes ao
1993 *sliding stop* e *spin*, há ausência de quantificação detalhada utilizando técnicas
1994 de videografia. Dentro desse contexto, o objetivo foi de apresentar, através da
1995 cinemática, os movimentos de esbarrada e volta sobre patas e determinar se
1996 existe associação da goniometria estática na dinâmica dos movimentos. A
1997 análise cinemática foi realizada em 31 cavalos da raça Crioula, em treinamento
1998 e competição na modalidade equestre Freio de Ouro. Foram posicionados 30
1999 marcadores retrorrefletivos nas protuberâncias ósseas dos segmentos
2000 apendiculares e na face axial dos animais. Foram obtidos vídeos em câmera
2001 lenta de ambas as manobras. Utilizando o software Quintic Biomechanics v33
2002 foram medidos o comprimento, o tempo e a velocidade da esbarrada, bem como
2003 os ângulos de protração dos membros anteriores e posteriores e medidas
2004 angulares da cabeça e articulações de cada membro. Durante a volta sobre
2005 patas foram obtidos os tempos de cada momento observados nas diferentes
2006 séries e o tempo total da manobra, bem como o tempo de suspensão de ambos
2007 os membros torácicos, tempo de apoio e suspensão de cada membro e ângulos
2008 de abdução e adução. Para as variáveis foram obtidos o valor médio e o desvio
2009 padrão entre os lados direito e esquerdo. Para a manobra de esbarrada foi
2010 realizada análise de regressão entre os ângulos estáticos, previamente medidos,
2011 e os valores de protração dos membros torácicos e pélvicos. A significância foi
2012 estabelecida em $p \leq 0,05$. A esbarrada apresentou comprimento de $4,28 \pm 0,99$ m
2013 durante $1,15 \pm 0,11$ s e velocidade de $3,77 \pm 0,55$ m/s. Em termos de variáveis
2014 cinemáticas angulares, o ângulo da cabeça foi de $81,47 \pm 6,91^\circ$, com ângulos de
2015 protração de $27,06 \pm 2,81^\circ$ e $32,99 \pm 4,22^\circ$ para os membros torácicos e pélvicos,
2016 respectivamente. Os valores angulares das articulações dos membros torácicos
2017 foram $117,68 \pm 6,44^\circ$ (ombro), $130,19 \pm 6,52^\circ$ (cotovelo), $180,87 \pm 3,40^\circ$
2018 (antebraquiocárpico) e $220,29 \pm 6^\circ$, 42° (boleto do membro anterior). Quanto
2019 aos membros pélvicos, os valores quantitativos foram $123,73 \pm 5,73^\circ$
2020 (lombossacral), $86,63 \pm 4,95^\circ$ (quadril), $143,25 \pm 9,16^\circ$ (joelho) e $131,81 \pm 9,99^\circ$
2021 (tarsocrural). Não houve regressão entre ângulos estáticos e protração torácica
2022 e pélvica ($p > 0,05$). Na volta sobre patas o tempo no momento 1 foi de $9,20 \pm$
2023 $1,43$ s, com suspensão torácica de $0,81 \pm 0,33$ s e no momento 2 ambos os
2024 valores foram de $9,23 \pm 1,88$ s e $0,83 \pm 0,34$ s, respectivamente. Além disso, os
2025 tempos estabelecidos diferiram nos dois momentos (M1, $p = 0,023$; M2, $p <$
2026 $0,001$), assim como o tempo de suspensão simultânea dos membros torácicos
2027 ($p = 0,013$ e $0,023$, respectivamente). Por fim, os tempos de suporte ($2,56 \pm$
2028 $0,27$ s, $2,62 \pm 0,32$ s, $2,89 \pm 0,58$ s, $2,71 \pm 0,40$) e suspensão ($1,91 \pm 0,59$ s $1,97 \pm$
2029 $0,63$ s, $1,68 \pm 0,67$ s, $1,84 \pm 0,57$ s), também como ângulos de abdução ($12,33 \pm$
2030 $4,25^\circ$, $15,40 \pm 4,66^\circ$, $9,42 \pm 3,11^\circ$, $9,85 \pm 4,41^\circ$) e adução ($16,65 \pm 4,94^\circ$, $12,86$
2031 $\pm 4,39^\circ$, $11,37 \pm 8,16^\circ$, $8,65 \pm 2,98^\circ$). obtido para cada membro. Este estudo
2032 apresenta uma nova abordagem metodológica para análise cinemática das
2033 manobras de esbarrada e volta sobre patas em cavalos da raça Crioula que
2034 competem em Freio de Ouro, bem como para movimentos homólogos. A
2035 goniometria estática não se correlaciona com os ângulos de protração dos
2036 membros torácicos e pélvicos durante a esbarrada. Na manobra de volta sobre
2037 patas, a segunda série de giros dura mais tempo, com maior suspensão de

2038 ambos os membros torácicos, refletindo práticas de nível competitivo nesta
2039 disciplina equestre através da determinação de valores baseados em videografia
2040 a partir de padrões reais de movimento.

2041

2042 **Introdução**

2043

2044 Os esportes equestres foram tradicionalmente centrados em modalidades
2045 clássicas como salto, adestramento e prova de *cross-country* ao longo da
2046 história, e vêm expandindo seu escopo para disciplinas mais especializadas e
2047 com alto apelo cultural em nível internacional. A inclusão de novas modalidades
2048 não apenas diversificou a oferta, mas também ampliou a tecnificação e
2049 profissionalização das atividades equestres com foco em raças com aptidões
2050 específicas ao redor do mundo, desde a revolução industrial nos meados do
2051 século XIX (Gilbert & Gillett, 2012). Adelman & Thompson (2017) descreveram
2052 que a equinocultura acompanha as transformações sociais importantes
2053 introduzidas pela pós-modernidade, afetando igualmente os cenários globais e
2054 locais nos âmbitos cultural e econômico relacionados à espécie.

2055 Dentro da variedade de raças que demonstram grande aptidão na prática
2056 de esportes equestres, na América do Sul destaca-se a raça Crioula, que
2057 compreende animais que foram geneticamente selecionados e modificados ao
2058 longo das décadas, estabelecendo assim um padrão racial. Segundo a ABCCC
2059 (2015), o indivíduo dessa raça é um equino harmonioso e equilibrado e derivam
2060 dos cavalos Andaluz espanhóis introduzidos na América Latina, que começaram
2061 a ser domesticados, selecionados e transformados graças a diversos
2062 cruzamentos (Galvão, 1963; Downtall, 1982). Pesando entre 400 e 450 quilos,
2063 as fêmeas devem ter altura mínima de 1,38 metros e máxima de 1,48 metros,

2064 enquanto os machos encontram-se entre 1,40 e 1,50 metros. Sua estrutura inclui
2065 cernelha destacada moderadamente, dorso e lombo musculosos, e sua garupa
2066 moderadamente larga e comprida, levemente inclinada para facilitar a descida
2067 muscular nos movimentos pélvicos (Vilanova & Prado, 2007).

2068 Inseridos no contexto equestre da América do Sul, os animais dessa raça
2069 participam de 14 eventos de caráter competitivo, sendo o Freio de Ouro a
2070 modalidade de destaque, possuindo grande relevância no processo seletivo da
2071 raça Crioula e impacto na seleção desse grupo genético (Cardoso, 2022). É uma
2072 competição que destaca a versatilidade e as habilidades dos equinos, com
2073 ênfase especial nas andaduras e em manobras que expressam aptidão no
2074 trabalho com gado (Amaral, 2012). Dentro dessas manobras, estão a esbarrada,
2075 que evidencia destreza e agilidade do cavalo ao frear abruptamente para alterar
2076 o sentido do deslocamento, e a volta sobre patas, composta de lateroflexões do
2077 eixo axial que exigem coordenação e equilíbrio do conjunto cavalo-cavaleiro,
2078 sendo características funcionais de grande impacto na avaliação do
2079 desempenho, temperamento e habilidade individual do animal (De Souza, 2013).
2080 Na rotina campeira, essa exigência física é demandada, principalmente, quando
2081 há a fuga de um bovino em um rebanho, onde o equino necessita parar de forma
2082 ágil e rápida, trocar de sentido e trazer o animal para junto do coletivo. A
2083 apreciação desses movimentos não apenas ressalta a tradição cultural, mas
2084 contribui para a seleção e preservação das características intrínsecas da raça
2085 Crioula, aliado à preservação cultural da função do trabalho exercido pelo cavalo
2086 em fazendas de criação de gado (Cucco *et al.*, 2016). Em 2022, o evento foi
2087 reconhecido como manifestação da cultura nacional no Brasil, através da Lei nº
2088 14.394. Para chegar até o evento final, os cavalos e seus cavaleiros necessitam

2089 passar por provas classificatórias em diferentes regiões geográficas do sul da
2090 América Latina, ocorrendo em etapas morfológicas e funcionais, sendo estas de
2091 rédeas, apartação e manejo com gado, exigindo o máximo de suas capacidades
2092 atléticas, com exercícios de alta intensidade desde seus treinamentos (Abreu *et*
2093 *al.*, 2011; Silveira *et al.*, 2020).

2094 Animais dessa raça também competem em nível internacional, como em
2095 *reining*. Esses movimentos específicos são realizados nessa competição e,
2096 apesar de haver manobras homólogas a essas (e.g. *sliding stop*), não há estudos
2097 cinemáticos descritivos, quantitativos e da influência da morfologia na esbarrada
2098 e volta sobre patas na literatura mundial de biomecânica. Pimentel *et al.* (2018)
2099 observaram que as medidas morfométricas lineares e angulares de equinos da
2100 raça explicaram 83% da variação no escore morfológico de cavalos Crioulos no
2101 contexto do Freio de Ouro, com destaque para o comprimento e circunferência
2102 do pescoço, ângulo da garupa, circunferência torácica, largura do ombro,
2103 comprimento da garupa, metatarso e do corpo, e ângulo do ombro como as
2104 variáveis de maior influência, demonstrando a associação significativa entre
2105 esses caracteres com a avaliação subjetiva dos juízes na análise morfológica.
2106 Porém, não há estudos que associem essa mensuração goniométrica com a
2107 dinâmica de andaduras e manobras como a esbarrada e volta sobre patas.
2108 Dentro desse contexto, o objetivo do presente estudo é apresentar , através da
2109 cinemática, os movimentos de esbarrada e volta sobre patas e determinar se há
2110 relação da goniometria estática com a dinâmica dos movimentos.

2111

2112 **Metodologia**

2113 *Delineamento do estudo*

2114 Todos os procedimentos realizados foram aprovados pelo Comissão de
2115 Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel),
2116 sob registro 51839-2019.

2117 O processamento e análise dos vídeos coletados foi realizado na *School*
2118 *of Equine and Veterinary Physiotherapy*, pertencente à *Writtle University College*,
2119 no Reino Unido.

2120 *Design experimental*

2121 Foram avaliados 31 cavalos da raça Crioula (*Equus caballus*), com idade
2122 entre 5 e 10 anos, sendo 22 machos e 9 fêmeas, com peso médio de $428,41 \pm$
2123 $24,47\text{kg}$ e altura na cernelha de $1,42 \pm 0,01\text{m}$. Esses indivíduos foram oriundos
2124 de 10 centros de treinamento da microrregião de Pelotas, no sul do estado do
2125 Rio Grande do Sul, Brasil. Todos os cavalos selecionados eram treinados e
2126 competidores da disciplina Freio de Ouro. A rotina de treinamento desses
2127 indivíduos consistia, durante um período mínimo de dois anos, a uma rotina
2128 semanal de exercícios, alternando entre caminhadas e trotes de 10 minutos de
2129 duração cada e exercício de canter de mesma duração, com caminhadas de
2130 desaquecimento para estabilizar a frequência cardíaca para limites fisiológicos.
2131 Cada centro de treinamento possui seu próprio cavaleiro responsável pelos
2132 treinamentos e executa rotinas semelhantes por, no mínimo, cinco vezes por
2133 semana. O regulamento da competição permite animais de qualquer faixa etária
2134 e gênero, classificando o mesmo número de machos e fêmeas para a etapa final.

2135 As coletas foram realizadas em centros de treinamento equestre no
2136 período de junho de 2022. Todos os animais foram submetidos às mesmas

2137 condições experimentais e ambientais previamente definidas. Previamente à
2138 análise cinemática, os equinos foram submetidos a um exame clínico específico
2139 do sistema locomotor para determinar o estado de saúde da amostra
2140 populacional. . A avaliação foi realizada por um clínico experiente, que constatou
2141 grau 0 na escala AAEP (*American Association of Equine Practitioners*) referente
2142 à presença de claudicação nos animais a serem testados. Todos os indivíduos
2143 foram considerados hígidos, sem presença de claudicação ou outras
2144 enfermidades musculoesqueléticas.

2145

2146 *Coleta de dados cinemáticos*

2147 A análise cinemática foi realizada utilizando a técnica de videografia 2D
2148 segundo Robin (2009). Trinta marcadores retrorreflexivos (30mm de diâmetro)
2149 foram posicionados e fixados com fita dupla-face pelo mesmo operador nos
2150 lados direito e esquerdo dos animais, na região anatômica referente às
2151 protuberâncias ósseas do terço médio da crista facial, borda lateral da asa do
2152 atlas (C1), dorsal ao processo espinhoso da primeira vértebra sacral (S1) e nas
2153 eminências anatômicas que se projetam superficialmente de cada membro:
2154 Membros Torácicos - Tuberosidade da espinha (escápula), porção cranial do
2155 tubérculo maior (úmero), tuberosidade lateral na inserção do ligamento colateral
2156 lateral da articulação do cotovelo (rádio), processo estiloide (ulna), ligamento
2157 colateral lateral do boleto (III metacarpo), margem da coroa do casco no eixo
2158 podofalangeano (falange média); Membros posteriores - Tuberosidade coxal
2159 (ílio), trocânter maior (fêmur), côndilo lateral (tíbia), maléolo lateral (fíbula),

2160 ligamento colateral lateral do boleto (III metatarso), margem da coroa no eixo
2161 podofalangeano (falange média).

2162 O campo de estudo teve 10 metros de comprimento e 3 metros de largura,
2163 sendo demarcado por cones para fácil identificação. Lateralmente, havia área
2164 para permitir a desaceleração e o reposicionamento dos animais. Foi utilizada
2165 uma câmera de alta velocidade com 240fps e resolução de 1280x550, nivelada
2166 horizontalmente por um tripé fixo de 1 metro de altura e posicionada a 10 metros
2167 do centro da plataforma. Uma luz LED de 72W também foi posicionada acima da
2168 câmera para ativar a refletividade dos marcadores colocados nos indivíduos.
2169 Exatamente no centro do campo, foi colocada uma régua de 1 metro nas
2170 posições horizontal e vertical para calibração do sistema. Esta configuração foi
2171 padrão para todos os centros de treinamento, sendo reproduzida igualmente em
2172 cada local.

2173 . Antes da coleta de dados, foi realizado aquecimento a passo e trote
2174 durante período de 10 minutos. Em seguida, os cavaleiros conduziram os
2175 animais em linha reta exatamente até o centro do campo de estudo, partindo de
2176 um ponto localizado à 20m de distância. Foram obtidos dois vídeos em câmera
2177 lenta, bilateralmente de cada cavalo, durante os movimentos de esbarrada e
2178 volta sobre patas, com parada perpendicular à câmera. Após a coleta, os vídeos
2179 foram processados e analisados utilizando o sistema de análise de movimento
2180 2D Quintic Biomechanics® v33, onde as variáveis obtidas foram testadas e
2181 quantificadas.

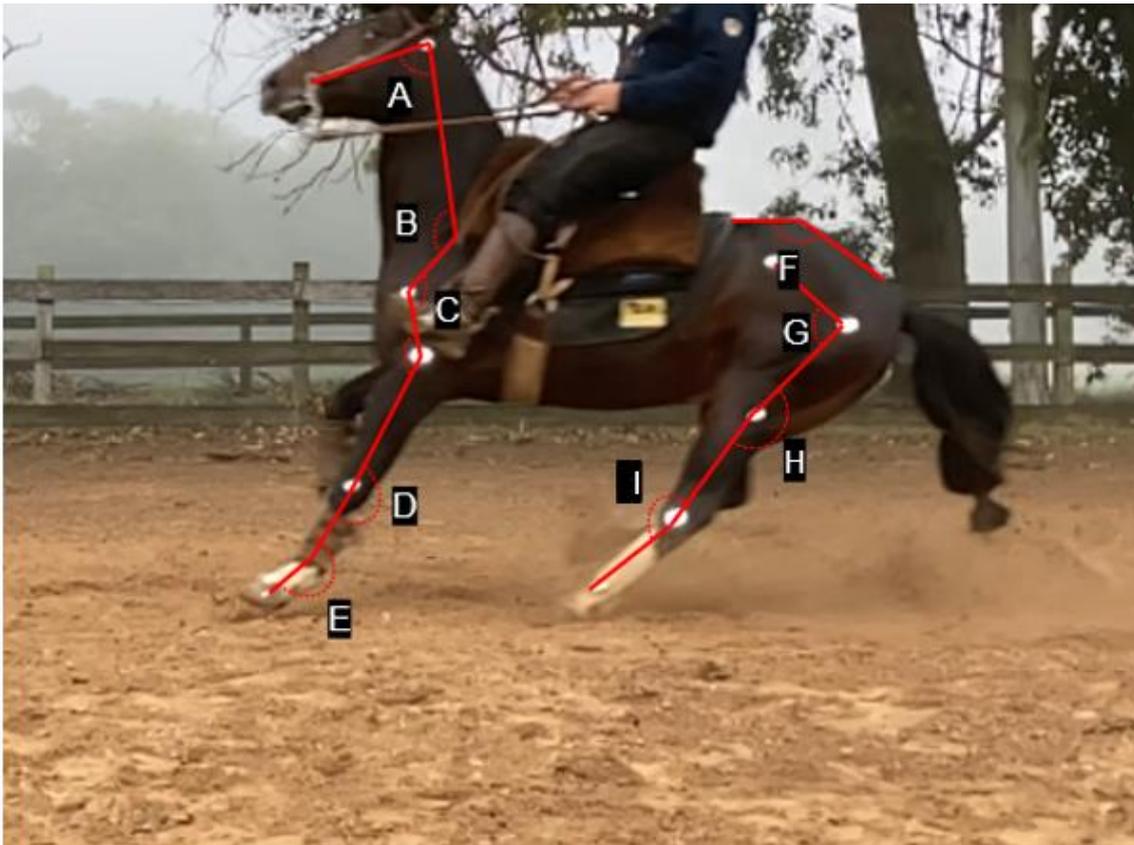
2182

2183 *Variáveis cinemáticas*

2184 **Movimento de Esbarrada**

2185 As variáveis analisadas durante o movimento da esbarrada
2186 compreenderam valores temporais, lineares e angulares, sendo mensuradas
2187 individualmente para os membros torácicos e pélvicos de ambos os lados, bem
2188 como nos segmentos vertebrais. Inicialmente, foram realizadas mensurações de
2189 comprimento (m) e duração da esbarrada (s), com base no primeiro *frame* de
2190 contato do(s) membro(s) pélvico(s) no solo até a parada completa do
2191 deslizamento. Logo após, foi realizada a relação comprimento/duração para
2192 determinar a velocidade da esbarrada.

2193 Por fim, as variáveis angulares investigadas consistiram no ângulo de
2194 protração (°) dos membros torácicos e pélvicos no momento do engajamento
2195 desses segmentos para a manobra (Figura 2). Aliado a isso, nesse mesmo
2196 momento também foi aferido o ângulo da cabeça, entre o ponto central da asa
2197 do atlas, com vértices entre a crista facial e o marcador escapular, bem como de
2198 cada articulação dos membros torácicos (escapuloumeral, umeroradioulnar,
2199 antebraquiocarpal e metacarpofalangeana) e pélvicos (lombossacral,
2200 coxofemoral, femurotibiopatelar e tarsocrural). A mensuração angular referente
2201 à articulação metatarsofalangeana não foi inserida no estudo pela
2202 impossibilidade causada devido aos artefatos nas imagens oriundos da presença
2203 de areia durante a execução da manobra pelos animais.



2204

2205 **Figura 2.** Momento do engajamento de membros pélvicos antes do contato
 2206 casco-solo durante a execução da manobra de esbarrada em cavalos Crioulos
 2207 competidores do Freio de Ouro, com a representação dos ângulos cinemáticos
 2208 analisados: ângulo da cabeça (A), art. escapuloumeral (B), art. umeroradioulnar
 2209 (C), art. antebraquiocarpal (D), art. metacarpofalangeana (E), art. lombossacral
 2210 (F), art. coxofemoral (G), art. femurotibiopatelar (H) e art. tarsocrural (I).

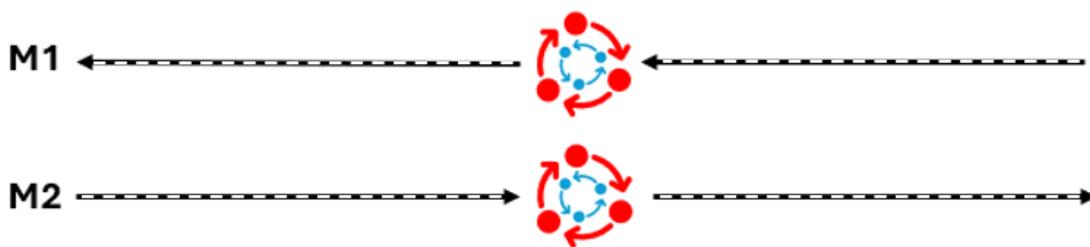
2211

2212 Para definir as influências da goniometria articular durante a manobra de
 2213 esbarrada, mensurou-se como base os valores em estação das articulações
 2214 supracitadas, onde as médias encontradas foram: art. escapuloumeral $112,35 \pm$
 2215 $11,37^\circ$; art. umeroradioulnar $139,65 \pm 13,14^\circ$; art. antebraquiocárpica $183,26 \pm$
 2216 $4,72^\circ$; art. metacarpofalangeana $214,33 \pm 13,68^\circ$; cabeça $107,47 \pm 9,88^\circ$; art.
 2217 lombossacral $128,40 \pm 13,06^\circ$; art. coxofemoral $99,40 \pm 8,95^\circ$; art.
 2218 femurotibiopatelar $154,68 \pm 11,96^\circ$ e art. tarsocrural $154,73 \pm 7,86^\circ$.

2219

2220 **Movimento de Volta sobre patas**

2221 Para a manobra de volta sobre patas, foram mensuradas variáveis
2222 angulares e temporais, devido à impossibilidade de se obter medidas lineares
2223 pela característica tridimensional do movimento. No presente estudo, o
2224 movimento de volta sobre patas consistiu em um Conjunto 1, de pares de giros
2225 completos de 360° e subsequentes para o mesmo lado (VSP1), seguido por
2226 outro Conjunto 2, consistindo dois giros contralaterais (VSP2), e em momentos
2227 distintos (M1 e M2), totalizando assim, quatro repetições com oito giros (Figura
2228 3). Foi obtido o tempo (s) de cada conjunto de giros nos dois momentos.
2229 Concomitante a isso, foi avaliado o tempo médio de voo de ambos os membros
2230 torácicos simultâneos em cada conjunto de giros.



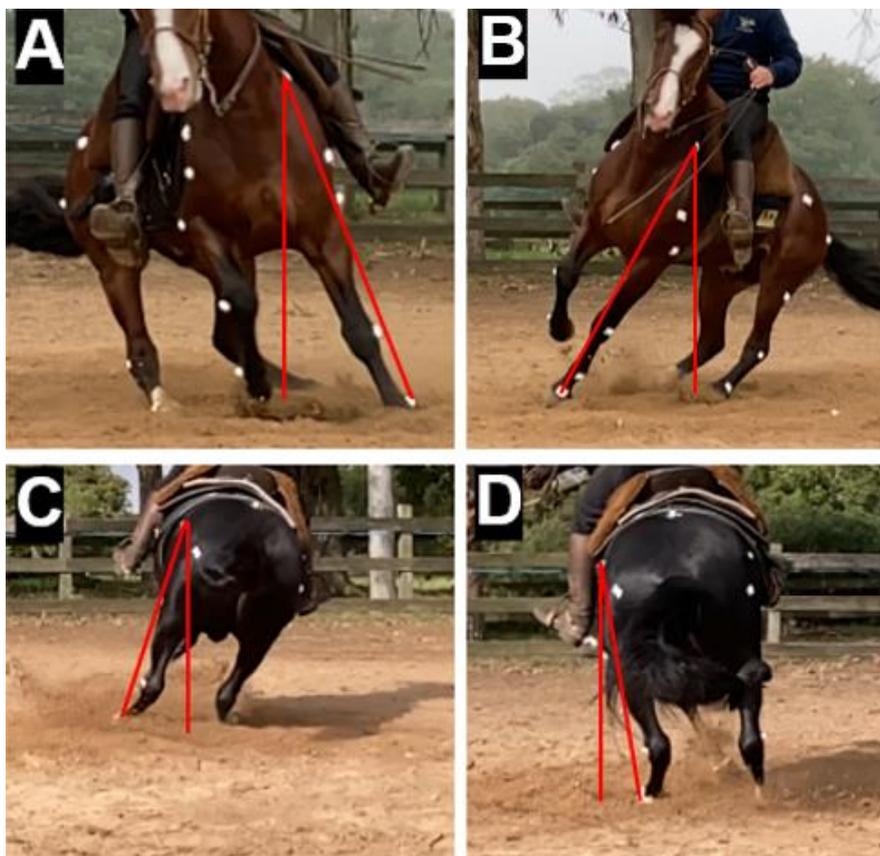
2231

2232 **Figura 3.** Desenho esquemático representando os dois momentos (M1 e M2)
2233 onde foram analisados os movimentos de volta sobre patas, sendo o conjunto 1
2234 (VSP1 - vermelho) o primeiro par de giros para o mesmo lado e o conjunto 2
2235 (VSP2 - azul) o par de voltas contralaterais (os tamanhos dos círculos e setas
2236 são apenas ilustrativos e não traduzem a circunferência realizada pelos animais).

2237

2238 Também, foram obtidos os tempos de apoio e suspensão de cada membro
2239 torácico e pélvico durante o percurso de uma volta inteira. Por fim, foram aferidos
2240 os ângulos de adução e abdução dos membros torácicos e pélvicos quando
2241 perpendiculares à câmera. Para determinação dos parâmetros quantitativos
2242 dessas variáveis, foram observados os dois conjuntos no mesmo momento (M1)
2243 e assumida a média dos valores dos membros torácicos e pélvicos no lado

2244 externo do giro (MTE e MPE, respectivamente) e dos membros contralaterais,
2245 no lado interno da volta, onde foram denominados como membro torácico interno
2246 ao giro (MTI) e membro pélvico pivô (MPP) – este, pela sua característica de
2247 servir como eixo de suporte durante a volta. Nos membros torácicos, esses
2248 ângulos foram mensurados no vértice entre uma linha vertical e outra linha reta
2249 do marcador escapular ao da art. metacarpofalangeana; já nos membros
2250 pélvicos, foi realizada mensuração semelhante, e a linha reta no segmento foi
2251 compreendida entre o marcador referente à tuberosidade coxal e a art.
2252 metatarsofalangeana (Figura 4).



2253

2254 **Figura 4.** Ângulos de mensuração dos movimentos de abdução e adução dos
2255 membros torácicos (A e B, respectivamente) e membros pélvicos (C e D,
2256 respectivamente) em cavalos Crioulos competidores do Freio de Ouro durante o
2257 movimento de Volta sobre patas.

2258

2259 Todas as análises compreenderam *frames* escolhidos onde o animal
2260 estava mais próximo do centro do campo de estudo, para evitar erros de
2261 perspectiva e paralaxe.

2262

2263 *Análise estatística*

2264 Para cada variável cinemática, foram considerados os valores médios e
2265 desvio padrão entre os vídeos coletados de cada lado durante a realização das
2266 manobras e, posteriormente, adotado o valor médio entre os lados direito e
2267 esquerdo para a estatística descritiva. Visando a comparação entre as variáveis
2268 angulares estáticas e dinâmicas durante a esbarrada, estas foram submetidas à
2269 análise de regressão linear múltipla com os dados goniométricos estáticos e os
2270 ângulos de protração nos membros torácicos e pélvicos. Nas variáveis temporais
2271 da volta sobre patas, foram comparados os tempos totais do primeiro e segundo
2272 conjuntos de voltas sobre patas para determinar a variação em função do tempo
2273 nos dois momentos, bem como o tempo de suspensão simultânea dos membros
2274 torácicos. Inicialmente, os dados foram testados quanto à sua normalidade
2275 através do teste de Shapiro Wilk. Para os dados paramétricos, as médias foram
2276 comparadas através do teste T pareado, enquanto os não-paramétricos foram
2277 analisados pelo teste de Wilcoxon. Para todas as hipóteses, foi assumido o valor
2278 de $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software
2279 SPSS® IBM v20. Valores descritivos das médias finais e desvio padrão (DP) de
2280 todas as variáveis, com exceção dos tempos totais e de suspensão torácica
2281 simultânea dos conjuntos de volta sobre patas, foram obtidos para cada membro
2282 torácico e pélvico.

2283 **Resultados**

2284

2285 As estatísticas descritivas das variáveis cinemáticas da esbarrada e volta
2286 sobre patas dos 31 animais inseridos nos estudos estão demonstradas a seguir.

2287

2288 *Esbarrada*

2289 A esbarrada apresentou comprimento de $4,28 \pm 0,99\text{m}$, com duração de
2290 $1,15 \pm 0,11\text{s}$ e velocidade de $3,77 \pm 0,55\text{m/s}$. Nas variáveis cinemáticas
2291 angulares, o ângulo da cabeça foi de $81,47 \pm 6,91^\circ$, com ângulos de protração
2292 de $27,06 \pm 2,81^\circ$ e $32,99 \pm 4,22^\circ$, para membros torácicos e pélvicos
2293 respectivamente. Nenhuma associação significativa foi determinada entre a
2294 goniometria estática e os ângulos de protração dos segmentos torácicos e
2295 pélvicos durante o momento de engajamento dos membros ($p > 0,05$). Os
2296 valores descritivos angulares das articulações para cada membro torácico e
2297 pélvico, bem como o valor médio total, estão descritos nas Tabelas 5 e 6.

2298 **Tabela 5.** Ângulos das articulações dos membros torácicos direito e esquerdo de
2299 cavalos da raça Crioula competidores do Freio de Ouro durante o engajamento
2300 na manobra de esbarrada.

Articulação	Membro		Média bilateral	Média estática
	MTD	MTE		
Escapuloumeral	$116,04 \pm 10,78$	$119,20 \pm 13,43$	$117,68 \pm 6,44$	$112,35 \pm 11,37$
Umerorádioulnar	$129,85 \pm 9,94$	$130,42 \pm 14,71$	$130,19 \pm 6,52$	$139,65 \pm 13,14$
Antebraquiocárpica	$179,70 \pm 4,87$	$182,00 \pm 5,32$	$180,87 \pm 3,40$	$183,26 \pm 4,72$
Metacarpofalangeana	$220,14 \pm 10,96$	$220,43 \pm 10,93$	$220,29 \pm 6,42$	$214,33 \pm 13,68$

2301 Os resultados estão expressos em média \pm desvio padrão da média (DP). MTD: Membro torácico
2302 direito ($^\circ$); MTE: membro torácico esquerdo ($^\circ$). N = 31.

2303

2304 **Tabela 6.** Ângulos das articulações dos membros pélvicos direito e esquerdo de
 2305 cavalos da raça Crioula competidores do Freio de Ouro durante o engajamento
 2306 na manobra de esbarrada.

Articulação	Membro		Média	Média estática
	MPD	MPE	bilateral	
Lombossacral	121,34 ± 9,51	126,12 ± 9,37	123,73 ± 5,73	128,40 ± 13,06
Coxofemoral	86,38 ± 8,95	86,87 ± 8,22	86,63 ± 4,95	99,40 ± 8,95
Femurotibiopatelar	143,51 ± 9,32	142,98 ± 8,99	143,25 ± 9,16	154,68 ± 11,96
Tarsocrural	131,93 ± 13,81	131,69 ± 13,53	131,81 ± 9,99	154,73 ± 7,86

2307 Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão da média (DP). MPD: Membro pélvico
 2308 direito (°); MPE: membro pélvico esquerdo (°). N = 31.

2309

2310 *Volta sobre patas*

2311 A seguir, estão dispostos os dados médios das variáveis cinemáticas
 2312 temporais e angulares da manobra volta sobre patas (Tabela 7). Os tempos dos
 2313 conjuntos de voltas diferiram em ambos os momentos (M1, p = 0,023; M2, p <
 2314 0,001), bem como o tempo de suspensão simultânea dos membros torácicos (p
 2315 = 0,013 e 0,023, respectivamente).

2316 **Tabela 7.** Variáveis cinemáticas temporais das voltas sobre patas de cavalos
 2317 Crioulos em treinamento para o Freio de Ouro.

Variável	Volta					
	VSP1(M1)	VSP2(M1)	Total M1	VSP1(M2)	VSP2(M2)	Total M2
Duração	4,47 ±	4,73 ±	9,20 ±	4,52 ±	4,71 ±	9,23 ±
total	0,62 ^A	0,81 ^B	1,43	0,89 ^a	0,99 ^b	1,88
Suspensão	0,39 ±	0,42 ±	0,81 ±	0,41 ±	0,42 ±	0,83 ±
torácica	0,17 ^A	0,16 ^B	0,33	0,18 ^a	0,16 ^b	0,34

2318 Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão da média (DP). VSP1(M1): Conjunto
 2319 1 de voltas sobre patas no M1 (s). VSP2(M1): Conjunto 2 de voltas sobre patas no M1 (s).
 2320 VSP1(M2): Conjunto 1 de voltas sobre patas no M2 (s). VSP2(M2): Conjunto 2 de voltas sobre
 2321 patas no M2 (s). Suspensão torácica: tempo total (s) de ambos os membros torácicos na fase de
 2322 voo. Letras diferentes (A, B e a, b) na mesma linha dentro de cada momento indicam diferenças
 2323 significativas (p < 0,05). N= 31.
 2324

2325 Os valores cinemáticos das variáveis tempo de apoio, suspensão, ângulos
 2326 de adução e abdução dos membros torácicos e pélvicos foram mensurados para
 2327 cada lado da manobra volta sobre patas (Tabela 8).

2328

2329 **Tabela 8.** Tempos das fases de apoio e suspensão e ângulos de adução e
 2330 abdução dos membros de cavalos Crioulos em treinamento para o Freio de Ouro
 2331 durante a manobra Volta sobre patas.

Fase	Membros			
	MTI	MTE	MPP	MPE
Apoio	2,56 ± 0,27	2,62 ± 0,32	2,89 ± 0,58	2,71 ± 0,40
Suspensão	1,91 ± 0,59	1,97 ± 0,63	1,68 ± 0,67	1,84 ± 0,57
Movimento				
Abdução	12,33 ± 4,25	15,40 ± 4,66	9,42 ± 3,11	9,85 ± 4,41
Adução	16,65 ± 4,94	12,86 ± 4,39	11,37 ± 8,16	8,65 ± 2,98

2332 Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão da média (DP). MTI: membro torácico
 2333 interno ao giro; MTE: membro torácico externo ao giro; MPP: membro pélvico pivô; MPE: membro
 2334 pélvico externo ao giro. Apoio: tempo total de apoio do membro durante um conjunto de voltas
 2335 sobre patas (s). Suspensão: tempo total de suspensão do membro durante um conjunto de voltas
 2336 sobre patas (s). Abdução: ângulo máximo de abdução do membro perpendicular à câmera (°).
 2337 Adução: ângulo máximo de adução do membro perpendicular à câmera (°). N= 31.
 2338

2339 **Discussão**

2340 *Esbarrada*

2341 A manobra de esbarrada é complexa e consiste em uma parada abrupta
 2342 do cavalo em alta velocidade, simbolizando a resposta instantânea à condução
 2343 do cavaleiro (Seib *et al.*, 2013). O animal faz a aproximação através de um
 2344 galope, em espaço físico que compreende cerca de 20 metros. Os resultados
 2345 encontrados demonstram que o animal desliza em uma distância $4,28 \pm 0,99$ m
 2346 com tempo de $1,15 \pm 0,11$ s no primeiro momento de contato com a superfície. A

2347 velocidade é decrescente pela desaceleração que o movimento promove,
2348 podendo variar em função dos fatores intrínsecos de diferentes superfícies
2349 equestres, como força de cisalhamento, profundidade e material de composição
2350 da pista (Crevier-Denoix *et al.*, 2013; Northrop *et al.*, 2013).

2351 A manobra de esbarrada inicia com ventroflexão da articulação
2352 lombossacral, atingindo valores angulares médios de $123,73 \pm 5,73^\circ$, permitindo
2353 engajamento dos membros pélvicos ventralmente ao tronco, que protraem $32,99$
2354 $\pm 4,22^\circ$ devido à ação flexora nas articulações proximais desse segmento (Neves
2355 *et al.*, 2016). Os dados cinemáticos no presente estudo caracterizam
2356 quantitativamente a padronização da manobra de esbarrada. Nos animais
2357 avaliados, esse movimento foi executado com aspectos biométricos dinâmicos
2358 distintos, com características particularmente dessemelhantes quando
2359 comparados com grupos genéticos em modalidades esportivas similares (e.g.
2360 Quarto de Milha), como pescoço ereto e flexão na região atlantooccipital,
2361 atingindo índices médios de $81,47 \pm 6,91^\circ$, possibilitando dorsoflexão da coluna
2362 para engajamentos dos membros pélvicos na manobra de esbarrada. Pode-se
2363 verificar que a protração dos membros torácicos é facilitada pela ação extensora
2364 nas articulações desses segmentos, com média bilateral da art. escapuloumeral
2365 de $117,68 \pm 6,44^\circ$, $130,19 \pm 6,52^\circ$ para art. umeroradioulnar e de $180,87 \pm 3,40^\circ$
2366 para a art. antebraquiocárpica e, $220,29 \pm 6,42^\circ$ na art. metacarpofalangeana.
2367 Esses valores objetivos quantitativos indicam atividade extensora no membro,
2368 permitindo protração como um todo do membro de $27,06 \pm 2,81^\circ$ para a
2369 estabilização dos membros torácicos durante o deslizamento. Numericamente,
2370 os membros pélvicos apresentaram protração de $32,99 \pm 4,22^\circ$, comparados aos
2371 $27,06 \pm 2,81^\circ$ observados em membros torácicos na execução da manobra de

2372 esbarrada. Esses valores dinâmicos caracterizam que o grau de protração
2373 pélvica é diretamente relacionado a ações de flexão principalmente coxofemoral,
2374 facilitando o engajamento do membro na região ventral ao abdômen.

2375 Apesar da variabilidade na morfometria dos animais utilizados neste
2376 estudo registrados em estação, não foram observadas associações significativas
2377 ($p > 0,05$) com os valores cinemáticos de protração dos membros torácicos e
2378 pélvicos, indicando que fatores extrínsecos como treinamento, condicionamento
2379 físico e experiência do treinador/cavaleiro e características das superfícies
2380 equestres é que determinam a habilidade no movimento desta manobra.

2381 O *sliding stop* é uma manobra homóloga à esbarrada, característica no
2382 esporte de *reining*, uma modalidade de equitação ocidental. Nessa modalidade
2383 esportiva o equino é submetido a desaceleração abrupta a partir de um galope
2384 rápido para uma parada deslizante, mantendo o equilíbrio e deslizamento nos
2385 membros pélvicos (Fröger & Peham, 2009; Hampson, 2013), manobra essa,
2386 semelhante a executada por cavalos da raça Crioula, apesar de ter como
2387 característica visual marcante a cabeça sendo mantida em posição mais baixa,
2388 com o pescoço se posicionando estendido cranioventralmente. Dentro desse
2389 contexto, os dados descritivos apresentados preenchem uma lacuna científica
2390 existente, servindo como base para distintas disciplinas equestres onde a
2391 execução desse movimento é exigida. Apesar de variações numéricas ocorrerem
2392 nas observações captadas durante a cinemática, essas não se apresentaram
2393 quando comparações foram feitas em ambos os lados esquerdo e direito,
2394 demonstrando coordenação durante a biomecânica da manobra.

2395

2396 *Volta sobre patas*

2397 A volta sobre patas é uma manobra executada onde o cavalo gira em torno
2398 de seu próprio eixo através de lateroflexões da coluna para ambos os lados,
2399 completando um par de voltas (Vilanova & Prado, 2007). No presente estudo,
2400 apesar de o tempo total da manobra em ambos os momentos ter sido
2401 semelhante, diferenças foram observadas em ambos os momentos (M1: $p =$
2402 $0,023$; M2: $p < 0,001$), quando foram considerados os conjuntos 1 e 2. Uma
2403 hipótese plausível reside na interação complexa entre fatores biomecânicos e
2404 neuromusculares durante a execução desses movimentos. Durante o primeiro
2405 conjunto de giros, é possível que os cavalos estejam inicialmente adaptando-se
2406 à demanda cinética e cinemática específica associada à manobra de volta sobre
2407 patas. Uma explicação plausível para essa divergência reside na hipótese de
2408 coordenação motora, visto que o desempenho atlético nessa manobra é
2409 resultado das ações musculares coordenadas, influenciadas pela composição
2410 de fibras musculares e pela integração precisa entre sistema nervoso e
2411 contração muscular (McGowan & Hyytiäinen, 2017). Inicialmente, é crucial
2412 considerar que a realização de giros repetidos sobre as patas demanda uma
2413 coordenação precisa entre diferentes grupos musculares e sistemas
2414 neuromotores. Durante a execução do primeiro conjunto, os músculos
2415 responsáveis pela estabilização e propulsão lateral dos segmentos axiais estão
2416 relativamente menos ativados, resultando em uma eficiência biomecânica
2417 inicialmente mais otimizada. No entanto, à medida que a sequência de giros
2418 progride para o segundo conjunto, há a necessidade de troca rápida de direção,
2419 ativando grupos musculares responsáveis pelo movimento contralateral, levando
2420 a uma leve diminuição na eficácia dos mecanismos de estabilização e propulsão

2421 que pode ser observada como aumento do tempo no segundo conjunto. Dentro
2422 dos resultados observados, o tempo de suspensão torácica pode ser traduzido
2423 como uma sincronização dos movimentos dos membros torácicos e maior
2424 estabilidade para uma nova sequência de propulsões laterais desses
2425 segmentos, permitindo prolongar o tempo de suspensão no segundo conjunto,
2426 elucidando assim o aumento desse tempo em relação ao primeiro em ambos os
2427 M1 e M2 ($p = 0,013$ e $0,023$, respectivamente). É necessário lembrar que essa
2428 manobra é executada posteriormente a outras demandas atléticas ao longo da
2429 prova do Freio de Ouro. Essa rápida atividade neuromuscular pode ser
2430 influenciada pelo acúmulo de metabólitos, como lactato, e pela diminuição da
2431 disponibilidade de energia anaeróbica, resultando em diminuição na capacidade
2432 de resposta dos músculos e na coordenação (Todd, 2014). Esse efeito já foi
2433 observado em humanos, onde a fadiga muscular levou a uma mudança na
2434 organização do movimento, e outros pesquisadores sugerem efeito semelhante
2435 em equinos, destacando a sequência temporal de fadiga e alterações de
2436 coordenação (Forestier & Nougier, 1998; Vogue & Dingwell, 2003). Como
2437 consequência, a execução dos giros no segundo conjunto, independente do
2438 momento (M1 ou M2) pode requerer uma atividade muscular prolongada e mais
2439 intensa para manter a estabilidade e o impulso necessários, prolongando assim
2440 a duração total do movimento. Johnston *et al.* (2010) concluíram que tanto a
2441 carga quanto a fadiga podem alterar padrões locomotores de equinos, levando
2442 ao aumento de variáveis cinemáticas, como excursão articular e comprimento da
2443 passada, corroborando as alterações observadas nas variáveis temporais
2444 observadas no presente estudo. Com isso, é importante considerar que a
2445 experiência prévia e o aprendizado motor também desempenhem um papel

2446 significativo nessa disparidade temporal. Equinos de diferentes disciplinas
2447 equestres podem aprender e adaptar suas estratégias de movimento com base
2448 em experiências anteriores, pela estrutura única e coordenação dos membros,
2449 refinando sua eficiência biomecânica ao longo do tempo (Clayton, 2016). Em
2450 resumo, a diferença observada na duração dos giros subsequentes em equinos
2451 submetidos à manobra de volta sobre patas pode ser explicada pela interação
2452 complexa entre atividade neuromuscular, otimização biomecânica e aprendizado
2453 motor. Estudos futuros utilizando técnicas de análise biomecânica mais
2454 detalhadas e incorporando medidas adicionais, como a atividade muscular e a
2455 distribuição de cargas biomecânicas, podem se beneficiar da análise mais
2456 detalhada dos padrões de ativação muscular, cinemática articular e variáveis
2457 metabólicas para elucidar ainda mais os mecanismos subjacentes a essa
2458 discrepância temporal.

2459 Como já citado, no presente estudo o segundo conjunto de voltas sobre
2460 patas sempre possui maior duração que o primeiro. Apesar de a velocidade não
2461 ter sido mensurada pelas limitações bidimensionais da técnica, pode-se inferir
2462 que há diminuição dessa variável entre cada volta. Ainda dentro desse contexto,
2463 os dados confirmam a participação ativa dos membros torácicos na impulsão do
2464 tronco lateralmente, com maiores graus de abdução e adução quando
2465 comparados com os membros pélvicos que, por sua vez, servem como pivô para
2466 o movimento circular. Os próprios tempos de apoio e suspensão dos segmentos
2467 apendiculares demonstram essa biomecânica ativa durante a realização da
2468 manobra.

2469 Neste estudo foram caracterizados quantitativamente, pela primeira vez
2470 os ângulos de abdução e adução dos segmentos apendiculares, com variações

2471 entre membros torácicos e pélvicos e lado interno e externo do giro. Nos
2472 membros torácicos, os ângulos de abdução atingiram $12,33 \pm 4,25^\circ$ (lado interno
2473 da circunferência) e $15,40 \pm 4,66^\circ$ (lado externo), enquanto os ângulos de adução
2474 foram $16,65 \pm 4,94$ (lado interno da circunferência) e $12,86 \pm 4,39$ (lado externo).
2475 Nos membros pélvicos, os ângulos de abdução mensurados foram de $9,42 \pm$
2476 $3,11$ (membro pivô) e $9,85 \pm 4,41$ (lado externo do círculo), enquanto os ângulos
2477 de adução foram $11,37 \pm 8,16$ e $8,65 \pm 2,98$, respectivamente. Esses registros
2478 quantitativos objetivos podem ser utilizados em estudos futuros, quando focados
2479 na coordenação dos membros dos equinos no plano sagital durante a realização
2480 de movimentos circulares fechados, ressaltando a importância da preparação
2481 física adequada em animais competidores. Esses atributos podem ser
2482 amplificados com a prática de alongamentos e aquecimentos para melhorar a
2483 flexibilidade muscular e articular, fatores cruciais para um desempenho atlético
2484 superior. A capacidade de abdução e adução está intimamente ligada à
2485 flexibilidade dos membros, influenciando diretamente a eficácia dos movimentos
2486 circulares durante competições, como a prova do Freio de Ouro e pode
2487 maximizar a amplitude de movimento e a coordenação motora, proporcionando
2488 aos animais uma vantagem competitiva significativa.

2489

2490 *Relação das manobras com a disciplina equestre*

2491 A prova Freio de Ouro é intrinsecamente caracterizada por sua natureza
2492 multifatorial, que exige a combinação harmoniosa de diversos elementos físicos
2493 e comportamentais dos indivíduos da raça Crioula, como agilidade, obediência,
2494 equilíbrio e resistência muscular do complexo cavalo-cavaleiro (Góss, 2017).

2495 Essa competição abrangente destaca a versatilidade da disciplina equestre, ao
2496 mesmo tempo em que avalia a habilidade do conjunto em enfrentar desafios que
2497 vão desde a execução de manobras precisas até a demonstração de resistência
2498 física e mental (Dalto, 2006). Normalmente, a sequência inclui a demonstração
2499 de andaduras específicas, como o passo, trote e canter, seguidas pela transição
2500 suave para as manobras e ao manejo com o gado.

2501 Essa biomecânica específica dos movimentos de esbarrada e volta sobre
2502 patas depende de uma mobilidade em conjunto do esqueleto apendicular com o
2503 eixo axial. É importante considerar o fato de que essa manobra exige um
2504 reposicionamento da coluna em posição estendida, com grande participação da
2505 região do ombro e do boleto mantendo os membros torácicos em considerável
2506 grau de protração ($27,06 \pm 2,81^\circ$) e permitindo uma diagonalização maior do eixo
2507 axial, facilitando assim o engajamento pélvico para a freada brusca. Ainda, a
2508 posição ereta do pescoço e a reduzida flexão da cabeça ($81,47 \pm 6,91^\circ$)
2509 permitem maior estabilidade e acurácia para o animal esbarrar e logo voltar à
2510 estação após a parada. A posição da cabeça e do pescoço de um cavalo afeta
2511 significativamente as características do dorso e da passada (Álvarez, 2006;
2512 Rhodin *et al.*, 2010). Quando o pescoço se posiciona estendido, há aumento da
2513 extensão na região torácica e a flexão na região pélvica e lombar, enquanto o
2514 pescoço abaixado produz o efeito oposto (Álvarez *et al.*, 2006). Isto se deve à
2515 influência dos músculos do pescoço no movimento da cabeça e na manutenção
2516 da postura (Abrahams, 1977). No *dressage*, diferentes posições da cabeça e do
2517 pescoço podem levar a alterações nos movimentos do cavalo, sendo que uma
2518 posição extremamente elevada do pescoço aumenta potencialmente o risco de
2519 lesões (Rhodin *et al.*, 2009). Essas informações destacam a importância de

2520 considerar a posição da cabeça e pescoço do cavalo em programas de
2521 treinamento e reabilitação, bem como vão de encontro ao aspecto cinemático
2522 que cavalos da raça Crioula efetuam durante o momento de engajamento dos
2523 membros na manobra de esbarrada, maximizando assim a sua eficiência
2524 biomecânica.

2525 A amplitude de movimento durante a ventroflexão em movimentos como
2526 a esbarrada se dá através da articulação lombossacral ($123,73 \pm 5,73^\circ$), sendo
2527 o ponto de maior mobilidade intervertebral dentre os segmentos torácicos,
2528 lombar e sacral devido a características como aumento da espessura e
2529 diminuição da altura do disco intervertebral, ampla divergência dos processos
2530 espinhosos dorsais, ligamento interespinhoso pouco desenvolvido, ausência de
2531 ligamento supraespinhoso e orientação vertical das facetas articulares (Jeffcott,
2532 1980; Townsend & Leach 1984; Denoix 1999; Stubbs *et al.*, 2006). A biomecânica
2533 desse segmento articular axial permite maior amplitude de movimento no quadril,
2534 principalmente em nível de art. coxofemoral, promovendo uma consequente
2535 mobilidade acentuada das articulações distais no membro pélvico (Denoix,
2536 2014). Hodson *et al.* (2001) já haviam descrito a relação entre amplitude de
2537 movimento coxofemoral com maiores ângulos de protração do membro pélvico
2538 em andaduras como o passo, fato que pode ser corroborado para manobras
2539 como a esbarrada, como observado no presente estudo. Essa cinemática
2540 permite que a região tarsal promova o principal engajamento ventral ao abdome,
2541 influenciando diretamente na protração pélvica.

2542

2543 *Aplicabilidade do modelo de cinemática 2D para análise das manobras*

2544 Apesar da eficácia da cinemática 2D como método viável para a avaliação
2545 *in situ* dos padrões de movimento em equinos (Okazaki *et al.*, 2007), a presença
2546 de fatores como a elevação de areia durante o momento de execução da
2547 manobra de esbarrada pode sobrepor os marcadores, comprometendo a
2548 precisão do escaneamento das articulações torácicas e, principalmente, pélvicas
2549 durante o movimento. Isso impossibilitou a mensuração dos valores cinemáticos
2550 das variáveis angulares da articulação metatarsfalangeana nestes segmentos.
2551 Diante desses desafios, a integração de tecnologias avançadas, como a
2552 acelerometria e a cinematografia em 3D, emerge como uma perspectiva
2553 promissora para superar as limitações dessa técnica (Stagni *et al.*, 2009). Essas
2554 ferramentas proporcionam uma análise mais abrangente e detalhada dos
2555 momentos chave da esbarrada em equinos, oferecendo mensuração com
2556 melhor acurácia das variáveis quantitativas referentes a essa manobra em
2557 investigações futuras.

2558 Da mesma forma, a análise em 2D da manobra de volta sobre patas,
2559 sendo este um movimento essencialmente lateralizado, apresenta desafios
2560 específicos que podem ser aprimorados através da incorporação de tecnologias
2561 de captura de vídeo em 3D. A natureza lateral deste movimento demanda uma
2562 compreensão mais abrangente das dinâmicas tridimensionais envolvidas.
2563 Enquanto a videografia em duas dimensões possibilitou mensurar variáveis
2564 temporais de extrema relevância, bem como ângulos de adução e abdução em
2565 momentos específicos que o vídeo possibilitava, a cinematografia em 3D e
2566 outras ferramentas tecnológicas podem propiciar uma visão mais completa e
2567 detalhada, permitindo mensurações mais precisas dos padrões de movimento
2568 dos segmentos axiais e apendiculares durante a volta sobre patas. Dessa forma,

2569 a aplicação de tecnologias tridimensionais enriquece a análise biomecânica,
2570 contribuindo para uma compreensão mais ampla e refinada desse complexo
2571 comportamento não só de equinos da raça Crioula, mas também de outras
2572 disciplinas equestres que executam esses movimentos com frequência (Nora,
2573 2021; Simonato *et al.*, 2021).

2574

2575 *Considerações gerais*

2576 A raça Crioula vem expandindo sua participação no cenário econômico da
2577 América do Sul ao longo das décadas, ultrapassando as fronteiras das
2578 tradicionais provas equestres da raça, incluindo relatos de indivíduos
2579 participando no *World Equestrian Games*, da FEI. Esse fenômeno reflete não
2580 apenas a excelência genética e habilidades atléticas inerentes à raça, mas
2581 também a determinação dos criadores e treinadores em promover o
2582 reconhecimento global do cavalo Crioulo como uma força competitiva em
2583 diversas disciplinas equestres. A internacionalização não apenas eleva sua
2584 apreciação cultural e econômica, mas também abre novas oportunidades de
2585 mercado e colaborações, contribuindo para a expansão e fortalecimento do
2586 negócio esportivo relacionado a essa disciplina equestre. Por isso, torna-se
2587 fundamental contribuir com a comunidade científica internacional com estudos
2588 que apresentem e introduzam, de forma inédita, investigações descritivas sobre
2589 a biomecânica desses indivíduos.

2590 A apresentação de dados cinemáticos inéditos de manobras executadas
2591 por equinos em disciplinas equestres não convencionais é de extrema
2592 relevância, pois os dados proporcionam uma compreensão mais aprofundada da

2593 biomecânica dos cavalos durante movimentos específicos, contribuindo para o
2594 avanço do conhecimento científico no campo da equinocultura e de esportes
2595 similares. Esses dados cinemáticos podem revelar informações cruciais sobre a
2596 eficiência, coordenação e padrões de movimento dos cavalos em disciplinas
2597 menos exploradas em nível internacional, oferecendo *insights* valiosos para
2598 treinadores, veterinários e pesquisadores. Obter essa compreensão mais
2599 detalhada pode influenciar práticas de treinamento, métodos de prevenção de
2600 lesões e afetar até mesmo o *design* de equipamentos e arenas. Não obstante, a
2601 divulgação de dados cinemáticos inéditos pode futuramente contribuir para o
2602 desenvolvimento de padrões de julgamento mais objetivos em competições
2603 equestres, fornecendo critérios cientificamente fundamentados para avaliar a
2604 qualidade de execução das manobras. Essa base científica pode ajudar a
2605 promover a segurança e o bem-estar dos cavalos, garantindo que as práticas
2606 esportivas sejam sustentáveis e respeitem o equino como atleta.

2607

2608 **Conclusões**

2609 Como conclusão, no presente estudo foi apresentada uma nova
2610 abordagem metodológica para a análise cinemática das manobras esbarrada e
2611 volta sobre patas de cavalos Crioulos competidores do Freio de Ouro, bem como
2612 movimentos homólogos a esses.

2613 A goniometria estática não possui associação nos ângulos de protração
2614 de membros torácicos e pélvicos durante o momento de engajamento na
2615 esbarrada.

2616 Na manobra volta sobre patas, o segundo conjunto de voltas dura mais
2617 tempo que o primeiro, com maior suspensão de ambos os membros torácicos
2618 nos dois momentos.

2619 A determinação de valores através da videografia foi baseada em
2620 modelos de análise de movimento criados a partir de seus reais padrões de
2621 movimentação e servem como exemplo do que é realizado em nível de
2622 competição desta disciplina equestre.

2623

2624 **Agradecimentos**

2625 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de
2626 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de
2627 Financiamento 001.

2628

2629 **Referências**

2630 ABCCC, Associação Brasileira dos Criadores de Cavalos Crioulos.
2631 **Regulamento Freio de Ouro, 2015**. Cavalos Crioulos, 2015. Disponível em:
2632 <[http://www.cavalocrioulo.org.br/admin/assets/upload/regulamentos/315339692](http://www.cavalocrioulo.org.br/admin/assets/upload/regulamentos/3153396928.pdf)
2633 8.pdf> Acesso em: 18 dez. 2023.

2634

2635 ABRAHAMS, V. C. **The physiology of neck muscles; their role in head**
2636 **movement and maintenance of posture**. Canadian journal of Physiology and
2637 Pharmacology, 55(3), 332-338. 1977.

2638

2639 ABREU, H. C. D.; LA CÔRTE, D.; DESESSARDS, F.; BRASS, K. E.;
2640 POMPERMAYER, E.; LUZ, T. R. R. D.; GASPERI, D. D. **Claudicação em**
2641 **cavalos Crioulos atletas**. Ciência Rural, 41, 2114-2119. 2011.

2642

- 2643 ADELMAN, M.; THOMPSON, K. **Equestrian cultures in global and local**
2644 **contexts**. New-York: Springer. 2017.
2645
- 2646 ALVAREZ, C. G.; RHODIN, M.; BOBBERT, M. F.; MEYER, H.; WEISHAUPT, M.
2647 A.; JOHNSTON, C.; VAN WEEREN, P. R. **The effect of head and neck position**
2648 **on the thoracolumbar kinematics in the unriden horse**. Equine Veterinary
2649 Journal, 38(S36), 445-451. 2006.
2650
- 2651 AMARAL, L. A. **Avaliação metabólica de cavalos crioulos submetidos a**
2652 **provas funcionais**. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas. 2012.
2653
- 2654 CARDOSO, C. W. **Para além da cultura: o negócio do cavalo Crioulo no Rio**
2655 **Grande do Sul como emprego e renda**. Trabalho de conclusão de curso,
2656 Faculdade de Ciências Econômicas, UFRGS. 2022.
2657
- 2658 CLAYTON, H. M. **Horse species symposium: Biomechanics of the**
2659 **exercising horse**. Journal of animal science, 94(10), 4076-4086. 2016.
2660
- 2661 CREVIER-DENOIX, N.; POURCELOT, P.; HOLDEN-DOUILLY, L.; CAMUS, M.;
2662 FALALA, S.; RAVARY-PLUMIOËN, B.; CHATEAU, H. **Discrimination of two**
2663 **equine racing surfaces based on forelimb dynamic and hoof kinematic**
2664 **variables at the canter**. The Veterinary Journal, 198, e124-e129. 2013.
2665
- 2666 CUCCO, D. C.; SALLES, E. L.; SANTOS, M. R.; FERREIRA, R.; SORIANO, V.
2667 S.; ZAMPAR, A.; KESSLER, J. D. **Freio de Ouro como ferramenta de seleção**
2668 **na raça crioula**. Archivos de zootecnia, 65(250), 155-161. 2016.
2669
- 2670 DALTO, R. **Freio de Ouro: uma história a cavalo**. Associação Brasileira de
2671 Criadores de Cavalos Crioulos, Santa Maria. 2006.
2672
- 2673 DENOIX, J. M. D. **Spinal biomechanics and functional anatomy**. Veterinary
2674 Clinics of North America: Equine Practice, 15(1), 27-60. 1999.
2675

2676 DENOIX, J. M. **Muscle groups and their actions: The hindlimb.** Biomechanics
2677 and physical training of the horse, p. 26-31. CRC Press. 2014.

2678

2679 DE SOUZA, J. R. M.; PIMENTEL, A. H.; Flório, G. D. M.; JACQUES, R. E.,
2680 SEDREZ, L. S.; MARTINS, C. F. **A proporção entre a profundidade de tórax**
2681 **e vazio sub-esternal de cavalos crioulos afeta o desempenho nas provas**
2682 **de volta sobre patas e esbarrada?** In: SIIPE, Pelotas 2013, Anais. Semana
2683 Integrada UFPEL, 2013.

2684

2685 FORESTIER, N.; NOUGIER, V. **The effects of muscular fatigue on the**
2686 **coordination of a multijoint movement in human.** Neuroscience letters,
2687 252(3), 187-190. 1998.

2688

2689 FRÖGER, M.; PEHAM, C. **Kinematic analysis of the sliding stop in western**
2690 **riding at the Mallorca Western Reining Trophy 2006.** In ISBS-Conference
2691 Proceedings Archive. 2009.

2692

2693 GALVÃO, E. **O cavalo na América indígena: nota prévia a um estudo de**
2694 **mudança cultural.** Revista do Museu Paulista, 14, 222-232. 1963.

2695

2696 GILBERT, M.; GILLETT, J. **Equine athletes and interspecies sport.**
2697 International Review for the Sociology of Sport, 47(5), 632-643. 2012.

2698

2699 GÓSS, G. C. **Mensuração ultrassonográfica dos ligamentos colaterais da**
2700 **articulação interfalangeana distal de cavalos da raça crioula.** 47 p.
2701 Monografia (Especialização – Residência Integrada em Medicina Veterinária) –
2702 Universidade Federal do Pampa, Campus Uruguaiiana, Uruguaiiana, 2017.

2703

2704 HAMPSON, B. **Training working horses.** The Athletic Horse: Principles and
2705 Practice of Equine Sports Medicine, 347. 2013.

2706

- 2707 HODSON, E.; CLAYTON, H. M.; LANOVAZ, J. L. **The hindlimb in walking**
2708 **horses: 1. Kinematics and ground reaction forces.** Equine Veterinary Journal,
2709 33(1), 38-43. 2001.
- 2710
- 2711 JEFFCOTT, L. B. **Disorders of the thoracolumbar spine of the horse—a**
2712 **survey of 443 cases.** Equine veterinary journal, 12(4), 197-210. 1980.
- 2713
- 2714 JOHNSTON, C.; GOTTLIEB-VEDI, M; DREVEMO, S.; ROEPSTORFF, L. **The**
2715 **kinematics of loading and fatigue in the Standardbred trotter.** Equine
2716 Veterinary Journal, 31(S30), 249-253. 2010.
- 2717
- 2718 MCGOWAN, C. M.; HYYTIÄINEN, H. K. **Muscular and neuromotor control and**
2719 **learning in the athletic horse.** Comparative Exercise Physiology, 13(3), 185-
2720 194. 2017.
- 2721
- 2722 NEVES, A. P.; SCHWENGBER; E. B.; FONTOURA JÚNIOR, J. A. S. D. **Revisão**
2723 **bibliográfica: provas equestres, avaliação física e protocolos de**
2724 **treinamento.** 2016.
- 2725
- 2726 NORA, F. G. D. S. A. **Equine biomechanical models for three-dimensional**
2727 **kinematics analysis: literature review.** Brazilian Journal of Development, 7(11),
2728 106802-106817. 2021.
- 2729
- 2730 NORTHROP, A. J.; DAGG, L. A.; MARTIN, J. H.; BRIGDEN, C. V.; OWEN, A. G.;
2731 BLUNDELL, E. L.; HOBBS, S. J. **The effect of two preparation procedures on**
2732 **an equine arena surface in relation to motion of the hoof and**
2733 **metacarpophalangeal joint.** The Veterinary Journal, 198, e137-e142. 2013.
- 2734
- 2735 OKAZAKI, V. H.; TEIXEIRA, L. A.; RODACKI, A. L. **Eficácia da análise residual**
2736 **para determinar a intensidade do filtro na cinemática.** In XII Congresso
2737 Brasileiro de Biomecânica (pp. 1-5). 2007.
- 2738

- 2739 PIMENTEL, A. M. H.; SOUZA, J. R. M. D.; BOLIGON, A. A.; MOREIRA, H. L. M.;
2740 RECHSTEINER, S. M. D. E. F.; PIMENTEL, C. A.; MARTINS, C. F. **Association**
2741 **of morphometric measurements with morphologic scores of Criollo horses**
2742 **at Freio de Ouro: a path analysis.** Revista Brasileira de Zootecnia, 47. 2018.
- 2743
- 2744 ROBIN, C. **Validation and standardisation of a two-dimensional motion**
2745 **analysis technique to measure normal conformation and gait in Arabian**
2746 **horses.** 168 f. (Tese, School of Psychology) - University of Central Lancashire,
2747 Preston (Reino Unido), 2009.
- 2748
- 2749 RHODIN, M.; ALVAREZ, C. G.; BYSTRÖM, A.; JOHNSTON, C.; VAN WEEREN,
2750 P. R.; ROEPSTORFF, L.; WEISHAUPT, M. A. **The effect of different head and**
2751 **neck positions on the caudal back and hindlimb kinematics in the elite**
2752 **dressage horse at trot.** Equine Veterinary Journal, 41(3), 274-279. 2009.
- 2753
- 2754 RHODIN, M.; JOHNSTON, C.; HOLM, K. R.; WENNERSTRAND, J.; DREVEMO,
2755 S. **The influence of head and neck position on kinematics of the back in**
2756 **riding horses at the walk and trot.** Equine veterinary journal, 37(1), 7-11. 2010.
- 2757
- 2758 SEIB, I. A.; JÚNIOR, H. R. M.; NOGUEIRA, É. **Aceitabilidade da raça crioula**
2759 **em competições de laço comprido em Mato Grosso do Sul: estudo**
2760 **exploratório.** Multitemas. 2013.
- 2761
- 2762 SILVEIRA, B. B.; SOUZA, E. C.; DOS SANTOS, M. D. N.; PORCIUNCULA, M.
2763 L.; AZEVEDO, M. D. S.; DUARTE, C. A.; DE SOUZA JUNIOR, P. **Digit**
2764 **innervation of the thoracic limb of Criollo horses: Anatomical description**
2765 **and consequences to perineural blocks.** Anatomia, Histologia, Embryologia,
2766 49(6), 728-736. 2020.
- 2767
- 2768 SIMONATO, S. P.; BERNARDINA, G. R.; FERREIRA, L. C.; SILVATTI, A. P.;
2769 BARCELOS, K. M.; DA FONSECA, B. P. **3D kinematic of the thoracolumbar**

- 2770 **spine in Mangalarga Marchador horses performing the marcha batida gait**
2771 **and being led by hand—A preliminary report.** Plos one, 16(7). 2021.
- 2772
- 2773 STAGNI, R.; FANTOZZI, S.; CUTTI, A. G.; CAPPELLO, A. **Kinematic analysis**
2774 **techniques and their application in biomechanics.** In Biomechanical Systems
2775 Technology: Volume 3: Muscular Skeletal Systems (pp. 135-183). 2009.
- 2776
- 2777 STUBBS, N. C.; HODGES, P. W.; JEFFCOTT, L. B.; COWIN, G.; HODGSON, D.
2778 R.; MCGOWAN, C. M. **Functional anatomy of the caudal thoracolumbar and**
2779 **lumbosacral spine in the horse.** Equine Veterinary Journal, 38(S36), 393-399.
2780 2006.
- 2781
- 2782 TODD, J. J. **Lactate: valuable for physical performance and maintenance of**
2783 **brain function during exercise.** Bioscience Horizons: The International Journal
2784 of Student Research, 7. 2014.
- 2785
- 2786 TOWNSEND, H. G. G.; LEACH, D. H. **Relationship between intervertebral**
2787 **joint morphology and mobility in the equine thoracolumbar spine.** Equine
2788 veterinary journal, 16(5), 461-465. 1984.
- 2789
- 2790 VILANOVA, R.; PRADO, F. R. D. A. **Aspectos morfológicos e funcionais em**
2791 **equinos da raça Crioula.** Rev. Cient. Elet. Med. Vet, 4. 2007.
- 2792
- 2793 VOGEL, K. R.; DINGWELL, J. B. **Relative timing of changes in muscle fatigue**
2794 **and movement coordination during a repetitive one-hand lifting task.** In:
2795 Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering
2796 in Medicine and Biology Society (IEEE Cat. No. 03CH37439) (Vol. 2, pp. 1807-
2797 1810). IEEE. 2003.
- 2798