

**NATÁLIA ALMEIDA MARTINS**

**EFEITO DE DIFERENTES POSIÇÕES DE CABEÇA E PESCOÇO NAS  
VARIÁVEIS CINEMÁTICAS DO MANGALARGA MARCHADOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Fabrício Luciani Valente  
Coorientadoras: Amanda Piaia Silvatti  
Brunna Patrícia A. da Fonseca

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M386e  
2022

Martins, Natália Almeida, 1996-  
Efeito de diferentes posições de cabeça e pescoço nas  
variáveis cinemáticas do Mangalarga Marchador / Natália  
Almeida Martins. – Viçosa, MG, 2022.  
1 dissertação eletrônica (34 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Fabrício Luciani Valente.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Veterinária, 2022.  
Referências bibliográficas: f. 28-34.  
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.390>  
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Mangalarga (Cavalo). 2. Biomecânica. 3. Marcha.  
4. Cinemática. I. Valente, Fabrício Luciani, 1980-.  
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Veterinária. Programa de Pós-Graduação em Medicina  
Veterinária. III. Título.

CDD 22. ed. 636.13

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB6/2552

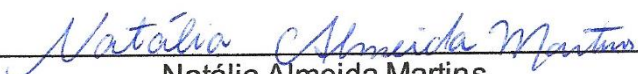
**NATÁLIA ALMEIDA MARTINS**

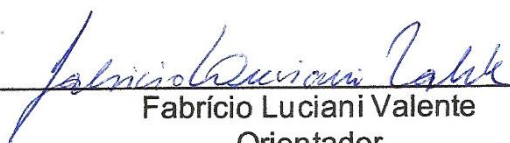
**EFEITO DE DIFERENTES POSIÇÕES DE CABEÇA E PESCOÇO NAS  
VARIÁVEIS CINEMÁTICAS DO MANGALARGA MARCHADOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de fevereiro de 2022.

Assentimento:

  
\_\_\_\_\_  
Natália Almeida Martins  
Autora

  
\_\_\_\_\_  
Fabrício Luciani Valente  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por minha vida, família e amigos, e por ser quem sou.

À minha mãe por sempre acreditar em mim e no meu potencial, me incentivar a ser mais do que eu mesma acredito que posso ser e pelo amor que sempre demonstra. Ao meu pai pelo apoio, pelas conversas e pelo amor.

Aos meus amigos pela companhia, seja virtual ou presencial, e por se tornarem parte da minha caminhada, agradeço a todos, inclusive à Pantera.

Aos meus familiares pelo amor e amizade, em especial às minhas madrinhas. Ao professor Fabrício, pela orientação, apoio, amizade e companheirismo.

Às professoras Brunna, Amanda e Kate, pela confiança, orientação e apoio, pois sem vocês e o Fabrício esse projeto não aconteceria.

À Mayara, Thayne e Samuel pelo auxílio e apoio.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de fazer o mestrado.

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

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

*“There is a better world out there.  
And I will fight for it.  
Will you?”*

*Sarah J. Maas*

## RESUMO

MARTINS, Natália Almeida, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2022. **Efeito de diferentes posições de cabeça e pescoço nas variáveis cinemáticas do mangalarga marchador.** Orientador: Fabrício Luciani Valente. Coorientadoras: Amanda Piaia Silvatti e Brunna Patrícia Almeida da Fonseca.

O Mangalarga Marchador é uma raça de cavalo conhecida pelo conforto de seu andamento natural, que apesar de muito apreciado, ainda faltam dados científicos para melhor compreender os fatores que interferem na marcha. Neste estudo, objetivava-se avaliar as alterações na cinemática de marcha do Mangalarga Marchador em função de diferentes posições de cabeça e pescoço durante a Marcha batida, especificamente; a porcentagem de dissociação, o comprimento de passada e a trajetória linear de cada eixo que compõe o movimento tridimensional. Foram usadas dezenove câmeras da OptiTrack Prime 17W (360 Hz), do sistema de captura de movimento tridimensional, distribuídas em um galpão, permitindo a captura dos marcadores dos cascos e da cabeça do cavalo fossem capturados simultaneamente em velocidade média 9,39 km/h nas posições de cabeça e pescoço “Ideal”, “Invertida”, “Livre” e “Vertical”. Após a coleta dos dados tridimensionais o ruído branco foi eliminado e os dados numéricos foram obtidos e subsequentemente analisados no Motive MTV-BDY2, OptiTrack. A posição de cabeça e pescoço interfere na porcentagem de dissociação, sendo que “Invertida” tem a maior porcentagem de dissociação dentre as posições avaliadas, “Ideal” e “Vertical” menores que “Invertida”, e “Livre” a menor porcentagem de dissociação. Comprimento de passada apresentou média menor para a posição “Invertida”, enquanto as demais obtiveram médias iguais. Os gestos de marcha variaram o formato das curvas para cada posição de cabeça e pescoço no eixo vertical. Todas as variáveis cinemáticas obtiveram variações entre as posições de cabeça e pescoço avaliadas neste estudo.

Palavras-chave: Biomecânica. Marcha. Cinemática.

## ABSTRACT

MARTINS, Natália A., M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2022.  
**Kinematic analysis of Mangalarga Marchador dissociation in different head and neck positions.** Adviser: Fabrício Luciani Valente. Co-advisers: Amanda Piaia Silvatti and Brunna Patrícia Almeida da Fonseca.

The Mangalarga Marchador is a horse breed known worldwide for the comfort of its natural gait, which despite being highly appreciated, still lack scientific data to better understand the factors that interfere with the marcha. What allows marched gaits to occur is dissociation. The aim of this study is to evaluate possible alterations in Mangalarga Marchador kinematics in different head and neck positions in marcha, as dissociation percentage, stride length and each axle linear trajectory that composes the tridimensional movement. To collect the data nineteen OptiTrack Prime 17W (360 Hz) cameras were used from a motion capture system allocated in a hangar allowing the capture of the markers of the hooves and the horse's head to be captured simultaneously at an average speed of 9.39 km/h in head and neck positions "Ideal", "Inverted", "Free" and "Straight". After collecting the three-dimensional data, the white noise was eliminated and the numerical data was obtained and subsequently analyzed in the Motive MTV-BDY2, OptiTrack. The head and neck position interferes with the percentage of dissociation, "Inverted" had the highest percentage of dissociation among the evaluated positions, "Ideal" and "Straight" lower than "Inverted", and "Free" the lowest percentage of dissociation. Stride length showed a lower mean for the "Inverted" position, while the others had equal means. The gait gestures varied the shape of the curves for each head and neck position on the vertical axis. All kinematic variables had variations between the head and neck positions evaluated in this study.

Key words: Biomechanics; Marcha; Kinematics

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	8
2.REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1. Análise Cinemática	9
2.2. Dissociação e Andamentos	11
2.3. Cinemática da Marcha	12
3.OBJETIVOS	13
3.1. Objetivo geral	13
3.2. Objetivos específicos	13
4.MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1. Animais	14
4.2. Coleta de dados tridimensionais	14
4.3. Dados cinemáticos	17
4.4. Análise dos dados	17
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1. Dissociação	18
5.2. Comprimento e altura de passada	21
5.3. Gesto de Marcha (Movimentação dos membros)	24
6.CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28

## 1. INTRODUÇÃO

O cavalo brasileiro com maior número de animais registrados no país é o Mangalarga Marchador (LIMA, 2015). Devido ao seu andamento – a marcha, a raça mineira ganhou importância, sendo disseminada para diversos países (HENDRICKS, 2005). Existem alguns fatores determinantes relacionados à marcha, como genética (BUSSIMAN, 2019; FONSECA, 2017), aspectos morfológicos (SANTOS, 2018), treinamento e experiência do cavaleiro (STRUNK, 2018); todos esses fatores podem alterar a dissociação, sendo esta um dos quesitos avaliados em provas de marcha.

A dissociação permite que os cavalos capazes de executar andamentos marchados movimentem os membros contralaterais de forma não sincronizada, diferente dos cavalos de trote, assim criando o diagrama de marcha, que conta com apoios bipedais diagonais, como o trote, apoios bipedais laterais, monopedais e tripedais (HUSSNI, 1996).

O tempo de cada um desses apoios está diretamente relacionado com a marcha que o cavalo apresenta, que pode ser chamada de “batida” ou “picada”. Zootecnicamente, quanto mais dissociada a marcha, mais valorizada ela é, por proporcionar maior estabilidade e conforto ao cavaleiro. Por definição, a marcha picada apresenta mais tempo de apoios laterais e tríplices em relação à batida, mas a sequência de apoios é a mesma (FONSECA, 2018).

Estudos feitos com cavalos de trote elucidam algumas questões acerca do andamento e suas variações, principalmente quanto aos tempos de apoio de cada membro no solo, os ângulos apresentados na coluna toracolombar e na articulação coxofemoral, e demonstram que as diferentes adaptações posturais, principalmente a respeito do posicionamento da cabeça e pescoço do animal, tem influência direta na cinemática da coluna e engajamento dos animais, (ALVAREZ, 2006; RHODIN, 2005; RHODIN, 2018) levantando questões a respeito das alterações na marcha que são geradas pelo cavaleiro.

Apesar de sua grande importância, muitas vezes, a avaliação da marcha é feita com base em critérios subjetivos, sujeitos à experiência do avaliador, principalmente devido à vaga definição dada pela associação no atual Padrão da Raça (ABCCMM, 2000) “Marcha batida ou picada – é o andamento natural,

simétrico, a quatro tempos, com apoios alternados dos bípedes laterais ediaagonais, intercalados por momentos de tríplice apoio”.

As recomendações de posição de cabeça e pescoço geram grande debate entre treinadores, veterinários e os demais profissionais que trabalham com equinos, principalmente pela falta de dados técnicos para respaldar o uso ou não de certas posições (RHODIN, 2009; WEST, 2018), e muitas vezes as usadas são baseadas em empirismo ou com intuito de modificar detalhes da marcha de cada animal. As regras de concursos de marcha são usualmente mais exigentes e estabelecem alguns critérios para a posição ideal de cabeça e pescoço (ABCCMM, 2022), entretanto, essa posição também necessita de estudos mais aprofundados no impacto gerado sobre o cavalo.

Com isso, os dados obtidos neste estudo podem ajudar a definir critérios e parâmetros para avaliação da marcha, alterações geradas pela postura cervical e posição da cabeça, além de proporcionarem material para melhor compreensão da locomoção de Mangalargas Marchadores de marcha batida e como a dissociação pode ser influenciada pelo cavaleiro e pelo próprio cavalo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Análise Cinemática**

O termo “cinemática” faz parte da grande área da biomecânica, que utiliza princípios da física mecânica para descrever sistemas biológicos, sendo a cinesiologia, que engloba a cinética e cinemática, o estudo do movimento dos corpos; a cinemática é a ciência responsável pelo estudo das trajetórias dos corpos ou de parte deles. (BACK, W.; CLAYTON, H.M., 2013)

A análise cinemática em sistemas *in vivo* ou *in vitro* tem sido utilizada, de uma forma mais rústica, usando desenhos e descrições do movimento transformados em equações deduzidas pelos próprios pesquisadores há mais de dois séculos por médicos, matemáticos, físicos, fisiologistas, educadores físicos e atletas para compreender, analisar e melhorar os movimentos tanto de humanos quanto de animais (ASHLEY-ROSS, 2002; DELUZIO, 1993; INNOCENTI, 2017). Os estudos mais próximos das técnicas que temos hoje eram feitos com o auxílio de câmeras fotográficas ou de vídeo que permitiam a visualização de

etapas do movimento, que era separado por *frames*, cada imagem que compõe os quadros do vídeo, ou cada imagem fotografada que juntas descrevem a trajetória do movimento, sendo que muitos dos estudos performados por Muybridge utilizaram cavalos para a análise do movimento. Cada *frame* era um fragmento que mostrava em detalhes os ângulos, as formase a postura adotados (MUYBRIDGE, 1985).

Utilizando-se esse tipo de análise, torna-se possível traçar trajetórias e estudar a posição dos segmentos corporais de um determinado indivíduo em um tempo determinado. Os dados obtidos podem ser apresentados em diversos formatos, como gráficos, tabelas, figuras esquemáticas, além de ser possível compará-los com a realização de testes estatísticos (BHATTI, 2017; CLAYTON & SCHAMHARDT, 2013).

Com a introdução de novas tecnologias, sistemas optoeletrônicos, sistemas que emitem e/ou captam ondas de luz, aliando óptica e eletrônica a dispositivos que passaram a exercer um papel significativo na captura e análise do movimento, principalmente em locomoção e animações; o uso de marcadores que refletem ondas de luz visível ou ultrassom, fornecem dados mais precisos etridimensionais. O sistema é capaz de rastrear automaticamente os marcadores, mas precisa ser recalibrado ao longo das coletas para a precisão dos dados (CLAYTON & SCHAMHARDT, 2013). Os dados coletados por marcadores de luz visível frequentemente sofrem interferência da luminosidade ambiente, por esse motivo precisam ser tratados em softwares para a remoção de ruído branco e outros tipos de interferência que podem reduzir a acurácia da análise estatística posterior (CRENNA, 2021).

Após a limpeza, os dados podem ser submetidos a plotagem gráfica e análise estatística para as avaliações necessárias. A Cinemática dos andamentos é estudada em diversas espécies, sendo utilizada para compreender como os segmentos do corpo se relacionam entre si durante os diferentes andamentos e velocidades, bem como a flexão e extensão de estruturas pode ser significativamente alterada pela velocidade, postura, coordenação, dentre outros fatores (DICHARRY, 2010).

Em cavalos a cinemática tem sido usada para avaliar claudicações (SMIT, 2021; ST GEORGE, 2019), motilidade do sêmen (DI PALMA, 2020; GACEM, 2020), mas principalmente para entender a locomoção e os fatores que podem

influenciar no perfil cinemático de cada raça equina (CANO, 2001; FONSECA, 2018; MARTUZZI, 2007; NOVOA-BRAVO, 2018).

Uma das principais aplicações da cinemática na medicina veterinária esportiva é trazer dados estatísticos e descritivos para a compreensão e desenvolvimento dos treinos e provas a que os cavalos são submetidos, tendo como foco principalmente a coluna e o movimento dos membros (FONSECA, 2018, SIMONATO, 2020).

## **2.2. Dissociação e Andamentos**

Um tópico bastante abordado quando se trata de marcha é a dissociação, que corresponde ao atraso ou adiantamento de um membro em relação ao seu par diagonal ao tocar o solo. A dissociação é importante para cavalos marchadores por ser o fator que possibilita a ocorrência dos apoios tríplices, bipedais laterais, e quadrupedais, que caracterizam os andamentos marchados, sendo o principal fator que gera maior estabilidade na coluna do cavalo e torna a marcha um andamento mais confortável que o trote (BUSSIMAN, 2019).

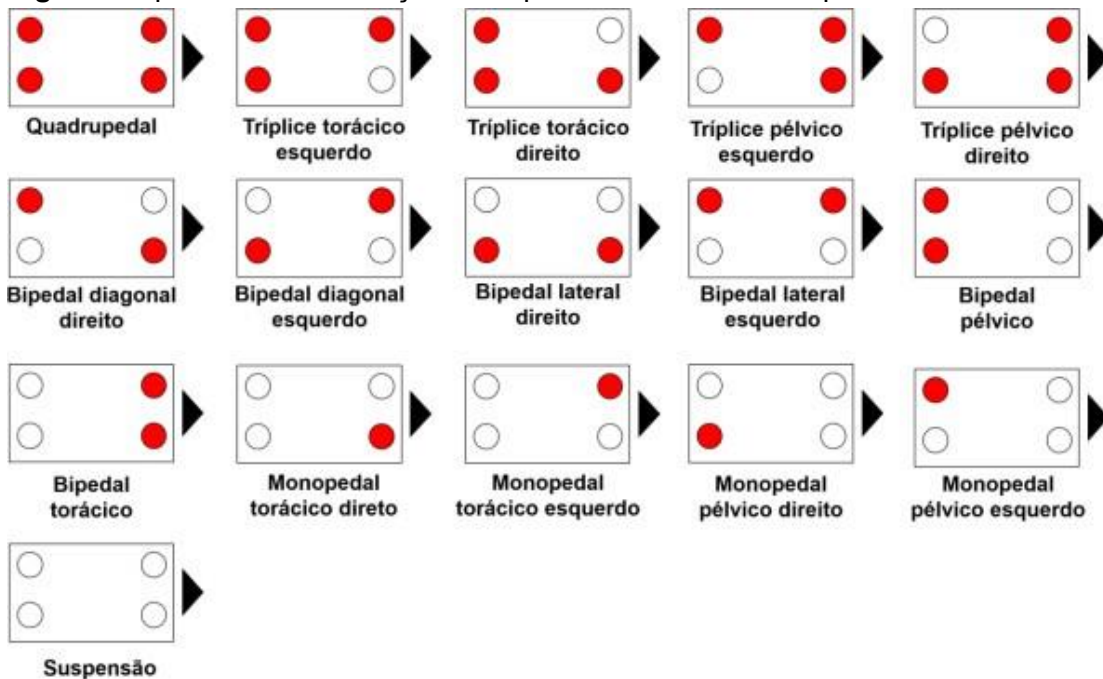
A dissociação de decolagem ocorre quando o membro deixa o solo em um momento diferente do seu par diagonal, enquanto a dissociação de aterrissagem se define pelo momento que o casco toca o solo em momento diferente de seu par diagonal. O valor da dissociação é positivo quando o membro torácico toca ou deixa o solo depois do pélvico (CLAYTON, 2004)

Alguns cavalos de trote também, em uma proporção muito menor que na marcha, dissociam, principalmente para manter a estabilidade da inclinação do tronco e para reduzir a perda de energia mecânica e o impacto dos cascos no solo e quando comparados aos cavalos com trote sincronizado, quando a dissociação é igual a zero, são evidenciadas essas diferenças. Mesmo cavalos que não executam andamentos de quatro tempos, são capazes de dissociar, dependendo da velocidade, existem estudos mostrando a dissociação tanto ao passo quanto a galope (HOBBS, 2016).

### 2.3. Cinemática da Marcha

Existem 16 tipos de combinações de apoios possíveis nos andamentos de equinos, que são considerados quando um ou mais membros tocam o solo simultaneamente, variando o membro de apoio; sendo distribuídos entre quadrupedal (quatro membros tocam o solo), tripedal (três membros tocam o solo), bipedal (dois membros tocam o solo) e monopedal, sendo a marcha composta principalmente por apoios diagonais intercalados com tripedais (CLAYTON, 2004).

**Figura 1** – possíveis combinações de apoios no andamento equino



Fonte: Fonseca, 2018.

Nicodemus e Clayton (2003) classificaram a marcha batida do Mangalarga Marchador como simétrica (com mesmo tempo de apoio para cada membro estatisticamente), marchada (com presença de dissociação evidente), de ritmo irregular a quatro tempos (cada membro toca ou deixa o solo sem sincronia), em que o diagrama era composto por apoios diagonais e quadrupedais, com tripedais intercalados, mas não relataram ocorrência de apoios laterais. Outros autores estudaram o trote, que é classificado como dois tempos (por ser um andamento de apoios diagonais) (HILDEBRAND, 1965).

A cinemática da marcha batida, composta pelo comprimento de passada, dissociação dos pares diagonais e velocidade média, não apresentou dimorfismo

sexual (FONSECA, 2018), sendo esses parâmetros diretamente ligados à sequência de apoios de cada tipo de andamento.

A posição de cabeça e pescoço em cavalos tem sido tema de pesquisas sobre o bem-estar de cavalos (BECKER-BIRCK, 2013; CEHAK, 2010; SMIET, 2014), desempenho esportivo (ELGERSMA, 2010; PETSCHKE, 1995), alterações na atividade eletromiográfica e postural do animal (WIJNBERG, 2010). Essas pesquisas se devem principalmente devido ao papel exercido pela porção cranial do corpo do animal, sendo essa responsável por 60% do peso do cavalo, sendo somente a cabeça e o pescoço aproximadamente 11% (KUBO, 1993). Outro importante fator a se considerar quando tratamos da influência da cabeça e pescoço, são as estruturas presentes e a fisiologia respiratória dependente da região (PETSCHKE, 1995).

Devido à altura e posição da cabeça do cavalo, sabe-se que há alteração do centro de gravidade do animal (ponto essencial para o equilíbrio) e com a alteração deste, é possível deduzir que o cavalo precise balancear os movimentos, alterando o tempo de apoios e a dissociação do movimento (BUCHNER, 2000).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Avaliar as alterações na cinemática de Marcha do Mangalarga Marchadorem função de diferentes posições de cabeça e pescoço durante a Marcha batida.

#### **3.2. Objetivos específicos**

Avaliar as alterações da dissociação de decolagem e aterrissagem de cada par diagonal de membros;

Avaliar visualmente as mudanças nos gestos da marcha.

Avaliar estatisticamente se o comprimento e altura de passada sofrem alteração de acordo com a posição de cabeça e pescoço.

Avaliar se há efeito na porcentagem de dissociação de aterrissagem e decolagem de acordo com a posição de cabeça e pescoço.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Animais**

Os procedimentos envolvendo animais utilizados neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Viçosa (CEUA – UFV), protocolo nº 47/2021.

No presente estudo foram utilizados 9 cavalos da raça Mangalarga Marchador, todos de marcha batida, 4 fêmeas e 5 machos castrados, peso médio de 353 kg, com idades entre 4 e 12 anos. Todos os cavalos apresentavam baixo nível de atividade atlética e eram utilizados para lazer e passeios.

Para assegurar que os animais não apresentavam alterações locomotoras que pudessem interferir nos resultados deste estudo, como dor lombar e claudicações, todos os cavalos foram submetidos ao exame clínico do aparelho locomotor, sendo esse composto por palpação e manipulação de estruturas (musculatura, ossos e tendões) desde o casco até a escápula e a pelve, avaliando o animal em movimento em busca de claudicações e áreas álgicas, conforme descrito por Stashak (2002), e exame físico da região toracolombar, que consiste em inspeção, palpação, testes de mobilidade e análise do movimento, de todas as porções da coluna vertebral, desde as vértebras cervicais até as sacrais, incluindo a musculatura da região, segundo Fonseca et al. (2011).

### **4.2. Coleta de dados tridimensionais**

Em pontos específicos da superfície corporal de cada cavalo os marcadores de polipropileno recobertos com fita retrorreflexiva foram posicionados para que as câmeras capturassem as áreas anatômicas de eleição para o estudo. Marcadores foram confeccionados pela equipe com esferas de polipropileno de aproximadamente 3 cm de diâmetro, cobertas por fita retrorreflexiva e fixados em uma base de polipropileno com o auxílio de um parafuso.

Os marcadores foram fixados na pele dos animais com fita adesiva hipoalergênica dupla face, como mostra a figura 2, sendo utilizados neste trabalho os seguintes pontos: extremidade rostral do osso nasal, topo da nuca, processo transversal das vértebras cervicais C3 e C5, extremidade lateral do talão e

extremidade da pinça. Os demais pontos marcados foram usados em outras trabalhos derivados da mesma coleta.

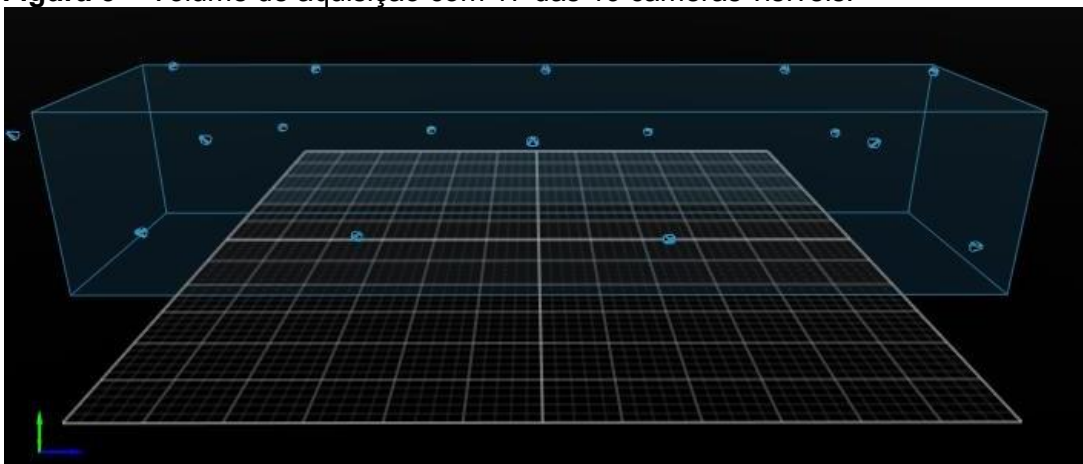
**Figura 2** – Marcadores posicionados no cavalo nos pontos de interesse.



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2019.

Dezenove câmeras do sistema optoeletrônico da OptiTrack Prime 17W (360 Hz) foram distribuídas em um galpão, de forma intercalada em suportes de 3 m e 1,5 m de altura, conectados ao programa Motive MTV-BDY2, OptiTrack, permitindo que todos os marcadores fossem capturados simultaneamente. Foi utilizado um volume de aquisição de 16 x 4,8 x 3 m, correspondendo, respectivamente, ao comprimento, à largura e à altura, como mostra a figura 3.

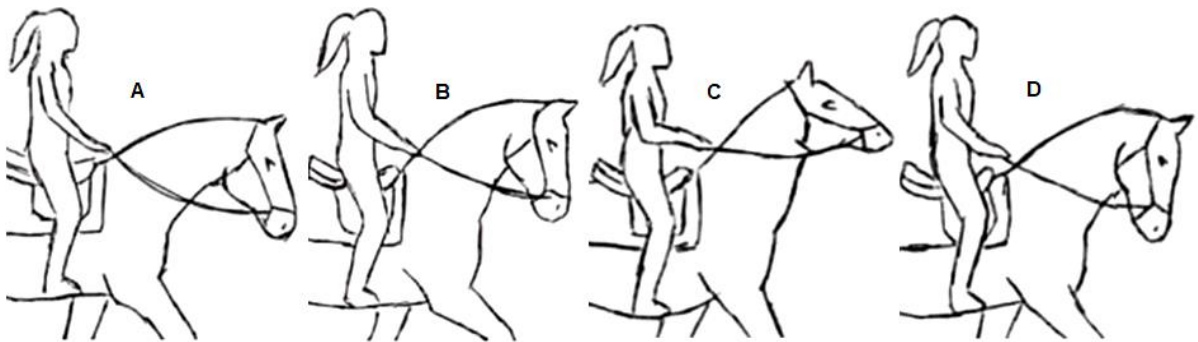
**Figura 3** – Volume de aquisição com 17 das 19 câmeras visíveis.



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2020.

Os animais foram montados pela mesma amazona experiente, conduzidos pelo volume de coleta em velocidade constante média de 9,39 km/h, controlada pela amazona, em cada posição de cabeça e pescoço. A figura 4 representa as posições de cabeça e pescoço selecionadas; “Livre”: posição livre irrestrita e neutra, animal relaxado; “Vertical”: pescoço elevado chanfro em torno da vertical, posições utilizada pela FEI podendo o chanfro estar a 90 graus com o solo ou ligeiramente atrás da vertical ; “Invertida”: pescoço elevado e consideravelmente estendido, chanfro à frente da vertical, posição estressante; “Ideal”: cabeça ligeiramente a frente da vertical (também é uma posição utilizada pela FEI, posição de concursos e provas, chanfro oblíquo, a nuca flexionada, com a cabeça formando um ângulo de aproximadamente 90° em relação ao eixo do pescoço.

**Figura 4** – Posições de cabeça e pescoço. A: Livre; B: Ideal; C: Invertida; D: -Vertical.



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2021.

Para cada animal, cada posição de cabeça e pescoço foi capturada três vezes e, dentre as capturas foram selecionadas as que mais atendiam aos parâmetros de posicionamento solicitados ao animal (posição de cabeça e pescoço) e o menor número de problemas relacionados aos marcadores (perda de sinal, falha, ruído branco, queda dos marcadores). Para cada posição de cabeça e pescoço, foram analisadas as capturas com no mínimo cinco passadas completas, sendo que uma passada corresponde a quando o membro toca o solo, é retirado e toca novamente; neste estudo, o membro utilizado como referência foi o pélvico esquerdo.

### 4.3. Dados cinemáticos

Após a coleta dos dados tridimensionais, cada captura foi executada no programa Motive MTV-BDY2, OptiTrack, para remoção do ruído e filtragem dos sinais. Cada captura foi analisada, sendo escolhida a com maior integridade de sinal (com menos ruído branco, menos falhas e com perda mínima de sinal dos marcadores) e maior número de passadas dentro do critério da posição de cabeça e pescoço solicitada pela amazona.

A dissociação, em porcentagem, foi calculada pela diferença de *frames* entre o primeiro ou último contato do membro pélvico e o do torácico contralateral com o solo, dividido pelo total de *frames* da passada, foram calculadas as duas formas de dissociação para cada par diagonal. A porcentagem de dissociação de decolagem é feita com os *frames* de quando o casco deixa o solo, enquanto a dissociação de aterrissagem é correspondente ao momento que o casco toca o solo.

O comprimento de passada foi calculado através dos valores obtidos pela subtração do primeiro toque do casco no solo até o toque seguinte, depois da fase aérea, e posteriormente sendo feita a média de cada posição de cabeça e pescoço

Para avaliação dos gestos de marcha serão obtidas imagens dos eixos X, Y e Z, correspondentes respectivamente ao craniocaudal, dorsoventral e latero-lateral, permitindo que a trajetória dos cascos dos cavalos desse estudo seja visualmente avaliada em cada eixo separadamente, desmembrando o movimento em busca de possíveis diferenças na trajetória para cada posição de cabeça e pescoço.

### 4.4. Análise dos dados

Os resultados do comprimento de passada e altura obtidos foram submetidos à ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, após atendidos os pressupostos e os valores de dissociação foram submetidos à ANOVA de três fatores. Para a avaliação do comprimento da passada, foram avaliados os efeitos principais e de interação da posição da cabeça (Invertida, livre, ideal e Vertical), o membro de referência ou antímero (esquerdo e direito).

Para a porcentagem de dissociação, foram considerados os efeitos da posição da cabeça e pescoço (Invertida, livre, ideal e Vertical), o membro de

referência de acordo com o antímero (esquerdo e direito) e o momento de dissociação (decolagem e aterrissagem). Em caso de significância, foi realizado teste post-hoc de comparações múltiplas de pares com correção de Bonferroni. Todos os cálculos foram realizados no RStudio 2021.09.1+372 com base no R 4.1.2 e considerando nível de significância de 5%.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A coleta de dados foi feita em chão de superfície de alvenaria, o que pode levar a alterações em algumas variáveis cinemáticas, quando comparadas às obtidas em esteiras, visto que algumas diferenças na locomoção, distribuição de forças e angulação de membros foram observadas quando comparadas as duas situações (BUCHNER, 1994).

Os estudos conduzidos em esteiras atualmente se concentram em temas relacionados a treinamento e condicionamento do cavalo, bem como estudos para avaliar exercícios em esteiras com água (MCCRAE, 2021; STUTZ, 2018). Neste estudo o objetivo foi avaliar as alterações nas variáveis cinemáticas dos Mangalarga Marchadores de acordo com a posição de cabeça e pescoço dos animais, visando sua aplicabilidade em treinamentos e provas da raça, por este motivo a intenção foi reduzir as possíveis variáveis que afetam a locomoção, como é o caso do piso.

De acordo com Clayton e Schamhardt (2013), as variáveis cinemáticas em cavalos clinicamente saudáveis são estáveis, o que permite que a análise de três a cinco passadas forneçam dados cinemáticos representativos.

### **5.1. Dissociação**

A porcentagem de dissociação varia de acordo com a posição de cabeça e pescoço ( $p < 0,001$ ) em ambos os pares diagonais. No entanto não houve efeito do par diagonal (direito ou esquerdo) sobre a porcentagem de dissociação na aterrissagem e na decolagem ( $p = 0,440$  e  $p = 0,382$ , respectivamente), da mesma forma que esta variável não mostrou interação com a posição de cabeça e pescoço ( $p = 0,941$  e  $p = 0,838$ , respectivamente).

Cavaleiros e treinadores profissionais sugerem, por meio de observação empírica e experiências individuais, que é possível “ensinar” o cavalo a picar, (simular a marcha picada) usando as rédeas e posição corporal, como inverter a cabeça e elevar o pescoço; portanto este resultado era esperado, visto que, neste andamento, o cavalo se aproxima da descrição encontrada por Lage (2017) da marcha picada, que a caracteriza por passadas mais curtas e, portanto, mais frequentes, como foi encontrado também neste trabalho. Há ocorrência de instabilidade também quando a posição de cabeça e pescoço do cavalo força a nuca, aproximando o queixo ao peito e exagerando na flexão da articulação o cavalo acaba perdendo a habilidade de usar devidamente a porção funicular do ligamento nugal, potencialmente desestabilizando toda a coluna do animal.

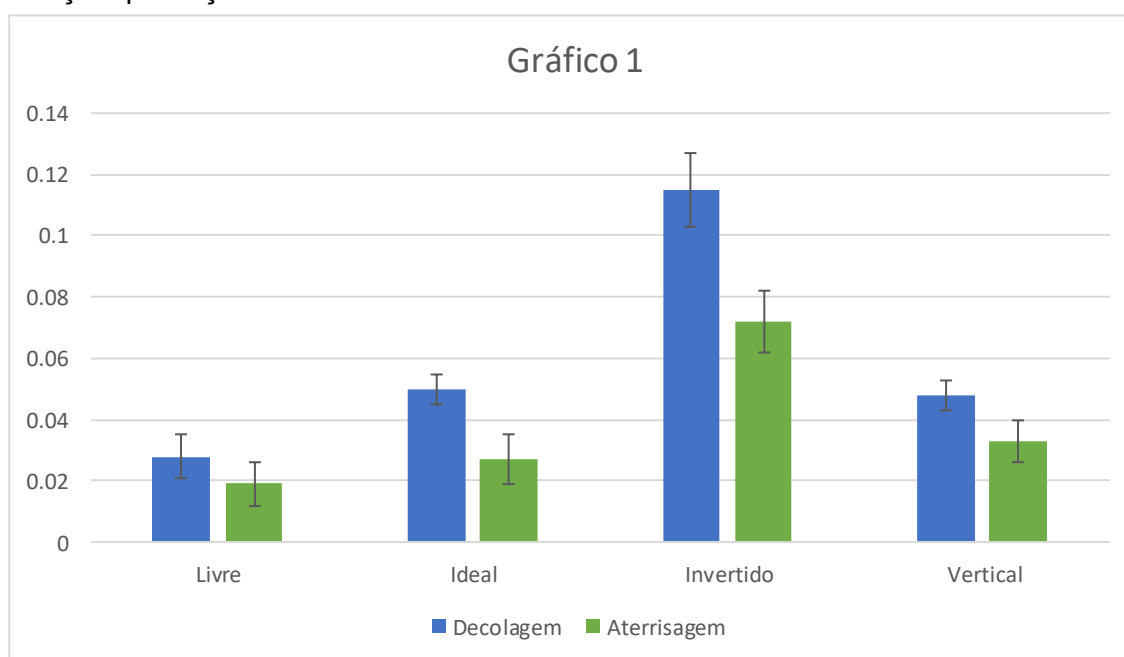
Rhodin (2009) afirma que os cavalos conduzidos com rédeas livres possuem movimentação significativamente diferente dos animais que performaram trote em posição de prova, entretanto o ângulo exato da nuca não é correlacionado diretamente aos movimentos dos membros e tronco. Essa falta de estabilidade pode levar o cavalo a procurar movimentos evasivos na tentativa de recuperar o equilíbrio e impedir que esse animal faça o engajamento ideal dos posteriores, como foi evidenciado por Rhodin (2009), aumentando a predisposição a lesões.

A posição de cabeça e pescoço “Invertida” apresenta maior média de porcentagem de dissociação quando comparada aos demais grupos, e é a posição em que as variáveis cinemáticas mais se assemelham visualmente à marcha picada, tendo como base os achados de Fonseca (2018) que demonstram que a porcentagem de dissociação na marcha picada é significativamente maior que na marcha batida levando a crer as observações empíricas previamente mencionadas são plausíveis. Esse estudo, entretanto, não comparou a posição de cabeça e pescoço “Invertida” com a cinemática de cavalos que naturalmente executam a marcha picada. Apesar das similares, não é ideal que o cavalo seja treinado nessa posição de cabeça e pescoço pelo aumento do potencial de lesões e nível de estresse do animal.

O Gráfico 1 mostra as diferenças estatísticas das médias dos grupos de posição de cabeça e pescoço, bem como do tipo de dissociação. Para a posição de cabeça e pescoço “Ideal” houve diferença entre as médias de decolagem e aterrissagem, mostrando que a porcentagem de dissociação nessa posição tem uma maior média na dissociação de decolagem. A posição “Ideal” obteve média menor

que a posição “Invertida” e maior que a “Livre” para a dissociação de decolagem, e não obteve diferença estatística da posição “Vertical”. Já para a dissociação de aterrisagem, a média mais alta foi da posição “Invertida”. A “Ideal” obteve médias próximas da posição “Livre” e “Vertical” e não foram significativamente diferentes.

**Gráfico 1** - Porcentagem de Dissociação, médias e erro padrão para cada posição de cabeça e pescoço.



Tanto em aterrisagem (-0,072%) quanto em decolagem (-0,115%) a maior média de dissociação foi na posição “Invertida” já a menor média foi obtida pela posição “Livre”, entretanto somente a dissociação de decolagem (-0,028%) obteve resultado significativo estatisticamente, enquanto a média de aterrisagem (-0,019%) apesar de ser menor numericamente, não diferiu estatisticamente das médias das posições “Ideal” e “Vertical”.

Quanto à comparação das dissociações dentro dos grupos de posição de cabeça e pescoço a posição “Livre” não apresentou diferença significativa entre a dissociação de decolagem e aterrisagem, enquanto todos os demais apresentaram média de dissociação de decolagem maior que de aterrisagem.

Para animais que executam a marcha batida, não é ideal que sejam ensinados ou forçados a dissociar mais, visto que posições de cabeça e pescoço como a “Invertida” podem gerar tensão em estruturas da cabeça e pescoço e ocasionar danos em músculos, tendões e ossos, além de potencialmente alterarem ângulos e movimentação dos membros, diretamente correlacionados a afecções degenerativas das articulações e ossos, visto que alguns dos ângulos naturais já

tem correlação com algumas afecções (BARCELOS et al., 2016; HOLROYD, 2013). Ainda existem muitos vieses inexplorados a respeito da locomoção de equinos e como a cinemática da raça pode prevenir lesões e proporcionar maior conforto tanto para os cavalos quando para os cavaleiros e amazonas.

Em cavalos de trote, existem trabalhos mostrando que posições de cabeça e pescoço afetam a simetria dos membros, e quanto mais restrita a posição de cabeça e pescoço, menos simetria na altura da cernelha quando o animal apoiava no membro direito em relação ao esquerdo. Essas assimetrias podem ou não afetar a dissociação da marcha, mas em cavalos de adestramento são reduzidas quando o cavalo é montado (EGENVALL et al., 2020). Apesar do estudo ser feito com cavalos de adestramento, é possível que essas assimetrias decorrentes de alterações das posições de cabeça e pescoço ocorram em cavalos Mangalarga marchador.

A posição de pescoço extremamente elevada pode produzir alguns efeitos compatíveis com o engajamento desejado, entretanto há uma extensão da coluna toracolombar que predispõe o cavalo a lesões, se montado por longo período nessa posição (RHODIN, 2018).

A FEI define que qualquer posição de cabeça e pescoço atingida agressivamente como inaceitável, e cita que se aplica ao Rollkur, entretanto ao LDR (Low, deep and round) não, pois afirma não ser necessária força indevida (FEI, 2010). Apesar das definições, especialistas comparam as duas posições, e em maioria afirmam que são muito semelhantes ou inclusive se trata da mesma posição (KIENAPFEL et al., 2014; VAN WEEREN et al., 2013). No presente estudo nenhuma das duas foi avaliada por não serem posições exigidas em provas do Mangalarga marchador, entretanto são um exemplo evidente de como a discussão a respeito de posição de cabeça e pescoço precisa ser embasada por dados científicos.

## **5.2. Comprimento e altura de passada**

Os resultados da ANOVA de dois fatores (posição de cabeça e pescoço, passada pélvica ou torácica e antímero do membro) para medidas repetidas de comprimento de passada são apresentados na Tabela 1. Apenas a variável “posição de cabeça e pescoço” apresenta a capacidade de alteração no

comprimento de passada.

**Tabela 1** – Efeito da posição de cabeça e pescoço no comprimento médio da passada e erro padrão por membro.

<b>Posição de cabeça e pescoço</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Erro padrão</b>
Ideal PD	1995,729 ab	69,421
Ideal PE	2027,533 ab	70,651
Ideal TD	1970,178 ab	72,398
Ideal TE	1965,562 ab	76,556
Invertida PD	1845,553 a	59,034
Invertida PE	1874,421 ad	60,334
Invertida TD	1879,084 ad	49,116
Invertida TE	1877,022 a	49,152
Livre PD	2253,244 c	39,391
Livre PE	2292,011 c	35,23
Livre TD	2259,067 c	33,294
Livre TE	2248,103 c	35,222
Vertical PD	2019,311 b	35,249
Vertical PE	2027,111 bd	43,786
Vertical TD	1963,256 bd	50,052
Vertical TE	2061,022 b	40,4

Médias acompanhadas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ( $\alpha = 5\%$ ). PD – Pélvico Direito; PE – Pélvico Esquerdo; TD – Torácico Direito; TE – Torácico Esquerdo.

O comprimento da passada apresenta variações com as modificações na postura do animal, as médias foram feitas para cada membro do cavalo, e a posição de cabeça e pescoço com menor comprimento de passada foi a “Invertida” com as médias apresentadas na Tabela 1.

O antímero não apresentou diferença estatística sobre o comprimento da passada torácica ou pélvica e nem mostrou interação com a posição de cabeça e pescoço, exceto para a posição “Vertical” em que os membros torácicos foram significativamente diferentes para essa variável. Essas alterações podem ser relacionadas ao acentuamento do ângulo nugal, visto que nessa posição de cabeça e pescoço o cavalo fica com o chanfro ligeiramente atrás da vertical, o que pode acarretar uma leve instabilidade na coluna, e na tentativa de recuperar equilíbrio, o animal movimenta os membros torácicos de forma assimétrica. Um resultado semelhante foi

encontrado por Egenvall (2020) em cavalos de adestramento. Existe a possibilidade de assimetria ocorrer apenas entre os membros torácicos pela distribuição do peso corporal que cerca de 60% se apoiam neles, enquanto os membros pélvicos são responsáveis pela propulsão, como suposto por Marey (1874) e posteriormente comprovado, dessa forma o apoio nos membros torácicos tornaria mais evidente a assimetria.

Para as posições “Invertida” e “Vertical” houve alteração pela posição de cabeça e pescoço de um par diagonal, em que pélvico direito/ torácico esquerdo (PD/TE) apresentou diferença significativa no comprimento de passada, enquanto o outro par diagonal não. Isso pode ser relacionado a amazona que montou os animais deste experimento ser destra, ou aos próprios animais, como já foi demonstrado que os cavalos tem preferência de lado para realizar determinadas atividades e elas podem ser afetadas (MCGREEVY et al., 2005). A posição de cabeça e pescoço “Vertical” obteve média maior do comprimento de passada do membro torácico na diagonal PD/TE e menor para o pélvico, comparadas à mesma diagonal na posição “Invertida”, sendo que as posições com maior restrição da rédea e menor ângulo da nuca são as que geram mais instabilidade no animal, o que pode ter levado os cavalos a utilizarem mais o lado de preferência.

A posição “Livre” teve comprimento diferente de todas as demais posições, independente do membro de referência ou antímero, sendo a com maior média. “Ideal” e “Invertida” não apresentaram diferenças significativas em nenhum grupo do Post-hoc, desta forma o comprimento de passada é estatisticamente igual para essas duas posições, assim como para “Ideal” e “Vertical”.

Quanto à altura da passada, a variável “posição de cabeça e pescoço” apresentou diferenças estatísticas, assim como o membro de referência. Os membros pélvicos não apresentaram diferença estática entre si, assim como os torácicos, entretanto pélvicos apresentaram diferenças significativas em relação aos torácicos, em que os membros torácicos apresentaram médias maiores que os pélvicos. O antímero não foi relevante.

Na Tabela 2 é possível observar as médias de todas as posições de cabeça e pescoço, bem como a diferença estatística entre elas e o erro padrão.

As posições “Ideal” e “Livre” apresentaram médias estatisticamente iguais no post-hoc, evidenciando que a posição de prova em relação à altura da passada é a única dentre as estudadas que não interfere na movimentação natural do cavalo Mangalarga Marchador no eixo Y (dorsoventral). Entre as posições “Invertida” e

“Vertical”, que obtiveram médias mais altas, também não houve diferença estatística. As duas posições podem ter obtido médias mais altas justamente pela tentativa do cavalo de melhorar a estabilidade, visto que essas posições tendem a causar maior instabilidade na coluna. Da mesma forma que o comprimento de passada, a altura também foi alterada, de forma menos evidente, entretanto.

**Tabela 2** – Efeito da posição de cabeça e pescoço na altura médio da passada (média) e erro padrão por membro.

<b>Posição de cabeça e pescoço</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Erro padrão</b>
Ideal PD	452,447 a	40,697
Ideal PE	444,301 a	38,155
Ideal TD	558,179 b	34,262
Ideal TE	534,803 b	28,767
Invertida PD	555,054 c	53,566
Invertida PE	527,357 c	46,242
Invertida TD	654,490 d	42,689
Invertida TE	657,993 d	52,194
Livre PD	424,513 a	44,227
Livre PE	425,197 a	44,692
Livre TD	525,319 b	35,272
Livre TE	507,322 b	37,902
Vertical PD	521,112 c	55,128
Vertical PE	532,860 c	49,525
Vertical TD	620,216 d	54,539
Vertical TE	615,074 d	50,585

Médias acompanhadas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ( $\alpha = 5\%$ ). PD – Pélvico Direito; PE – Pélvico Esquerdo; TD – Torácico Direito; TE – Torácico Esquerdo.

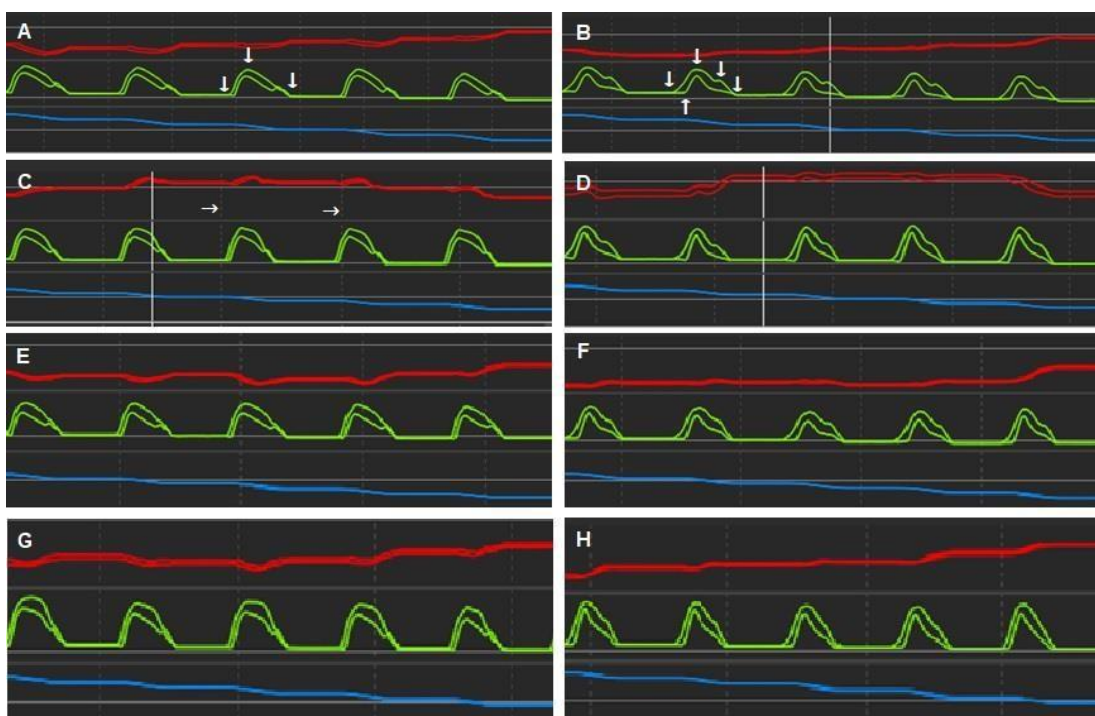
### **5.3. Gesto de Marcha (Movimentação dos membros)**

Segundo o regulamento de provas da ABCCMM (2022), gesto de marcha é definido como sendo a relação entre o movimento dos anteriores e posteriores, dissociados, propiciando momentos de tríplice apoio. Essa movimentação dos membros deve ser bem coordenada, com habilidade nas trocas de apoios e qualidade de flexionamento e extensão dos mesmos. Os membros anteriores devem descrever a figura de um semicírculo durante o deslocamento e os posteriores

devem se movimentar com energia, mas com deslocamento linear dos seus jarretes, sem elevação demasiada dos mesmos. É a correlação entre a qualidade de movimentação do animal e a distribuição clássica dos apoios da marcha.

No presente trabalho, além dos dados cinemáticos estatísticos, foi possível analisar a trajetória percorrida pelos cascos no programa Motive MTV- BDY2, OptiTrack, que divide os dados tridimensionais em três eixos; X, Y e Z. Devido à coleta ter sido executada em piso e não esteira, os dados do eixo X (latero-lateral) podem sofrer alterações devido à direção do eixo Z (crânio-caudal), mas ainda é possível observar as diferentes curvas apresentadas pela posição de cabeça e pescoço.

**Figura 5** – Representação das trajetórias de talão e pinça dos membros esquerdos de um dos animais nas quatro posições de cabeça e pescoço.



Talão e pinça dos membros torácicos (A, C, E, G) e pélvico (B, D, F, H) esquerdos de um dos animais na posição de cabeça e pescoço “Livre” em A e B, “Ideal” em C e D, “Vertical” em E e F, e “Invertida” em G e H. A Linha vermelha (superior) representa o eixo latero-lateral, a linha verde (do meio) o eixo vertical ou dorsoventral e a linha azul (inferior) representa o deslocamento craniocaudal ou horizontal. Em A as setas brancas representam o momento que o casco deixa o solo, sua altura máxima e o momento que o casco toca o solo novamente, em B as setas que apontam para baixo têm a mesma indicação que em A, exceto pela terceira que indica um pequeno platô na trajetória que é pouco perceptível em A. a seta que sobe em B indica a diferença de *frames* entre o marcador da pinça e do talão ao

deixarem o solo (de 1 a 2 *frames*). As setas brancas em C mostram as divisões em cada 100 *frames* feitas pelo programa.

Na posição “Livre”, todos os animais apresentaram trajetória do eixo Y semelhante à letra A da figura 5, em que o casco do membro torácico traçava uma curva mais arredondada, com o talão deixando o solo antes da pinça e depois a trajetória apresentando um platô mais acentuado no marcador do talão, permitindo que ambos os marcadores tocassem o solo novamente com uma diferença de no máximo 2 *frames*. O mesmo padrão de trajetória ocorre nos marcadores do membro pélvico, entretanto os picos são mais acentuados visualmente, mesmo tendo menor altura milimétrica.

No eixo latero-lateral, a trajetória dos cascos é mais evidente no membro torácico, mostrando variações nas curvas no fim da trajetória de cada passada; entretanto, os movimentos do eixo latero-lateral são tidos como movimentos parasitas por definição, ou seja, movimentos que são imprecisos e sem repetibilidade, que acontecem atrelados a um movimento intencional; podem ser neutros ou detrimentais ao movimento hospedeiro e em organismos vivos podem ser um movimento habitual (CARRETERO, 2000; LI, 2011).

Os movimentos do eixo latero-lateral não são mencionados pela a ABCCMM e estatisticamente não seguem distribuição normal segundo Silva (2017). Visualmente, é possível observar algumas diferenças sutis nas trajetórias apresentadas, sendo este movimento observado em vermelho na figura 5.

É possível notar que nas posições de cabeça e pescoço “Ideal”, “Vertical” e “Invertida”, a trajetória do eixo latero-lateral nos membros torácicos é mais uniforme e segue um padrão de platôs seguidos de picos arredondados, semicirculares, como descrito pelo padrão de provas da ABCCMM, mostrando pelas imagens que não há diferença visual neste eixo de acordo com a posição da cabeça e pescoço exceto na posição “Livre”.

As imagens obtidas do programa auxiliam na compreensão dos resultados obtidos pelo comprimento e altura de passada, principalmente relacionadas às posições “Invertida” e “Vertical”, que possuem picos levemente mais acentuados justamente pela maior altura e menor comprimento. A diferença entre pélvicos e torácicos não foi tão evidente pela proporção, já que os valores apesar de diferentes estatisticamente, não eram tão distantes numericamente.

## 6. CONCLUSÃO

As posições de cabeça e pescoço, controladas pelo cavaleiro durante a marcha influenciam todas as variáveis cinemáticas avaliadas, o que nos sugere que o treinamento pode alterar a dissociação, a amplitude de passada e os gestos de marcha do cavalo Mangalarga Marchador. Na porcentagem de dissociação a posição de cabeça e pescoço “Invertida” foi a que mais dissociou, sendo a dissociação de decolagem a maior, seguida da de aterrisagem, e também foi a posição que obteve o menor comprimento de passada, no entanto, treinar cavalos nesta posição além de diminuir o comprimento da passada, que é indesejável, também pode alterar o bem estar desses animais.

A posição recomendada para as provas e concursos do Mangalarga Marchador é a “Ideal”, mas a porcentagem de dissociação teve a mesma média da posição “Vertical” logo ambas podem ser utilizadas sem prejuízo aos quesitos avaliados.

## REFERÊNCIAS

ABCCMM – Associação Brasileira Dos Criadores Do Cavalo Mangalarga Marchador. **Padrão da raça**, Belo Horizonte: ABCCMM; 2000. Acesso 20/12/2021 disponível em <<http://leia.abccmm.org.br/portal/regulamentos/padraodaraca.pdf>>

ABCCMM – Associação Brasileira Dos Criadores Do Cavalo Mangalarga Marchador. **Regulamento Geral para Provas Esportivas**, Belo Horizonte: ABCCMM; 2022. Acesso 11/05/2022 disponível em <<http://leia.abccmm.org.br/portal/regulamentos/regulamentoesportes/regulamentogeralesportes.pdf>>

ALVAREZ, CB Gómez et al. The effect of head and neck position on the thoracolumbar kinematics in the unridden horse. **Equine Veterinary Journal**, v. 38, n. S36, p. 445-451, 2006.

ASHLEY-ROSS, Miriam A.; GILLIS, Gary B. A brief history of vertebrate functional morphology. *Integrative and Comparative Biology*, v. 42, n. 2, p. 183-189, 2002.

BACK, W.; CLAYTON, H.M. **Equine Locomotion**. London: W.B. Saunders. 2013, p.xxii.

BARCELOS, Kate Moura da Costa et al. Prevalence of tarsal diseases in champion Mangalarga Marchador horses in the marcha picada modality and its association with tarsal angle. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 47, p. 25-30, 2016.

BECKER-BIRCK, M. et al. Cortisol release, heart rate and heart rate variability, and superficial body temperature, in horses lunged either with hyperflexion of the neck or with an extended head and neck position. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 2, p. 322-330, 2013.

BHATTI, Z. Gait analysis and biomechanics of quadruped motion for procedural animation and robotic simulation. Bahria University **Journal of Information & Communication Technologies** (BUJICT), v. 10, n. 2, 2017.

BUCHNER, H. H. F. et al. Kinematics of treadmill versus overground locomotion in horses. **Veterinary Quarterly**, v. 16, n. sup2, p. 87-90, 1994.

BUCHNER, H. H. F.; OBERMÜLLER, S.; SCHEIDL, M. Body centre of mass movement in the sound horse. **The Veterinary Journal**, v. 160, n. 3, p. 225-234, 2000.

BUSSIMAN, F. O. et al. Allelic and genotypic frequencies of the DMRT3 gene in the Brazilian horse breed Mangalarga Marchador and their association with types of gait. **Genetics and Molecular Research**, v. 18, n. 1, 2019.

CANO, M. R. et al. Kinematic characteristics of Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses: a comparative study. **Research in Veterinary Science**, v. 71, n. 2, p. 147-153, 2001.

CARRETERO, J. A. et al. Kinematic analysis and optimization of a new three degree-of-freedom spatial parallel manipulator. **Journal of Mechanical Design**., v. 122, n. 1, p. 17-24, 2000.

CEHAK, Anja et al. Effect of head and neck position on pharyngeal diameter in horses. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 51, n. 5, p. 491-497, 2010.

CLAYTON, H.M.; SCHAMHARDT, H.C. Measurement techniques for gait analysis. In: BACK, W.; CLAYTON, H.M. **Equine Locomotion**. London: W.B. Saunders. 2013, p.31-60.

CLAYTON, H. The dynamic horse. **A Biomechanical guide to equine movement and performance**. Mason: Sport Horse publications, 2004.

CRENNA, Francesco; ROSSI, Giovanni Battista; BERARDENGO, Marta. Filtering biomechanical signals in movement analysis. **Sensors**, v. 21, n. 13, p. 4580, 2021.

DELUZIO, Kevin J. et al. A procedure to validate three-dimensional motion assessment systems. **Journal of biomechanics**, v. 26, n. 6, p. 753-759, 1993.

DI PALMA, Tommaso et al. Kinematic, bioenergetic and oxidative evaluations of donkey sperm preserved at+ 4 C. **Zygote**, v. 28, n. 4, p. 300-307, 2020.

DICHARRY, Jay. Kinematics and kinetics of gait: from lab to clinic. **Clinics in sports medicine**, v. 29, n. 3, p. 347-364, 2010.

EGENVALL, Agneta et al. Withers vertical movement asymmetry in dressage horses walking in different head-neck positions with and without riders. **Journal of veterinary behavior**, v. 36, p. 72-83, 2020.

ELGERSMA, A. E. et al. A pilot study on objective quantification and anatomical modelling

of in vivo head and neck positions commonly applied in training and competition of sport horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 42, p. 436-443, 2010.

**FEI Round-Table Conference Resolves Rollkur Controversy**. Inside FEI, 2010. Acesso 25/04/2021. Disponível em: <<https://inside.fei.org/media-updates/fei-round-table-conference-resolves-rollkur-controversy>>

FONSECA, Brunna Patricia Almeida da; ALVES, Ana Liz Garcia; HUSSNI, Carlos Alberto. Clinical exam protocol for the equine thoracolumbar spine. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 271-280, 2011.

FONSECA, Mayara Gonçalves et al. A genome-wide association study reveals differences in the genetic mechanism of control of the two gait patterns of the Brazilian Mangalarga Marchador breed. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 53, p. 64-67, 2017.

FONSECA, Mayara Goncalves. **Mangalarga Marchador**: estudo morfométrico, cinemático e genético da marcha batida e da marcha picada. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – Jaboticabal, UNESP, Jaboticabal, SP, 2018.

GACEM, Sabrina et al. Optimization of CASA-mot analysis of donkey sperm: Optimum frame rate and values of kinematic variables for different counting chamber and fields. **Animals**, v. 10, n. 11, p. 1993, 2020.

HENDRICKS, Bonnie L. **Come meet a Marchador!**. U.S. Mangalarga Marchador Association (USMMA): The ultimate Brazilian Saddle Horse, 2005. Disponível em: <<https://www.namarchador.org/>>. Acesso em: 03/02/2022.

HILDEBRAND, Milton. Symmetrical Gaits of Horses: Gaits can be expressed numerically and analyzed graphically to reveal their nature and relationships. **Science**, v. 150, n. 3697, p. 701-708, 1965.

HOBBS, Sarah Jane; BERTRAM, John EA; CLAYTON, Hilary M. An exploration of the influence of diagonal dissociation and moderate changes in speed on locomotor parameters in trotting horses. **PeerJ**, v. 4, p. e2190, 2016.

HOLROYD, Kate et al. Variation in foot conformation in lame horses with different foot lesions. **The Veterinary Journal**, v. 195, n. 3, p. 361-365, 2013.

HUSSNI, Carlos Alberto; WISSDORF, Horst; NICOLETT, José Luiz de Mello. Variações da marcha em equinos da raça Mangalarga Marchador. **Ciência Rural**, v.26, p. 91-95, 1996.

INNOCENTI, Bernardo. Biomechanics: a fundamental tool with a long history (and even longer future!). **Muscles, ligaments and tendons journal**, v. 7, n. 4, p. 491, 2017.

KIENAPFEL, Kathrin; LINK, Yvonne; KÖNIG V. BORSTEL, Uta. Prevalence of different head-neck positions in horses shown at dressage competitions and their relation to conflict behaviour and performance marks. **Plos one**, v. 9, n. 8, p. e103140, 2014

KUBO, Katsuyoshi et al. Segmental body weight, volume and mass center in Thoroughbred horses. **Japanese Journal of Equine Science**, v. 3, n. 2, p. 149-155, 1993.

LAGE, J. et al. Workload of official contests, net cost of transport, and metabolic power of Mangalarga Marchador horses of marcha batida or picada gaits. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 6, p. 2488-2495, 2017.

LI, Qinchuan et al. Parasitic motion comparison of 3-PRS parallel mechanism with different limb arrangements. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 27, n. 2, p. 389-396, 2011.

LIMA, RA de S.; CINTRA, A. G. Revisão do estudo do complexo do agronegócio do cavalo. Ministério da Agricultura, Brasília, DF, 2015.

MAREY, Etienne-Jules. **Animal mechanism**: a treatise on terrestrial and aerial locomotion. Henry S. King & Company, 1874.

MCCRAE, P. et al. Water height modifies forelimb kinematics of horses during water treadmill exercise. **Comparative Exercise Physiology**, v. 17, n. 1, p. 91-98, 2021.

MCGREEVY, P. D.; ROGERS, L. J. Motor and sensory laterality in thoroughbred horses. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 92, n. 4, p. 337-352, 2005.

MUYBRIDGE, Eadweard. Horses and other animals in motion: 45 classic photographic sequences. **Courier Corporation**, 1985.

NICODEMUS, M.C., CLAYTON, H.M., 2003. Temporal variables of four-beat, stepping gaits of gaited horses. **Applied Animal Behaviour Science**. 80,133-142.

NOVOA-BRAVO, Miguel et al. Selection on the Colombian paso horse's gaits has produced kinematic differences partly explained by the DMRT3 gene. **Plos One**, v. 13, n. 8, p. e0202584, 2018.

PETSCHKE, V. M. et al. Effect of head position on upper airway function in exercising horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 27, n. S18, p. 18-22, 1995.

RHODIN, M. **A biomechanical analysis of relationship between the head and neck position, vertebral column and limbs in the horse at walk and trot**. Dissertation. Uppsala: Sveriges lantbruksuniv., Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 1652-6880; 2008. ISBN 978-91-85913-34-3

RHODIN, M. et al. Effect of different head and neck positions on kinematics of elite dressage horses ridden at walk on treadmill. **Comparative Exercise Physiology**, v. 14, n. 2, p. 69-78, 2018.

RHODIN, M. et al. The effect of different head and neck positions on the caudal back and hindlimb kinematics in the elite dressage horse at trot. **Equine Veterinary Journal**, v. 41, n. 3, p. 274-279, 2009.

RHODIN, M. et al. The influence of head and neck position on kinematics of the back in riding horses at the walk and trot. **Equine veterinary journal**, v. 37, n. 1, p. 7-11, 2005.

SANTOS, Jéssyka Emmanuely Silva dos et al. Effectiveness of the morphofunctional evaluation method of Campolina and Mangalarga Marchador breeds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018.

SIMONATO, Samuel Pereira. **Influência da posição de cabeça e pescoço na cinemática da pelve e articulação coxofemoral de equinos durante a marcha**. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Departamento de Veterinária, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2020.

SILVA, Thayne de Oliveira. **Descrição morfológica e da trajetória tridimensional dos cascos de equinos da raça mangalarga marchador**. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Departamento de Veterinária, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017

SMIET, E. et al. Effect of different head and neck positions on behaviour, heart rate variability and cortisol levels in lunged Royal Dutch Sport horses. **The Veterinary Journal**, v. 202, n. 1, p. 26-32, 2014.

SMIT, Ineke H. et al. Continuous versus discrete data analysis for gait evaluation of horses with induced bilateral hindlimb lameness. **Equine Veterinary Journal**, 2021.

ST GEORGE, Lindsay Blair et al. Electromyographic and kinematic evaluation of movement and muscle activity in horses with temporary forelimb lameness induction: a preliminary report. **Advances in Animal Biosciences**, v. 10, n. S1, p. 161, 2019.

STASHAK, T.S. Examination for lameness. In: STASHAK, T. S. **Adam's Lameness in Horse**. Baltimore: Williams & Wilkins, 2002. p.113-183.

STRUNK, Rebekah et al. Effects of rider experience level on horse kinematics and behavior. **Journal of equine veterinary science**, v. 68, p. 68-72, 2018.

STUTZ, Joëlle Christina et al. Effect of three types of horseshoes and unshod feet on selected non-podal forelimb kinematic variables measured by an extremity mounted inertial measurement unit sensor system in sound horses at the trot under conditions of treadmill and soft geotextile surface exercise. **Veterinary record open**, v. 5, n. 1, p. e000237, 2018.

VAN WEEREN, P. René. About Rollkur, or low, deep and round: Why Winston Churchill and Albert Einstein were right. **The Veterinary Journal**, v. 196, n. 3, p. 290-293, 2013.

WIJNBERG, I. D. et al. Effect of head and neck position on outcome of quantitative neuromuscular diagnostic techniques in Warmblood riding horses directly following moderate exercise. **Equine veterinary journal**, v. 42, p. 261-267, 2010.