

THAYNE DE OLIVEIRA SILVA

**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E DA TRAJETÓRIA TRIDIMENSIONAL
DOS CASCOS DE EQUINOS DA RAÇA 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*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

S586d
2017

Silva, Thayne de Oliveira, 1990-
Descrição morfológica e da trajetória tridimensional dos
cascos de equinos da raça Mangalarga Marchador / Thayne de
Oliveira Silva. – Viçosa, MG, 2017.
x, 50f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Maria Verônica de Souza.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Equino. 2. Mangalarga (Cavalo). 3. Biomecânica.
4. Morfologia (Animais). I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Veterinária. Programa de Pós-graduação em
Medicina Veterinária. II. Título.

CDD 22 ed. 636.13

THAYNE DE OLIVEIRA SILVA

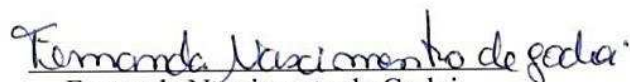
**DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E DA TRAJETÓRIA TRIDIMENSIONAL
DOS CASCOS DE EQUINOS DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR**


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: 17 de julho de 2017.


Polyana Galvão Bernardes Coelho


Amanda Piaia Silvatti
(Coorientadora)


Fernanda Nascimento de Godoi


Maria Verônica de Souza
(Orientadora)

Dedico,
A Deus por iluminar meu caminho sempre.
Aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio, incentivo, compreensão e amor.
E em especial, dedico a minha mãe, a razão de tudo!

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, muito obrigada por ter guiado os meus passos sempre! Por ter me concedido a paixão pelos cavalos, pois é por ela que eu me tornei médica veterinária e por ela que estou trilhando esse caminho. Costumo dizer que o amor por esses animais não é algo que se cria, é algo nato. Essas pessoas que nascem com esse amor, essas sim, podem se sentir privilegiadas, e é assim que eu me sinto: privilegiada por conviver com um ser tão maravilhoso, mágico, amigo, e incondicionalmente fiel.

À minha mãe, por ser esse anjo em minha vida, que nos momentos difíceis, de dúvidas, incertezas é meu porto seguro. Por me ensinar que nada nessa vida é por acaso, e que sempre devemos confiar em nós mesmos e em Deus.

Ao meu pai, por ter sido a pessoa que despertou em mim a paixão pelos cavalos. Por não medir esforços para que os meus sonhos se tornem realidade. Obrigada pelo apoio, incentivo e proteção.

Ao meu irmão, pelo companheirismo. Você é uma das minhas inspirações, com você aprendi que nunca devemos desistir do que sonhamos.

Aos meus familiares, que torcem pelo meu sucesso pessoal.

Aos meus amigos, pela torcida e companheirismo. Vocês tornam a vida muito mais divertida.

Ao Igor pela paciência e companheirismo. Por acreditar que eu seria capaz e por ter me dado de presente mais uma família que torce muito por mim.

À minha orientadora, Maria Verônica de Souza, que prefiro chamá-la de “mãezona”. Por ter acreditado e confiado em mim, e tornar esse tempo, não apenas um período de mestrado, mas sim num período de aprendizado, confiança, amizade e diversão. A senhora sempre me apontou o Norte quando eu me encontrava totalmente perdida. Sempre terá meu carinho, amizade, admiração e gratidão.

À equipe que auxiliou na realização do projeto de pesquisa com destaque para Mayara que, além de amiga, atuou como co-orientadora, além de ter ajudado muito no meu crescimento profissional. Ao Professor Rogério pela paciência e boa vontade sempre. Ao Professor Raphael Fernandes, que mesmo não sendo da área, fez o possível para ajudar.

À minha coorientadora, Professora Amanda, por todo ensinamento e a todos os membros do Laboratório de Análises Biomecânicas da UFV que me auxiliaram de

alguma forma. A também coorientadora, Professora Brunna pelo incentivo e disponibilidade.

À Associação de Criadores de Cavalos Mangalarga Marchador (ABCCMM) por tornar esse estudo possível. Finalmente, agradecimento especial a Universidade Federal de Viçosa que se fez presente em minha vida desde os tempos de COLUNI até agora, no Departamento de Veterinária, durante minha graduação e pós-graduação. Obrigada pelos ensinamentos pessoais e profissionais. Vou levar essa experiência por toda minha vida!

BIOGRAFIA

THAYNE DE OLIVEIRA SILVA, nascida dia 20 de agosto de 1990, em Brasília, DF. Filha de Marcondes José da Silva e Cláudia de Oliveira Silva, e irmã caçula de Ben-Hur Antônio de Oliveira Silva.

Em 1997 mudou-se para Paula Cândido, MG. Graduou-se em Medicina Veterinária em 2014 pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Em agosto de 2015 começou o Mestrado, na área Clínica Médica Veterinária, com a Professora Maria Verônica de Souza, também pela Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1	3
Resumo	3
Abstract	4
Introdução	5
Material e Métodos	6
Resultados e Discussão	8
Conclusão	17
Referências	18
CAPÍTULO 2	22
Resumo	22
Abstract	24
Introdução	25
Material e Métodos	26
Resultados e Discussão	30
Conclusão	40
Referências	40
CONCLUSÕES GERAIS	44
ANEXOS	46
Anexo 1	46
Anexo 2	47

RESUMO

SILVA, Thayne de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Descrição morfológica e da trajetória tridimensional dos cascos de equinos da raça Mangalarga Marchador.** Orientadora: Maria Verônica de Souza. Coorientadoras: Amanda Piaia Silvatti e Bruna Patrícia Almeida da Fonseca

A pesquisa teve como objetivos descrever a morfologia dos cascos dos membros torácicos e pélvicos de equinos da raça Mangalarga Marchador. Adicionalmente, descrever a trajetória (deslocamento vertical, longitudinal e transversal), alinhamento e comportamento do movimento dos cascos nesses animais, durante o andamento marcha batida (MB) e picada (MP), na velocidade curta e média (marcha reunida e marcha média). Foram utilizados 28 equinos pertencentes a diversos criatórios do Brasil, que participaram da Exposição Nacional dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, sendo divididos em quatro grupos: sete fêmeas de marcha batida, sete fêmeas de marcha picada, sete machos de marcha batida e sete machos de marcha picada. Para descrição morfológica do casco foram mensurados comprimento da parede dorsal (CP), altura dos talões medial (ATM) e lateral (ATL), e o ângulo (ANG) dos cascos. Para o estudo cinemático, foi utilizado um marcador retroreflexivo, de 1,5 cm de diâmetro, colocado na região dorsoproximal da muralha dos quatro cascos. As coordenadas tridimensionais (3D) deste marcador no andamento marcha batida e picada foram obtidas utilizando um sistema optoeletrônico (Sistema Optitrack®, Natural Point, Corvallis, Oregon, USA – modelo PRIME 17 w), utilizando 18 câmeras posicionadas ao longo de um percurso de 16 m. As coordenadas 3D foram plotadas em função do tempo e nos planos dorsal, sagital e transversal para análise do padrão do movimento por meio do programa Visual 3D® (Visual3D v6 Professional, C-Motion, Inc., Century Blvd, Germantown – USA). Membros torácicos e pélvicos foram analisados separadamente. Primeiramente foi verificada a simetria entre os antímeros, e depois de verificada a normalidade, os efeitos de sexo e tipo de marcha na descrição morfológica do casco foram estudados por meio da análise de variância (ANOVA de duas vias). Para observar a influência do CF na morfologia do casco foi usada análise de regressão linear, relacionando a data do último CF com os valores encontrados para CP, ATM, ATL e ANG. Os dados referentes à avaliação cinemática foram analisados de forma descritiva (média, desvios padrão e porcentagem) e inferencial.

Também foi verificada simetria entre antímeros e normalidade dos dados, que não foi encontrada para o deslocamento transversal, então para verificar os efeitos de sexo, marcha e velocidade foi utilizada o teste não paramétrico Wilcoxon. Para os deslocamentos longitudinal e vertical o teste utilizado foi ANOVA. O valor de significância foi de 5%. As médias de CP, ATM, ATL e ANG foram $94,50 \pm 8,25$ mm, $41,41 \pm 4,84$ mm, $41,00 \pm 4,36$ mm e $47,76 \pm 2,88$ graus, respectivamente. O CP sofreu efeito da marcha (maior na batida), enquanto ATM e ATL variaram com a marcha e sexo (machos de marcha batida) nos membros torácicos, e apenas a sexo (machos) nos membros pélvicos. O ANG não sofreu variação da marcha e do sexo. A velocidade executada na marcha reunida e na marcha média varia de 11,05 a 11,49 km/h e 12,77 a 13,71 km/h, respectivamente. Apenas dois animais de MP apresentaram completo alinhamento dos cascos. Fêmeas de MB apresentaram 71,43% de desalinhamento. Os membros torácicos e pélvicos se comportaram de forma semelhante, sendo que no deslocamento vertical houve efeito de marcha, que foi maior na batida. Também houve efeito da marcha no movimento longitudinal, sendo maior na marcha batida, e efeito de velocidade, que foi maior na marcha média (velocidade média). Movimentos transversais apesar de irregulares não sofreram efeitos. O gesto ideal foi encontrado em maior número no grupo das fêmeas de MB na marcha média (71,43%). No membro pélvico foram encontrados dois tipos de movimento trasnversais, um descrevendo um arco externo e outro um arco interno (16,07% dos animais). A data do último CF tem relação inversa com a altura dos talões. Cascos de equinos Mangalarga Marchador apresentam variação de CP, ATM e ATL. O movimento transversal existe, apesar de não ser descrito no padrão da marcha. Os achados da presente pesquisa irão colaborar com o maior conhecimento do funcionamento do sistema locomotor de equinos, servirão de base para estudos futuros e contribuirão para o entendimento do padrão da marcha realizada pela raça Mangalarga Marchador.

ABSTRACT

SILVA, Thayne de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Morphological description and description of the three-dimensional trajectory of Mangalarga Marchador horse hooves.** Advisor: Maria Verônica de Souza. Co-advisors: Amanda Piaia Silvatti and Bruna Patrícia Almeida da Fonseca

The objectives of this study were to describe the morphology of fore- and hindlimb hooves of Mangalarga Marchador (MM) horses and describe the trajectory (vertical, longitudinal, and transverse displacements), alignment, and pattern shown by the hooves of these animals during the marcha batida (MB) and marcha picada (MP) gaits, at collected (short speed) and medium (medium speed) walks. Twenty-eight animals belonging to several horse farms in Brazil that participated in the National Mangalarga Marchador Breeders' Horse Show were divided into four groups: seven MB mares, seven MP mares, seven MB stallions, and seven MP stallions. For the morphological description of the hoof, the length of the dorsal wall (WL); height of medial (MHH) and lateral (LHH) heels; and hoof angle (ANG) were measured. For the kinematic study, a 1.5-cm-diameter retro-reflective marker was fixed to the dorsoproximal region of the wall of the four hooves. The three-dimensional coordinates (3D) of this marker in the marcha batida and marcha picada gaits were obtained using an optoelectronic system (Optitrack®, Natural Point, Corvallis - OR, USA – model PRIME 17 w), with 18 cameras placed along a 16-m track. The 3D coordinates were plotted as a function of time on the dorsal, sagittal, and transverse planes for an analysis of the movement pattern using Visual 3D® software (Visual3D v6 Professional, C-Motion, Inc., Century Blvd, Germantown - MD, USA). Fore- and hindlimbs were analyzed separately. First, the symmetry between the antimeres was checked, and after normality was confirmed, the effects of sex and marcha type on the morphological description of the hoof were studied by analysis of variance (two-way ANOVA). To observe the influence of TS on hoof morphology, a linear regression analysis was performed, relating the date of the last TS with the values found for WL, MHH, LHH, and ANG. Data pertaining to the kinematic evaluation were analyzed descriptively (means, standard deviations, and percentage) and inferentially. Symmetry between the antimeres and data normality were tested and not confirmed for vertical displacement; thus, Wilcoxon non-parametric test was used to check the effects of sex, marcha type, and speed. A three-way ANOVA was

used for the longitudinal and vertical displacements. The significance level adopted was 5%. Mean values for WL, MHH, LHH, and ANG were 94.50 ± 8.25 mm, 41.41 ± 4.84 mm, 41.00 ± 4.36 mm, and 47.76 ± 2.88 degrees, respectively. Wall length was affected by marcha type (higher in batida), while MHH and LHH varied with marcha type and gender (marcha batida males) in the forelimbs, and only gender (males) in the hindlimbs. ANG did not vary according to marcha type or sex. The speeds used at collected and medium walks ranged from 11.05 to 11.49 km/h and 13.71 to 12.77 km/h, respectively. Only two MP animals showed complete alignment of the hooves. Marcha batida mares had 71.43% hoof misalignment. Fore- and hindlimbs behaved similarly, with an effect of marcha type observed in vertical displacement, which was higher in the batida gait. There was also an effect of marcha type on longitudinal displacement, which was higher in MB; and an effect of speed, which was higher at medium walk (medium speed). Though irregular, transverse movements were not affected. The ideal style was most frequent (71.43%) in the group of medium-walk MB females. Two types of transverse movement were detected in the hindlimb: one describing an outer arc, and another describing an inner arc (16.07% of the animals). The date of the last trimming-shoeing is inversely related to the height of the heels. The hooves of Mangalarga Marchador horses vary in WL, MHH, and LHH. Transverse movement exists, though not described in the marcha pattern. The current findings will serve as basis for further research and contribute to extending the knowledge of the horse locomotor system and to the better understanding the marcha gait pattern of the Mangalarga Marchador breed.

INTRODUÇÃO GERAL

Segundo reportagem recentemente publicada (O TEMPO, 2017) o mercado de cavalos movimentava R\$ 16 bilhões/ano e vem gerando mais de 3 milhões de empregos direta ou indiretamente relacionados com o setor. Esses valores chegam a ser duas vezes superiores àqueles encontrados para a indústria automobilística, na qual apenas 1,3 milhão de cidadãos se encontravam empregados no ano de 2016.

O Mangalarga Marchador é o cavalo de sela brasileiro. Originada no estado de Minas Gerais, a raça Mangalarga Marchador (MM) é uma das principais do país com 495.785 exemplares. Desses, 208.159 animais se encontram no estado mineiro. A raça vem ganhando destaque mundialmente, e de acordo com a Associação Brasileira de Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM), existem aproximadamente 31.276 animais no exterior. Núcleos de criadores são encontrados em países como Alemanha, Itália, Argentina e Estados Unidos (ABCCMM, 2016). Andamento cômodo e a docilidade fazem com que ele seja utilizado em diversas atividades equestres. E por isso está sujeito a problemas relacionados com o sistema locomotor. Alguns desses problemas estão relacionados com a falta de cuidado com os cascos, ou até mesmo com casqueamento e ferrageamento inadequados.

Na clínica médica equina a avaliação do sistema locomotor depende da observação do movimento, e a retina humana pode não perceber discretas alterações do movimento. Análises biomecânicas, mais especificamente, análises cinemáticas são importantes para, primeiramente, melhor entendimento do andamento em animais sadios e posteriormente em animais que apresentam claudicação.

O equilíbrio e a biomecânica do casco são importantes para o desempenho do equino. Por isso as descrições morfológica e cinemática dos cascos auxiliam na compreensão do andamento característico da raça e principalmente, ajuda a entender a individualidade de cada animal.

REFERÊNCIAS

ABCCMM - Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM), 2016. *O marchador: História da raça e Características da raça*. Disponível em: <<http://www.abccmm.org.br/>> Acessado em: 10 fev. 2017.

O TEMPO. *Cavalo emprega mais que carro*. Disponível em: <<http://www.otempo.com.br/capa/economia/cavalo-emprega-mais-que-carro-1.1486820>> Acessado em: 24 jun. 2017.

CAPÍTULO 1

Descrição morfológica dos cascos torácicos e pélvicos de equinos da raça Mangalarga Marchador de marcha batida e picada

SILVA, Thayne de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017.
Descrição morfológica e da trajetória tridimensional dos cascos de equinos da raça Mangalarga Marchador. Orientadora: Maria Verônica de Souza.
Coorientadoras: Amanda Piaia Silvatti e Bruna Patrícia Almeida da Fonseca

RESUMO

Os cascos estão diretamente relacionados à sustentação e qualidade do movimento dos membros. Embora seu desequilíbrio possa ocasionar claudicação, ainda há negligência quanto ao balanceamento adequado. Adicionalmente, existem controvérsias de qual seria o padrão ideal. O objetivo desse estudo foi descrever a morfologia dos cascos de equinos atletas da raça Mangalarga Marchadores (MM). Vinte e oito animais foram divididos em quatro grupos [machos de marcha batida (MB), fêmeas MB, machos de marcha picada (MP) e fêmeas MP]. Membros torácicos e pélvicos foram analisados separadamente. Foram mensurados comprimento da parede dorsal (CP), altura dos talões medial (ATM) e lateral (ATL), e o ângulo (ANG) dos cascos. Efeitos de sexo e tipos de marcha foram avaliados por ANOVA de três vias seguida pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Influência do casqueamento/ferrageamento (CF) sobre os valores mensurados foi verificada por meio de análise de regressão. As médias de CP, ATM, ATL e ANG foram $94,50 \pm 8,25$ mm, $41,41 \pm 4,84$ mm, $41,00 \pm 4,36$ mm e $47,76 \pm 2,88$ graus, respectivamente. O CP foi maior na MB em ambos os membros, independente do sexo. Nos membros torácicos, ATM e ATL foram maiores nos machos de MB. Nos membros pélvicos houve diferença entre sexo, sendo maior nos machos. ANG não variou em nenhum dos casos. A data do último CF tem relação inversa com a altura dos talões. Cascos de equinos MM apresentam variação de CP, ATM e ATL.

Palavras-chave: criadores, cavalos, andamento, região distal do membro

**Morphological description of the fore and hind hooves of Mangalarga
Marchador horses of marcha batida and picada**

ABSTRACT

The hooves are directly related to the support and quality of the movement of the limbs. Although their imbalance may cause lameness, there is still negligence about proper balancing and no consensus regarding the ideal standard. The objective was to describe the hoof morphology of Mangalarga Marchador (MM) horses participating in a competition. Twenty-eight animals were divided into four groups [marcha batida gait (MB) males, MB females, marcha picada gait (MP) males, and MP females]. Forelimbs and hindlimbs were analyzed separately. The length of the dorsal wall (WL); height of medial (MHH) and lateral (LHH) heels; and hoof angle (ANG) were measured. Effects of antimeres (left and right), sex and gait types were evaluated by three-way ANOVA followed by the Tukey test ($P < 0.05$). No variables differed between antimeres. Mean values for WL, MHH, LHH, and ANG were 94.50 ± 8.25 mm, 41.41 ± 4.84 mm, 41.00 ± 4.36 mm, and $47.76 \pm 2.88^\circ$ respectively. The WL was higher in MB compared to MP in both limbs, regardless of the sex. In the forelimbs, MHH and LHH were higher in MB than MP, and in males compared to females, while in the hindlimbs they not differed between gaits, but were higher in males. ANG did not differ in any of factors. Regression analysis revealed that the date of the last hoof trimming and shoeing (TS) was inversely related to the height of the heels. The WL, MHH, and LHH, of the hooves of MM horses are influenced by gender and gait type.

Keywords: breeders, equine, gait, distal limb region

INTRODUÇÃO

O equino da raça Mangalarga Marchador (MM) originado no estado de Minas Gerais destaca-se como animal de sela devido ao seu temperamento dócil e por apresentar andamento de boa comodidade (ABCCMM, 2017). Entretanto, como é utilizado em diversas atividades equestres, está sujeito a problemas relacionados com o sistema locomotor. Muitos desses problemas estão associados ao tipo e à intensidade da atividade física realizada e com a falta de conhecimento sobre os cascos. Irregularidades e assimetria na região distal dos membros podem ocasionar lesões e, conseqüentemente, claudicação, podendo inclusive reduzir o desempenho do animal (Melo *et al.*, 2006; van Weeren e Crevier-Denoix, 2006; Hampson *et al.*, 2013; Wilson, *et al.*, 2016). Estudo realizado por Assis *et al.* (2015) revelou que apesar da alta frequência de cascos desequilibrados em casuística hospitalar, os equinos atletas costumam apresentar cascos melhor balanceados.

Teoricamente, um casco equilibrado deve ter no máximo três milímetros de diferença entre os talões (medial e lateral) (Souza e Duran, 2004; Baxter, 2011), e a altura dos mesmos deve ser de aproximadamente um terço ou a metade do comprimento da parede dorsal (CP) do casco (Turner, 2003). O ângulo dos cascos, obtido mediante avaliação do CP junto à sola, pode variar entre 45 e 50 graus nos membros torácicos, e entre 50 e 55 graus nos membros pélvicos (Baxter, 2011). Entretanto, recentemente Souza *et al.* (2016) relataram que cada raça tem sua individualidade, podendo haver variações intrarracial tendo em vista a diferença genética, de conformação, e manejo alimentar e relacionado com a atividade física desenvolvida pelo animal. De acordo com Barrey (1990) estudos sobre a conformação do casco tem aplicação na clínica, no casqueamento e no ferrageamento. Além disso, podem ajudar na seleção de animais de competição.

O objetivo desse estudo foi descrever a morfologia dos cascos de equinos atletas da raça Mangalarga Marchador, participantes de exposição nacional, de forma a gerar dados específicos sobre a raça.

MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo da pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso Animal (processo N° 17/2016) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), e pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (parecer N° 1.481.628), uma vez que os criadores, tratadores ou apresentadores foram submetidos a um questionário básico sobre idade dos animais, fornecimento de sal mineral, casqueamento e ferrageamento.

As atividades foram realizadas no Parque de Exposição Bolivar de Andrade, em Belo Horizonte (Minas Gerais), durante Exposição Nacional do Cavalo Mangalarga Marchador, com a parceria do Departamento de Veterinária (DVT) e do Laboratório de Análises Biomecânicas do Departamento de Educação Física da UFV, assim como o Laboratório de Farmacologia e Fisiologia do Exercício Equino (LAFEQ /UNESP – Jaboticabal).

Foram utilizados 28 equinos da raça Mangalarga Marchador, hígidos, com idade entre 36 e 120 meses ($73,11 \pm 21,98$). Os animais foram divididos em quatro grupos, sendo sete fêmeas de marcha batida, sete fêmeas de marcha picada, sete garanhões de marcha batida e sete garanhões de marcha picada. Tendo em vista que morfologicamente os cascos dos membros torácicos se diferem dos membros pélvicos (Back e Pille, 2013), eles foram analisados separadamente.

Os criadores, responsáveis e/ou apresentadores responderam ao questionário sobre idade, fornecimento de suplementação mineral e último casqueamento/ferrageamento (CF) antes de realizadas mensurações nos cascos. Na sequência, os equinos foram observados em superfície plana, e os membros elevados para facilitar a obtenção das medidas realizadas com podogoniômetro e paquímetro, conforme critério descrito por Simonato *et al.* (2013) e Assis *et al.* (2015). As mensurações foram realizadas pelo mesmo profissional.

O comprimento da parede dorsal (CP) do casco foi determinado com o auxílio de um paquímetro situado na superfície dorsal, a partir do centro da superfície da pinça que é o ponto de saída do casco quando em equilíbrio, progredindo para o ponto mais proximal, na região coronária (Figura 1A). A altura dos talões medial (ATM) e lateral (ATL) também foi determinada utilizando paquímetro, sendo essa mensuração realizada na superfície palmar/plantar do casco, a partir da região mais distal, que entra em contato com o solo, até a mais proximal

(Figura 1B). Com um podogoniômetro foi determinado o ângulo do casco (ANG) que é formado pela interseção da linha correspondente à superfície dorsal da parede, com o plano horizontal da superfície solear (Figura 1C). A ferradura foi desconsiderada nas mensurações de CP, ATM e ATL.



Figura 1 – Mensuração do comprimento da parede dorsal (A) e altura dos talões (B) utilizando paquímetro. Ângulo do casco (C) determinado com um podogoniômetro.

Os dados foram submetidos à análise estatística mediante utilização do programa MatLab (MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts – USA, versão R2012a). As análises foram realizadas para membros torácicos e pélvicos separadamente, visto que morfológicamente os membros se diferem. Foi utilizada análise de variância (ANOVA) para verificar a simetria entre os antímeros (direito e esquerdo) para cada uma das variáveis (CP, ATM, ATL E ANG). Como não foram encontradas diferenças entre antímeros, membros foram considerados simétricos, de forma que a amostra ficou maior, passando de sete para quatorze repetições. Depois de comprovada a normalidade (Lillietest) para verificar os efeitos do sexo e da marcha, foi utilizada análise de variância (ANOVA) de três vias, seguida pelo teste de Tukey. Para observar a influencia do CF na morfologia do casco foi usada análise de regressão linear, relacionando a data do último CF com os valores encontrados para CP, ATM, ATL e ANG. O valor de significância foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os criadores, responsáveis e/ou apresentadores responderam ao questionário sobre a suplementação mineral, casqueamento e ferrageamento. Como esperado, por se tratar de animais atletas, todos recebiam *ad libitum* suplementação mineral adequada para a espécie equina. Sabe-se que os minerais, assim como proteínas e vitaminas são fundamentais para o crescimento do casco (Ott e Johnson, 2001; Faria et al, 2005).

O último CF, realizado antes da mensuração das variáveis, variou de 0 a 60 dias. Nas Fig. 2 e 3 estão representadas os resultados referentes a análise de regressão entre o último CF e as variáveis CP, ATM, ATL e ANG, obtidas nos membros torácicos e pélvicos.

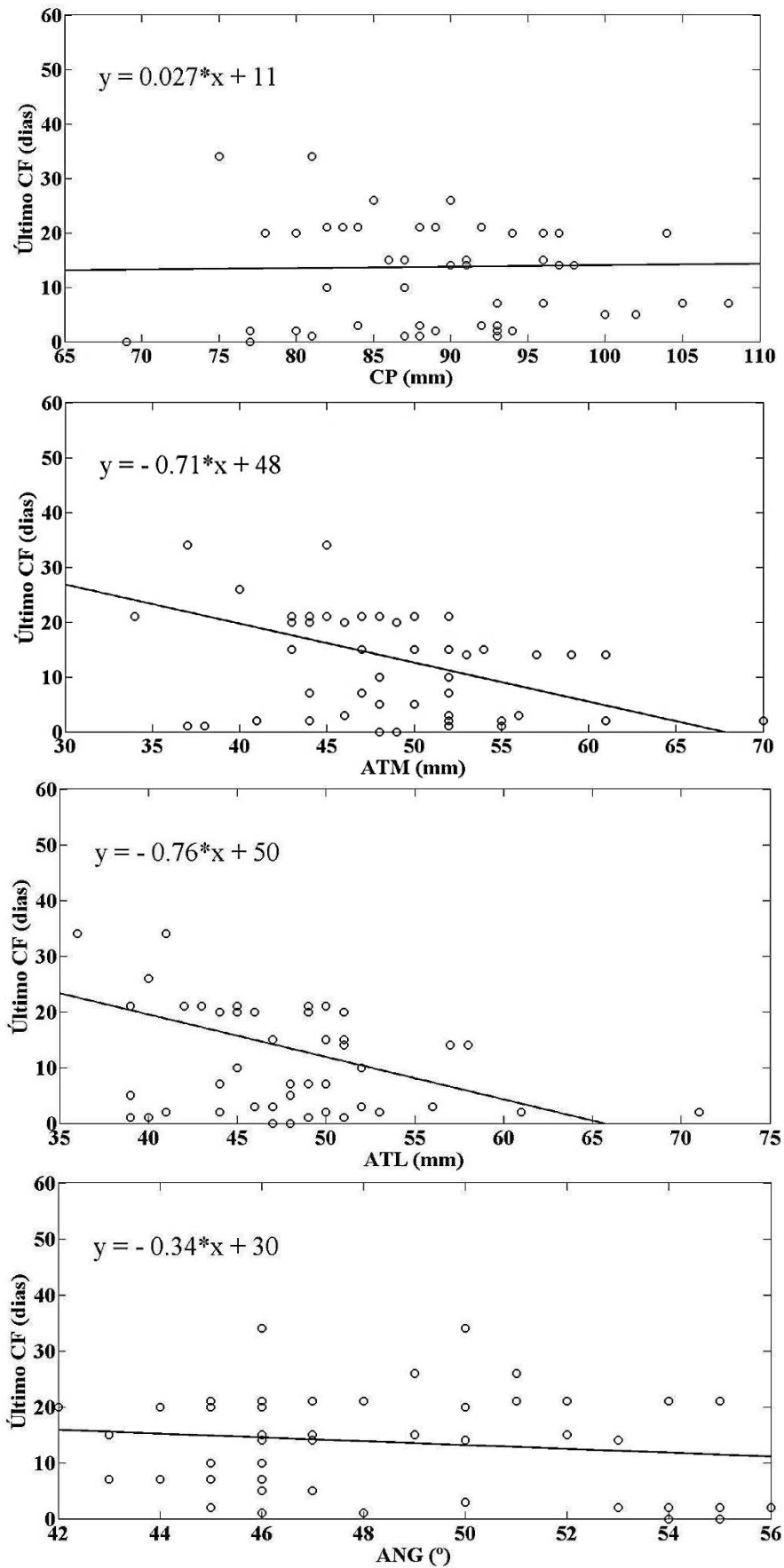


Figura 2. Valores encontrados para CP (A), ATM (B), ATL (C) e ANG (D) nos membros torácicos em relação ao último CF.

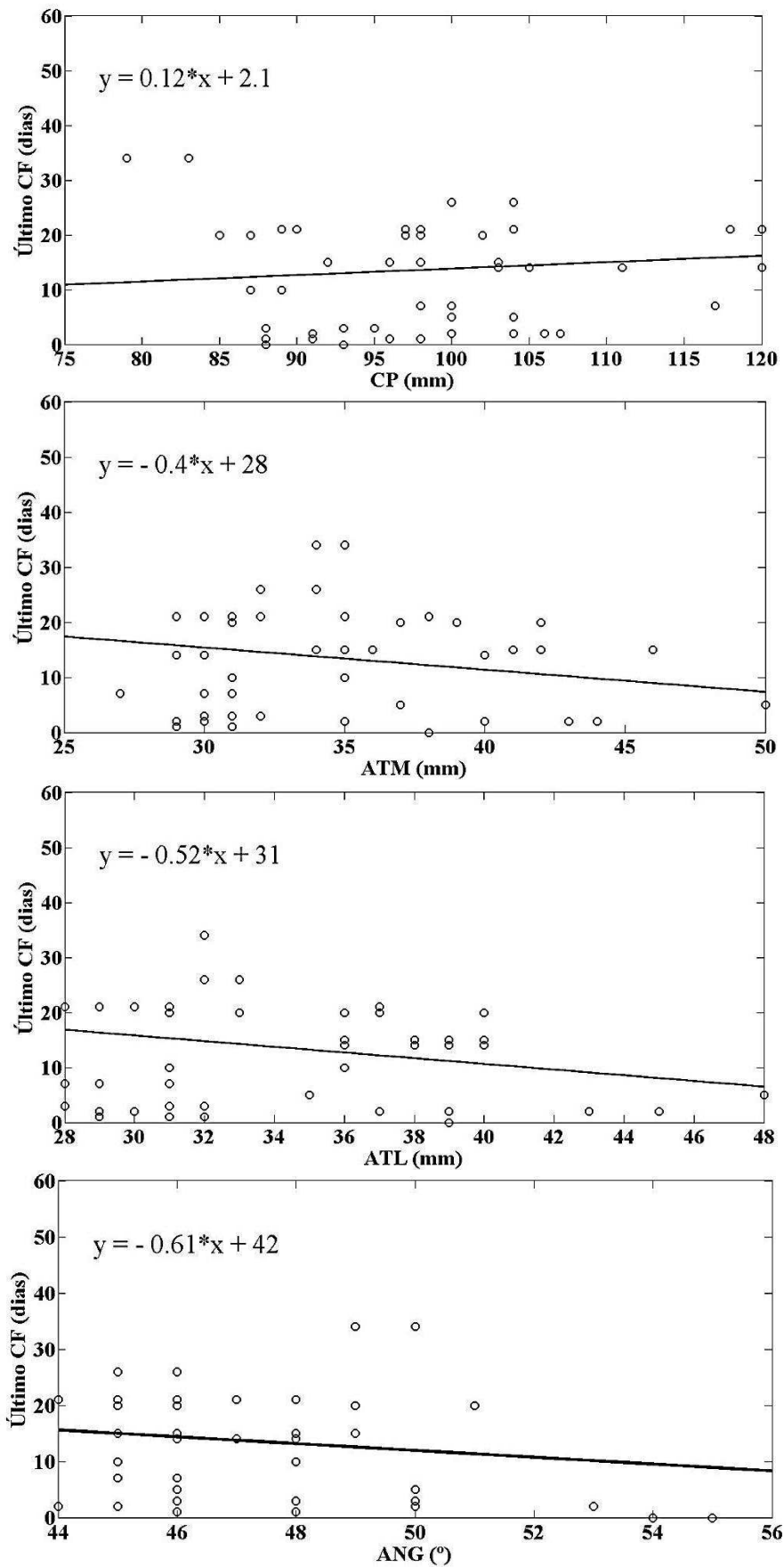


Figura 3. Valores encontrados para CP (A), ATM (B), ATL (C) e ANG (D) nos membros pélvicos em relação ao último CF.

Tanto nos membros torácicos quanto nos pélvicos foram observadas proporções inversas entre o último CF e as variáveis ATM, ATL E ANG, ou seja, quanto mais recente a data do último CF, mais elevados foram os valores dessas características estudadas. Porém existiu relação proporcional entre o CF e CP, de forma que, quanto mais recente o CF, menor o valor de CP. Por outro lado, houve variações quanto ao coeficiente de correlação. Apenas nos membros torácicos houve correlação considerável, entre CF/ATM e CF/ATL, sendo classificadas como fracas ($R=0,37$). Embora tenham sido fracas, foram significativas (ATM: $P=0,005$ e ATL: $P=0,0046$), e em todo o restante a o coeficiente de correlação não atingiu valor considerável. De acordo com Geyer and Schulze (1994), and Josseck et al. (1995) a taxa de crescimento do casco varia em diferentes locais do casco. Assim sendo, a impressão de que os talões diminuem e a pinça aumenta à medida que o tempo passa após o último CF, é explicada pelas diferentes taxas de crescimento do casco. Desta forma, a morfologia de todas as partes do casco devem ser avaliadas de forma global para analisar a necessidade de antecipar ou adiar o próximo CF.

Na Tab. 1 estão apresentados os valores médios e desvios padrão para cada variável em cada grupo. Na Tab.2 observam-se os resultados encontrados para CM, ATM, ATL e ANG em relação à marcha batida e picada, e sexo para membros torácicos e pélvicos.

Tabela 1. Médias e desvios padrão das características comprimento da parede (CP), altura do talão medial (ATM), altura do talão lateral (ATL) e ângulo (ANG) dos cascos por grupos

VARIÁVEIS	CM (mm)	ATM (mm)	ATL (mm)	ANG (°)
Membro Torácico				
Macho Marcha Batida	93,79±6,87	53,93±6,85	53,14±6,82	48,07±3,74
Femêa Marcha Batida	94,14±8,89	48,14±4,98	47,71±4,42	47,79±4,09
Macho Marcha Picada	85,78±8,54	48,36±5,79	47,57±5,02	49,57±4,22
Femêa Marcha Picada	85,64±5,49	43,21±3,12	42,43±2,76	48,21±2,36
Média Membro Torácico	89,84±7,45	48,41±5,19	47,71±4,76	48,41±3,60
Membro Pélvico				
Macho Marcha Batida	104,00±10,03	34,21±5,60	35,50±5,34	46,29±1,47
Femêa Marcha Batida	101,86±8,57	32,92±3,53	32,86±3,18	47,14±2,19
Macho Marcha Picada	98,71±10,00	37,71±4,96	37,21±3,88	48,07±3,17
Femêa Marcha Picada	92,07±7,60	32,79±3,86	31,57±3,48	46,93±1,79
Média Membro Pélvico	99,16±9,05	34,41±4,49	34,29±3,97	47,11±2,16
Média Geral	94,50±8,25	41,41±4,84	41,00±4,36	47,76±2,88

Tabela 2. Diferenças encontradas em relação a comprimento da parede (CP), altura do talão medial (ATM), altura do talão lateral (ATL) e ângulo (ANG) para membros torácicos e pélvicos

VARIÁVEIS	MEMBROS TORÁDICOS	VALOR DE P
CM	Diferiu entre marcha: Maior na batida	P=0,0004
ATM	Diferiu entre marcha e sexo: Maior batida e nos machos MaB > FeB = MaP = FeP	P=0,0006 (marcha) P=0,0007 (sexo)
ATL	Diferiu entre marcha e sexo: Maior na marcha batida e nos machos MaB > MaP / MaP = FeP / MaB > FeB	P=0,0001 (marcha) P=0,0006 (sexo)
ANG	Não diferiu em nenhuma das variáveis	P>0,05
MEMBROS PÉLVICOS		
CM	Diferiu entre marcha: Maior na marcha batida	P=0,0023
ATM	Diferiu entre sexo: Maior nos machos	P=0,0106
ATL	Diferiu entre sexo: Maior nos machos	P=0,0004
ANG	Não diferiu em nenhuma das variáveis	P>0,05

MaB = Machos de marcha batida, MaP = Machos de marcha picada, FeB = Fêmeas de marcha batida e FeP = Fêmeas de marcha picada.

O CP diferiu entre os tipos de marcha, sendo maior ($P < 0,01$) na batida. Os valores médios para os membros torácicos e pélvicos foram de $89,84 \pm 7,45$ e $99,16 \pm 9,05$ mm, respectivamente. Esses valores foram superiores aos encontrados por Souza *et al.* (2016) em equinos da raça Crioulo ($83,1 \pm 0,70$ mm: membros torácicos), Melo *et al.* (2011) na raça Quarto de Milha ($81,5 \pm 6,8$ mm: membros torácicos e $84,2 \pm 6,7$ mm: membros pélvicos) e Evaristo *et al.* (2006a) em Mangalarga Marchador ($82,3 \pm 10,0$ mm: membros torácicos e $82,3 \pm 10,2$ mm: membros pélvicos). Esse comprimento pode estar relacionado com a atividade física e o tipo de casqueamento. Segundo Drumond *et al.* (2016), o maior comprimento de parede de casco resulta em maior tempo de apoio do casco no solo, o que pode ser desejável na raça Mangalarga Marchador, com o objetivo de aumentar a frequência do tríplice apoio característico da marcha da raça.

As ATL E ATM diferiram entre os tipos de sexo, apresentando maior valor médio ($P < 0,05$) nos machos tanto nos membros torácicos quanto nos pélvicos. Nos membros torácicos, além do sexo, a diferença ocorreu também entre marcha, sendo maior ($P < 0,01$) na batida. O valor de ATM ($48,41 \pm 5,19$ mm) e ATL ($47,71 \pm 4,76$ mm) para os membros torácicos foi menor do que os valores encontrados por Melo *et al.* (2011) e por Dijkstra *et al.* (2016) em equinos de raça quarto de milha e salto e adestramento, respectivamente. Por outro lado, foi maior do que os verificados por Evaristo *et al.* (2006b) em Mangalarga Marchadores, por Souza *et al.* (2016) em Crioulos e por Wilson *et al.* (2016) em equinos de diferentes raças.

Para os membros pélvicos o valor encontrado para ATM ($34,41 \pm 4,49$ mm) e a ATL ($34,29 \pm 3,97$ mm) foi menor do que o descrito por Melo *et al.* (2011), Dijkstra *et al.* (2016) e Souza *et al.* (2016). Por outro lado, foi maior do que o encontrado por Evaristo *et al.* (2006b). Uma menor altura de talão está relacionada com a tentativa de aumentar o tempo de contato do casco com o solo (Balch *et al.*, 1991), o que também é desejável para equinos Mangalarga Marchadores, uma vez que o tríplice apoio é fundamental para desenvolver o diagrama correto da marcha.

Diferenças entre ATM e ATL variaram de 0 a 11 mm. Mais de 85% se encontravam entre 0 e 3 mm. As referentes à 0, 1, 2 e 3 mm foram encontradas em 25%, 28,57%, 25,89% e 7,14% dos cascos, respectivamente. A classificação utilizada para a altura dos talões, conforme mencionado na metodologia, foi a descrita por Souza e Duran (2004) e Baxter (2011), onde a diferença entre talão lateral e medial pode ser de até 3 mm. Contrariamente, Melo *et al.* (2006) consideram que existe desnivelamento dos talões quando esse valor é superior a 5 mm, o que pode resultar em problemas no sistema locomotor. No presente estudo 92,86% dos cascos apresentaram valores menores ou iguais a 5 mm. Esse achado foi considerado importante, pois desigualdade entre alturas dos talões pode comprometer o andamento dos animais, o que não ocorreu.

O fato da altura dos talões dos membros torácicos serem maiores das encontradas para os membros pélvicos estão dentro do recomendado, visto que Evaristo *et al.* (2006b) mencionaram que o oposto é prejudicial, uma vez que talões baixos forçam estruturas como por exemplo, o tendão do músculo flexor digital profundo (Willemen *et al.*, 1999). É fundamental que esse tipo de cuidado seja mantido pelos criadores, tendo em vista que diminuir o talão com o intuito de melhorar o diagrama da marcha ou transmitir maior comodidade ao cavaleiro pode

prejudicar o desempenho e bem-estar animal, uma vez que estruturas osteoarticulares e tendo-ligamentosas estarão sobrecarregadas.

O ângulo não sofreu efeito de sexo nem de marcha (Tabela 3). O valor médio para o ANG nos membros torácicos ($47,76^{\circ} \pm 2,88$) esteve próximo aos obtidos por Drumond *et al.* (2016), que foi de $47,4^{\circ} \pm 4,2$ e de $48,8^{\circ} \pm 4,2$ para membros torácicos direito e esquerdo, respectivamente. Esses pesquisadores também avaliaram animais da raça MM com idade próxima a dos equinos incluídos nessa pesquisa. Entretanto, do total de 20 animais utilizados, 18 foram machos castrados e os demais fêmeas, o que difere da população do presente estudo, em que os grupos possuíam número igual de equinos e os machos foram garanhões. Além disso, embora seja mencionado pelos autores que os animais se encontravam em treinamento, não fica claro se eram atletas de alto desempenho.

Valores discretamente maiores, ou seja, de $51,93^{\circ} \pm 3,45$ e $54,42^{\circ} \pm 3,81$ para membros torácicos e pélvicos, respectivamente, foram encontrados por Evaristo *et al.* (2006c) para MM de ambos os sexos. No estudo de Evaristo *et al.* (2006c) não fica claro o nível de atividade exercido pelos cavalos avaliados e também não são mencionadas informações sobre casqueamento, então as divergências encontradas podem ser resultados de diferenças nesses aspectos.

Comparando com outras raças, o ANG dos equinos do presente estudo também foi inferior aos obtidos em equinos de salto ($55,0^{\circ} \pm 4,2$ no torácico; Dijkstra *et al.*, 2016), adestramento ($51,88^{\circ} \pm 3,07$ no torácico; Dijkstra *et al.*, 2016), da raça quarto de milha ($51,73^{\circ} \pm 3,59$ no membro torácico e $54,39^{\circ} \pm 2,62$ no membro pélvico; Melo *et al.* 2011), mestiços de quarto de milha ($50,3^{\circ}$ no membro torácico e $54,60^{\circ} \pm 3,08$ no membro pélvico; Melo *et al.* 2011), da raça crioulo ($54,39^{\circ} \pm 2,62$ torácico e $54,60^{\circ} \pm 3,08$ pélvico; Souza *et al.* 2016) e de equinos de raças e atividades variadas ($50,3^{\circ}$ no membro torácico; Wilson *et al.*, 2016). Na realidade, conforme sugerido por Souza *et al.* (2016), diversos fatores (genética, conformação, tipo de atividade física desenvolvida pelo animal, intervalo entre casqueamento) podem justificar a diferença entre as raças e até mesmo diferenças dentro de uma mesma raça.

Melo *et al.* (2006), Hampson *et al.* (2013) e Souza *et al.* (2016) sugeriram que o ANG ideal deve ser de aproximadamente 54° . Valores distantes a este prejudicam estruturas da região distal do membro. Ângulos menores podem comprometer tecidos moles como o tendão do músculo flexor digital profundo e ligamentos colaterais do

osso navicular, alterar a distribuição de carga no casco, causar contração dos talões e a síndrome do osso navicular. Por outro lado, ângulos maiores que 54° podem danificar o tendão do músculo flexor digital superficial e o músculo intertársio III, comumente chamado de ligamento suspensório (Melo *et al.*, 2006; Baxter, 2011; Souza *et al.*, 2016). Em contrapartida, tão importante quanto o ANG é o eixo podofalângico e o paralelismo entre a superfície dorsal do casco e a região palmar/plantar dos talões (Souza e Duran, 2000; McKendrick *et al.* 2010; Souza *et al.*, 2016).

Outro aspecto importante a se ressaltar em relação a ANG é a ferradura. Conforme mencionado no material e métodos, para a mensuração desse ângulo não foi possível desconsiderá-la. Logo, a mesma certamente influenciou na mensuração dessa variável, tendo em vista que há diversos tipos de ferraduras, e o casqueador busca a melhor opção para cada cavalo. Entretanto, em uma competição nacional não seria possível realizar tal mensuração com o equino sem ferradura.

O fator antímero (direito ou esquerdo) não apresentou diferença ($P > 0,05$) em nenhuma das variáveis avaliadas, diminuindo assim o grau de liberdade, e aumentando a confiabilidade dos dados. O mesmo foi relatado por Evaristo *et al.* (2006a,b,c) para equinos da raça MM, demonstrando que existe uma preocupação em manter os membros contralaterais similares. Santiago *et al.* (2014) relataram que, apesar da uniformidade morfométrica do rebanho da raça MM, houve diferença de medidas lineares e angulares entre equinos adultos de marcha batida e picada premiados em competições nacionais. Considerando os segmentos distais dos membros, as quartelas (região formada pelas falanges proximal e média, assim como articulação interfalangeana proximal) de fêmeas foram mais compridas do que nos machos. Por outro lado, os machos de marcha batida apresentaram maior comprimento de quartela do que os de marcha picada. Sendo assim, os efeitos de sexo e tipo de marcha encontrados na maioria das mensurações (CM, ATM e ATL) realizadas é possível que resultem da diferença conformacional de gênero e do andamento.

Estudos focados na assimetria de cascos em equinos utilizados para lazer e competição revelaram a existência de assimetria fisiológica, devendo essa, porém, ser discreta (Wilson, *et al.*, 2009). Portanto, algumas diferenças podem ser aceitáveis.

Os cascos do equino protegem as estruturas presentes no seu interior (Pollitt, 2004), por isso estudos voltados para essa região são relevantes clinicamente. Outro

aspecto é a adequada parceria entre o médico veterinário e o casqueador/ferrageador, de forma que o conhecimento de um possa complementar o do outro. Entretanto, esse aspecto exige experiência por parte de ambos os profissionais para avaliarem o limite de assimetria aceitável em cada indivíduo.

Esse estudo produziu informações sobre a morfologia do casco de cavalos da raça Mangalarga Marchador participantes da maior e mais importante competição da raça. Os resultados são importantes para criadores, veterinários, casqueadores/ferrageadores e pesquisadores entenderem sobre as particularidades do MM. Uma vez que a principal característica de seleção da raça é a qualidade da marcha, alterações na morfologia do casco podem atrapalhar a correta execução do movimento dos membros. Adicionalmente, há o aspecto clínico, visto que problemas nessa região podem diminuir a vida atlética do cavalo.

A variação nas idades pode ser considerada um fator capaz de influenciar as mensurações. Futuras pesquisas nessa linha de investigação podem ser realizadas incluindo variáveis como peso do animal, comprimento e a largura da ranilha, assim como angulação dos talões lateral e medial, comprimento e largura do casco (região da sola) e, finalmente, a circunferência da região coronária, conforme realizado por Souza *et al.* (2016).

CONCLUSÃO

Existe variação nos valores de CP, ATM, ATL nos cascos de equinos da raça Mangalarga Marchador. O casqueamento/ferrageamento interfere na morfologia do casco, sendo que a data do último casqueamento interfere na altura dos talões dos membros torácicos, de forma que há um desgaste do casco maior na região dos mesmos. O CP varia em relação à marcha (maior na batida), enquanto ATM e ATL variam com a marcha e sexo (machos de marcha batida) nos membros torácicos, e apenas a sexo (machos) nos membros pélvicos. O ANG não sofre variação da marcha e do sexo. Existe elevada frequência de adequado nivelamento entre talões.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador pela parceria e incentivo na realização da pesquisa, assim

como aos cavaleiros e criadores. Parte dos autores agradecem também à FAPEMIG, CNPq, CAPES e CENTEV, pela concessão de bolsas de estudos e/ou suporte financeiro nos seus projetos de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABCCMM - Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM), 2016. O marchador: História da raça e Características da raça. Disponível em: <<http://www.abccmm.org.br/>> Acessado em: 10 fev. 2017.

ASSIS, M.A.; SILVA, T.O.; SILVA, M.B. et al. Avaliação do equilíbrio dos cascos de equinos atendidos no hospital veterinário. *Rev. Bras. Med. Equina*, v.59, n.10, p.24-31, 2015.

BACK, W; PILLE, F. *The role of the hoof and shoeing*. In: BACK, W.; CLAYTON, H.M. (Eds). *Equine locomotion*. London: W.B. Saunders. 2013. Cap.8, p.147-174.

BALCH, O.; WHITE, K.; BUTLER, D. Factors involved in the balancing of equine hooves. *J. Am. Vet. Assoc.*, v.198, n.11, p.1980-1989, 1991.

BARREY, E. Investigation of the vertical hoof force distribution in the equine forelimb with an instrumented horseboot. *Equine Vet. J. Suppl.*, n.9, p.35-38, 1990.

BAXTER, G.M. *Adams and Stashak's lameness in horses*. 6th ed. Colorado: Wiley-Blackwell, 2011. 1272p.

DIJKSTRA, A.M.; SINNIGE, T.C.; ROGERS, C.W. et al. Preliminary examination of farriery and hoof care practices and owner-reported injuries in sport horses in New Zealand. *J. Equine Vet. Sci.*, v.46, p.82-88, 2016.

DRUMOND, B.; GINELLI, A.M.G.; FALEIROS, R.R. et al. Hoof capsule distortion and radiographic measurements of the front feet in Mangalarga Marchador horses subjected to athletic training. *Pferdeheilkunde*, v.32, n.2, p.110-118, 2016.

FARIA, G.A.; REZENDE, A.S. C.; SAMPAIO, I.B.M. et al. Composição química dos cascos de equinos das raças Pantaneira e Mangalarga Marchador. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.57, n.5, p.697-701, 2005.

EVARISTO, I.G.B.; MELO, U.P.; FERREIRA, C. et al. Determinação do tamanho do casco de equinos da raça Mangalarga Marchador. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida*, v.26, p.117-8, suplemento, 2006a.

EVARISTO, I.G.B.; MELO, U.P.; FERREIRA, C. et al. Avaliação do equilíbrio médio-lateral do casco de equinos da raça Mangalarga Marchador. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida*, v.26, p.119-20, suplemento, 2006b.

EVARISTO, I.G.B.; MELO, U.P.; FERREIRA, C. et al. Avaliação do equilíbrio dorso-palmar do casco de equinos da raça Mangalarga Marchador. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida*, v.26, p.119-20, suplemento, 2006c.

GEYER, H.; SCHULZE, J. The long term influence of biotin supplementation on hoof horn quality in horses. *Schweiz Archiv Fur Tierheilkunde*, v.136, p.137-49, 1994.

HAMPSON, B.; DE LAAT, M.; MILLS, P.; POLLITT, C.C. The feral horse foot. Part A: observational study of the effect of environment on the morphometrics of the feet of 100 Australian feral horses. *Aust. Vet. J.*, v.91, n.1-2, p.14-22, 2013.

JOSSECK, H.; ZENKER, W.; GEYER, H. Hoof horn abnormalities in Lipizzaner horses and the effect of dietary biotin on macroscopic aspects of hoof horn quality. *Equine Vet. J.*, v.27, p.175-82, 1995.

McKENDRICK, S.; EVANS, P.; BAGLEY, C. Proper basic hoof care. Utah State University - Logan, 2010. Disponível em: <http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1120&context=extension_curall>

MELO, U.P.; FERREIRA, C.; SANTIAGO, R.M.F.W. et al. Equilíbrio do casco equino. *Ci. Anim. Bras.*, v.7, n.4, p.389-398, 2006.

MELO, U.P.; SANTIAGO, R.M.F.W.; JUNIOR, R.A.B. et al. Biometria e alterações do equilíbrio podal em equinos utilizados em vaquejada. *Acta. Vet Bras.*, v.5, n.4, p.368-375, 2011.

OTT, E.A.; JOHNSON, E.L. Effect of trace mineral proteinates on growth and skeletal and hoof development in yearling horses. *J Equine Vet Sci.*, v.21, n.6, p.287-291, 2001.

POLLITT, C.C. Anatomy and physiology of the inner hoof wall. *Clin. Tech. Equine Pract.*, v.3, n.1, p.3-21, 2004.

SANTIAGO, J. M.; REZENDE, A. S. C.; LANA, A. M. Q. et al. Comparação entre as medidas morfométricas de equinos Mangalarga Marchador de marcha batida e marcha picada. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 66, n. 2, p. 635-639, 2014.

SIMONATO, S.P.; SOUZA, M.V.; DIAZ, M.A.N. S. et al. Aloe vera-based formula as emollient on horses' hooves. *Revista Ceres*, v.60, n.3, p.318-323, 2013.

SOUZA, A.F.; KUNZ J.R.; LAUS R. et al. Biometrics of hoof balance in equids. *Arq Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.68, n.4, p.825-831, 2016.

SOUZA, M.V.; DURAN, M.N. El aplomo del caballo. *Revista Ceres*, v.51, n.294, p.347-370, 2004.

TURNER, T.A. Examination of the equine foot. *Vet Clin. North. Am. Equine Pract.*, v.19, n.2, p.309-332, 2003.

van WEEREN, P.R.; CREVIER-DENOIX, N. Equine conformation: clues to performance and soundness? *Equine Vet. J.*, v.38, n.7, p.591-596, 2006.

WILLEMEN, M.A.; SAVELBERG, H.H.C.; BARNEVELD, A. The effect of orthopaedic shoeing on the force exerted by the deep digital flexor tendon on the navicular bone in horses. *Equine Vet. J.*, v.31, n.1, p.25-30, 1999.

WILSON, A.; AGASS, R.; VAUX, S. et al. Foot placement of the equine forelimb: relationship between foot conformation, foot placement and movement asymmetry. *Equine Vet. J.*, v.48, n.1, p.90-96, 2016.

WILSON, G.H.; MCDONALD, K.; O'CONNELL, M.J. Skeletal forelimb measurements and hoof spread in relation to asymmetry in the bilateral forelimb of horses. *Equine. Vet. J.*, v.41, n.3, p238-41, 2009.

CAPÍTULO 2

Descrição da trajetória tridimensional do movimento dos cascos torácicos e pélvicos de equinos da raça Mangalarga Marchador

SILVA, Thayne de Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017.
Descrição morfológica e da trajetória tridimensional dos cascos de equinos da raça Mangalarga Marchador. Orientadora: Maria Verônica de Souza.
Coorientadoras: Amanda Piaia Silvatti e Bruna

RESUMO

O objetivo desse estudo foi descrever, mediante análise tridimensional, a trajetória do movimento dos cascos dos membros torácico e pélvico de equinos Mangalarga Marchadores (MM) de ambos os sexos que realizavam marcha batida (MB) e picada (MP), nas marchas reunida (velocidade curta) e média (velocidade média). Foram utilizados 28 animais, divididos em quatro grupos [machos de MB, fêmeas MB, machos de MP e fêmeas MP]. Marcador retroreflexivo foi colocado na região dorsoproximal da muralha dos cascos. Foi usado um sistema optoeletrônico com 18 câmeras posicionadas no percurso de 16 m. No programa Visual 3D®, as coordenadas foram plotadas. Depois de verificada a simetria entre antímeros (membros direito e esquerdo), a normalidade foi testada usando teste Lilliefors. Como o deslocamento transversal não apresentou normalidade, o teste Wilcoxon foi utilizado para verificar os efeitos de sexo, tipo de marcha e velocidade. Para o deslocamento vertical e longitudinal, que apresentaram normalidade, os efeitos foram verificados pela ANOVA. A velocidade executada na marcha reunida e na média variou de 11,05 a 11,49 km/h e 13,71 a 12,77 km/h, respectivamente. Apenas dois animais de MP apresentaram completo alinhamento dos cascos. Houve efeito da marcha no deslocamento vertical, que foi maior (torácico e pélvico, $p = 0,00$) na MB; e efeito de marcha e velocidade no movimento longitudinal, sendo maior ($p = 0,00$) na MB e maior ($p = 0,00$) marcha média. Movimentos transversais, apesar de irregulares, não sofreram efeitos. O gesto ideal foi mais frequente (71,43%) no grupo das fêmeas de MB na marcha média. No membro pélvico foram encontrados dois tipos de movimentos transversais, um descrevendo um arco externo e outro um

interno (16,07% dos animais). Os achados da presente pesquisa são inéditos e contribuirão para o melhor entendimento do padrão da marcha realizada pela raça MM. Adicionalmente, servirão de base para estudos futuros.

Palavras-chave: cavalos, biomecânica, região distal do membro, deslocamento dos cascos, andamento

Three-dimensional kinematic trajectory of fore- and hindlimbs hooves of Mangalarga Marchador horses

ABSTRACT

The aim of this study was to describe, based on three-dimensional analysis, the trajectory of the movement of fore and hind hooves of Mangalarga Marchador (MM) horses of both sexes that performed the marcha batida (MB) and marcha picada (MP) gaits, at collected (short speed) and medium (medium speed) walks. Twenty-eight animals were divided into four equally numbered groups [MB males, MB females, MP males, and MP females]. A retro-reflective marker was fixed to the dorsoproximal region of the hoof wall. An optoelectronic system was used with 18 cameras placed along a 16-m track. Coordinates were plotted in Visual 3D® software. After symmetry between the antimeres (right and left limbs) was confirmed, normality was checked using the Lilliefors test. Because the transverse displacement did not show normality, the Wilcoxon test was applied to evaluate the effects of sex, marcha type, and speed. For the vertical and longitudinal displacements, which showed normality, the effects were checked by ANOVA. The speed at collected and medium walks ranged from 11.05 to 11.49 km/h and from 13.71 to 12.77 km/h, respectively. Only two MP animals showed complete alignment of the hooves. There was an effect of marcha type on vertical displacement, which was higher (fore- and hindlimbs; $p = 0.00$) in MB; and an effect of marcha type and speed on longitudinal movement, which was higher ($p = 0.00$) in MB and at medium walk. Though irregular, transverse movements were not affected. The ideal style was most frequent (71.43%) in the group of medium-walk MB females. Two types of transverse movement were detected in the hindlimb: one describing an outer arc, and another describing an inner arc (16.07% of the animals). The present findings are unprecedented and will contribute to a better understanding of the gait pattern performed by the MM breed. Additionally, they will serve as basis for future research.

Key words: horses, biomechanics, distal limb region, hoof displacement, gait

INTRODUÇÃO

Os exemplares da raça Mangalarga Marchador têm como principal característica o andamento marchado, que deve ser natural, simétrico, em quatro tempos, com tríplice apoio entre os apoios dos bípedes laterais e diagonais, o que permite maior comodidade para o cavaleiro. Entre as variações da marcha, as reconhecidas pela ABCCMM [1] são a batida e a picada, que se diferem pela frequência de apoios laterais, trípliques e diagonais [2]. Em ambas a marchas, há um predomínio de apoios diagonais, porém na marcha batida a diferença entre apoios diagonais e laterais é maior que na marcha picada. As características dos marchadores fazem com que os mesmos sejam utilizados em diversas atividades equestres e por isso estão sujeitos a problemas relacionados com o sistema locomotor.

A ABCCMM [1] define como critérios para o julgamento de marcha os seguintes itens: comodidade, rendimento, adestramento, gesto de marcha, estilo e regularidade. Desses itens, os três últimos estão diretamente ligados à questões como alinhamento, trajetória e simetria dos cascos, o que torna as análises objetivas e quantitativas importantes para compreender o movimento e orientar a seleção e o julgamento dos animais.

Comumente no Brasil, as alterações do sistema locomotor equino são avaliadas na prática da clínica médica utilizando as ferramentas inspeção, palpação e bloqueios anestésicos, associados a exames complementares de diagnóstico por imagem, particularmente radiografia e ultrassonografia. Uma vez que a retina humana não é capaz de captar alterações discretas no movimento, estudos para conhecimento da biomecânica da locomoção vêm sendo realizados com a finalidade de elucidar dúvidas geradas tanto em animais sadios como com afecção locomotora. Uma das formas de verificar o movimento dos membros do equino é por análise cinemática, que descreve movimentos corporais de forma quantitativa, mediante avaliação de variáveis lineares, temporais e angulares [3,4]. Uma das formas de avaliação é a videogrametria digital associada a softwares capazes de rastrear marcadores ou sistemas optoeletrônicos [5].

Os dados gerados por essa análise podem ser apresentados de diversas formas [4], sendo uma delas a representação gráfica, que facilita o entendimento e interpretação dos andamentos. Segundo van Weeren et al. [6] e Kramer e Keegan [7],

a velocidade é um fator que interfere diretamente nas variáveis cinemáticas, por isso sua padronização é sempre indicada. Por outro lado, estudos que possuem como objetivo avaliar movimentos executados nas situações reais de competição podem optar por não intervir nessa variável.

Embora seja uma metodologia mais complexa e de custo mais elevado, métodos tridimensionais (3D) oferecem inúmeras vantagens em relação aos bidimensionais (2D) [5]. Miró et al. [8] mencionaram que na 3D há maior confiabilidade dos dados e do número de possibilidades de análises que podem ser realizadas, pois na 2D perde-se um eixo, que talvez seja importante para o movimento.

Para facilitar a análise cinemática, algumas pesquisas são realizadas em esteira rolante [6,9,10], embora existam diferenças na cinemática das passadas em relação à locomoção no solo, principalmente relacionadas com a frequência e comprimento de passadas [11], assim como com a duração da fase de apoio e de retração dos membros [12].

Estudos cinemáticos são mundialmente realizados, porém em sua maioria as raças estudadas são as de trote. Poucos são os trabalhos com animais da raça MM [2,13,14,15]. Pesquisas nessa área são de grande utilidade para a clínica e cirurgia de equinos. O conhecimento mais acurado dos movimentos fisiológicos em animais atletas, facilita a percepção de alterações [16], o que é fundamental não apenas para o médico veterinário, mas também para cavaleiros/amazonas, juízes e criadores. O presente estudo parte do princípio de que existe diferença na trajetória dos cascos de equinos de marcha batida e picada e entre garanhões e fêmeas. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi descrever, mediante análise tridimensional, a trajetória do movimento dos cascos dos membros torácicos e pélvicos de equinos de ambos os sexos que realizam marcha batida ou picada, no andamento reunido e média (diferentes velocidades), e analisar também o comportamento e alinhamento do movimento dos cascos.

MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo dessa pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (processo No 17/2016).

As atividades foram realizadas no Parque de Exposição Bolivar de Andrade, em Belo Horizonte (Minas Gerais), durante a Exposição Nacional dos Criadores do Cavallo Mangalarga Marchador, com a parceria do Departamento de Veterinária (DVT) e Laboratório de Análises Biomecânicas do Departamento de Educação Física da UFV, assim como com o Laboratório de Farmacologia e Fisiologia do Exercício Equino (LAFEQ /UNESP – Jaboticabal, São Paulo).

Foram utilizados 28 equinos da raça MM hípidos, sendo 14 garanhões e 14 fêmeas, com idade entre 36 e 120 meses ($73,11 \pm 21,98$), utilizados para provas de marchas batida ou picada. Os animais foram divididos em quatro grupos, sendo sete fêmeas de marcha batida (MB), sete fêmeas de marcha picada (MP), sete garanhões de MB e sete garanhões de MP.

O local para avaliação dos animais em movimento foi montado em um galpão. Dezoito câmeras (240 Hz, PRIME 17 w, Sistema Optitrack®, Natural Point, Corvallis, Oregon – USA) com captura optoeletrônica (luz infravermelho) foram posicionadas ao longo de uma pista com 16 m de comprimento e 2 m de largura, onde os equinos tanto de marcha batida quanto de picada foram conduzidos pelos seus cavaleiros (Fig 1). Em ambos os lados, as câmeras foram disponibilizadas de forma intercalada a um e a 3 m de altura com relação ao solo, e uma distância entre elas de 2 m. As câmaras foram calibradas conforme o protocolo do programa Motive MTV-BDY (Natural Point, Corvallis, Oregon – USA). O sistema de coordenadas foi definido utilizando a pista como referência: eixo “X” (craniocaudal/ anteroposterior), “Y” (dorsoventral/vertical) e “Z” (laterolateral/transversal). O deslocamento transversal foi observado em dois planos (compostos por dois eixos), possibilitando a vista dorsal e a vista frontal (Fig 2).



Fig 1. Pista onde os animais foram conduzidos para a obtenção e, posterior avaliação, da trajetória dos membros torácicos e pélvicos de forma tridimensional, mediante utilização de 18 câmeras posicionadas à direita e à esquerda do percurso.

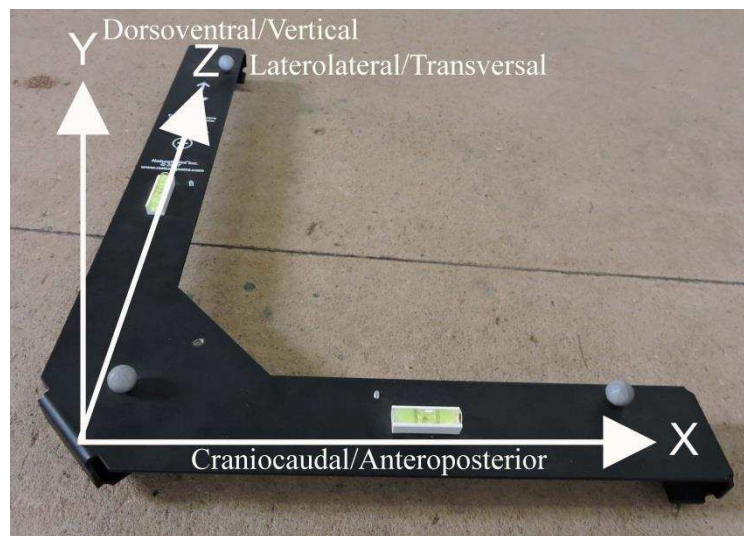


Fig 2. Sistemas de coordenadas obtidos após sincronização com o programa Motive MTV-BDY. Os três eixos estão destacados: “X” (Craniocaudal/ Anteroposterior), “Y” (Dorsoventral/Vertical) e “Z” (Laterolateral/Transversal).

Para análise do casco foi fixado um marcador esférico retroreflexivo de 1,5 cm de diâmetro, fixado com fita adesiva dupla face na superfície dorsoproximal da muralha de cada casco (Fig 3). Uma vez afixado o marcador, cada equino foi montado e solicitado ao cavaleiro que conduzisse o animal ao longo do percurso, primeiramente na marcha reunida e posteriormente na média, conforme ocorre

durante o julgamento nas provas de marcha oficiais da raça. A velocidade não foi pré-determinada, porque foi solicitado que os cavaleiros repetissem os andamentos realizados na pista de julgamento. Nos concursos de marcha essa variável é determinada de forma empírica.



Fig 3. Marcadores reflexivos afixados na superfície dorsoproximal da muralha de cada casco dos membros torácicos (A) e pélvicos (B) na vista cranial e lateral.

Total de cinco passadas completas de cada animal foi obtido. As coordenadas 3D foram filtradas para remover os ruídos de alta frequência (filtro digital, 10 Hz). Os dados foram exportados para o programa Visual 3D® (Visual3D v6 Professional, C-Motion, Inc., Century Blvd, Germantown – USA). O programa possibilitou separar as passadas em ciclos demonstrando a trajetória de cada casco, com as médias e desvios padrão. Além disso, foram gerados gráficos que possibilitaram a verificação do alinhamento entre membros torácicos e pélvicos dos antímeros direito e do esquerdo, do comportamento do movimento a partir da vista cranial e da trajetória do movimento em metros.

Para análise da trajetória de todos os quatro membros, nos dois andamentos (reunido e médio) e ambas as marchas (batida e picada) foi calculada a amplitude de cada deslocamento (longitudinal, vertical e transversal). Os membros foram nomeados da seguinte forma: Membro torácico esquerdo (LF), membro torácico direito (RF), membro pélvico esquerdo (LH) e membro pélvico direito (RH). Os dados foram analisados de forma descritiva (médias, desvios padrão e porcentagem) e inferencial. Em relação a trajetória, os dados dos membros torácicos e pélvicos foram avaliados separadamente. Inicialmente foi realizada a averiguação da simetria por meio da análise de variância (ANOVA) entre os antímeros direito e esquerdo,

posteriormente a normalidade (Lilliefors), que não foi encontrada no deslocamento transversal. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificar os efeitos de sexo, marcha e velocidade nas amplitudes dos deslocamentos vertical e longitudinal dos cascos dos membros torácicos e pélvicos. E para o deslocamento transversal os efeitos foram verificados por meio do teste não paramétrico Wilcoxon. O programa utilizado para as análises foi o Sistema para Análise Estatística – SAEG (2007), versão 9.1. O nível de significância utilizado foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disponibilização dos marcadores na pele e, principalmente em articulações, exige conhecimento e experiência, pois podem ocorrer discretos deslocamentos dos mesmos que comprometem a precisão das análises [9,17,18]. O local escolhido para afixação dos marcadores nos cascos dos equinos, que foi a borda dorsoproximal da muralha, pode ser considerado seguro, pois não ocorre deslocamento do marcador durante a movimentação. Além disso, há maior facilidade tanto da identificação da posição correta quanto da afixação dos marcadores.

Conforme mencionado anteriormente, neste estudo a velocidade não foi controlada de forma proposital, uma vez que se buscava obter informações conforme exigido nos concursos de marcha da raça, onde o juiz solicita que os cavaleiros/amazonas conduzam seus animais na marcha reunida e marcha média sem mensurar exatamente a velocidade. Porém, após análise dos dados foi possível calcular as velocidades executadas pelos treinadores e seus cavalos, por meio do programa Visual 3D®. Na marcha reunida, também conhecida como curta, as velocidades médias foram de 11,05 km/h, 11,49 km/h, 11,23 km/h, e 11,20 km/h para machos de MB, machos de MP, fêmeas de MB e fêmeas de MP, respectivamente. Enquanto que na marcha média, as velocidades foram de 13,41 km/h para machos de MB; 13,44 km/h para machos de MP; 13,71 km/h para fêmeas de MB e 12,77 km/h para fêmeas de MP. Os valores para marcha reunida foram maiores, e para marcha média foram menores quando comparados com os encontrados por Procópio [2]. O autor também trabalhou com animais de exposição nacional. Embora o estudo tenha sido fundamental como base para a presente pesquisa foi realizado há mais de 10 anos. Por outro lado, neste trabalho foram utilizados apenas sete cavalos MM. Fonseca et al. [19,20] encontraram para marcha

média 13,11 km/h e 12,60 km/h para cavalos de MB e MP, respectivamente. Portanto, foram valores mais próximos aos do presente estudo. A discreta variação pode ser justificada pela diferença entre número e sexo dos animais. Além disso, pode ser resultante da forma de calcular a velocidade. Na presente pesquisa foram avaliados os movimentos em 3D, então foi utilizada a norma (valor resultado das velocidades nas três dimensões) como velocidade média para cada grupo. A velocidade é um aspecto fundamental no que se refere ao tríplice apoio, Procópio (2004) sugere que a frequência de tríplexes apoios seja maior em velocidades inferiores a 11 km/h. Fonseca et al. [19,20] encontraram o apoio característico da marcha em velocidades maiores (12 a 13 km/h).

Os cinco ciclos de passadas que possibilitaram a obtenção dos dados foram considerados satisfatórios, uma vez que, conforme mencionado por Schamhardt et al. [18] e Poore e Licka [5], três a cinco passadas completas são suficientes para representar variáveis cinemáticas.

Quando analisado o alinhamento dos membros, foi verificada a capacidade do pélvico seguir exatamente a mesma direção que o torácico ipsilateral. Para essa análise foi utilizado o plano dorsal. Dessa forma as características obtidas foram divididas nas categorias: alinhamento completo (para ambos: lado esquerdo e direito), alinhamento parcial (apenas um dos lados) e ausência de alinhamento (ambos os lados desalinhados) (Fig 4). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

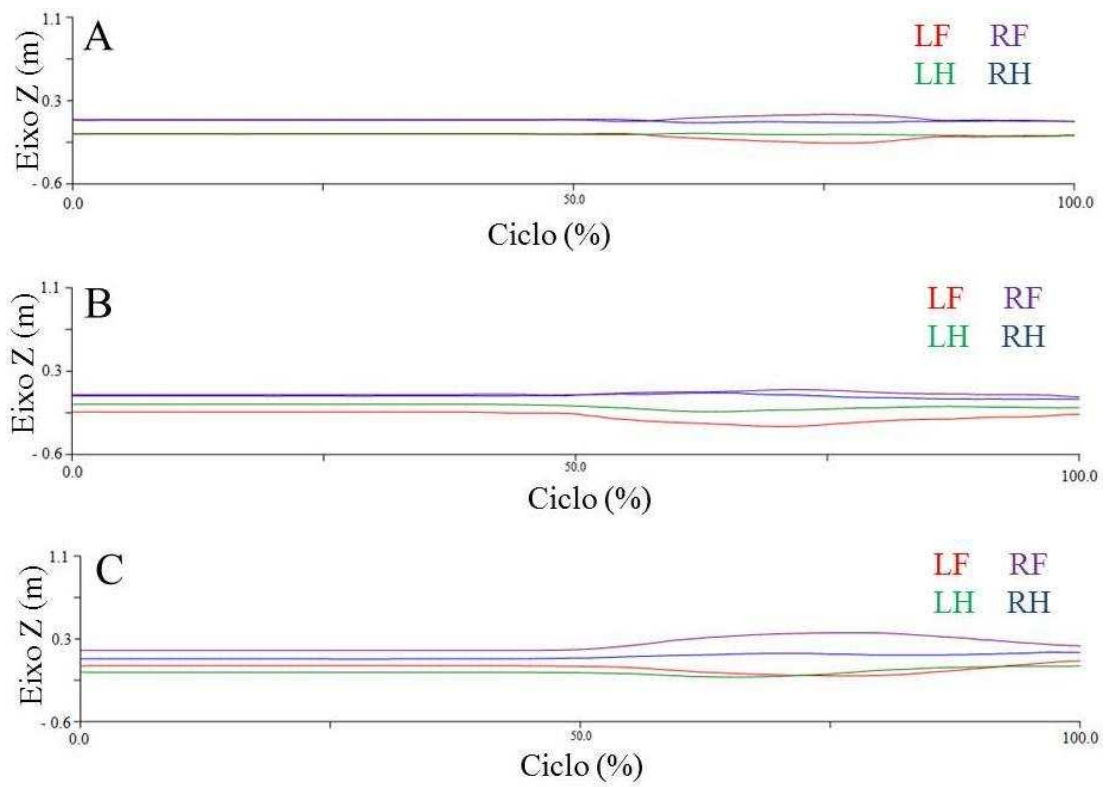


Fig 4. Alinhamento dos membros torácicos e pélvicos, considerado como completo (A), parcial (B) e com ausência de alinhamento (C).

Tabela 1. Número de animais por grupo que apresentaram alinhamento completo, parcial ou ausência de alinhamento

Grupos		Alinhamento completo n (%)	Alinhamento parcial n (%)	Ausência de alinhamento n (%)	Total n (%)
Fêmeas Marcha Batida	Reunida	0	2 (28,57)	5 (71,43)	7 (100)
	Média	0	4 (57,14)	3 (42,86)	7 (100)
Fêmeas Marcha picada	Reunida	0	4 (57,14)	3 (42,86)	7 (100)
	Média	0	4 (57,14)	3 (42,86)	7 (100)
Machos Marcha Batida	Reunida	0	3 (42,86)	4 (57,14)	7 (100)
	Média	0	4 (57,14)	3 (42,86)	7 (100)
Machos Marcha Picada	Reunida	1 (14,29)	3 (42,86)	3 (42,86)	7 (100)
	Média	1 (14,29)	4 (57,14)	2 (28,57)	7 (100)
Total n (%)		2 (3,57)	28 (50)	26 (46,43)	56 (100)

Apenas dois animais (3,57%) obtiveram alinhamento completo, sendo ambos machos de marcha picada, um na marcha curta e outro na marcha média. O grupo de fêmeas de marcha batida realizando o andamento reunido obteve a maior porcentagem de desalinhamento, alcançando 71,43%. A velocidade (andamento reunido ou médio) influenciou de forma distinta os alinhamentos. A ausência de alinhamento ou alinhamento parcial pode estar relacionada à outra característica do padrão da marcha exigido pela raça, em que os animais devem realizar sobrepegada ou ultrapegada, ou seja, a pegada do casco do membro pélvico deve sobrepor ou ultrapassar a do casco do membro torácico ipsilateral, respectivamente. Porém, na prática a maior parte dos animais possui essa discreta lateralidade dos cascos dos membros pélvicos, que quando não é própria do indivíduo, é induzida pelo casqueamento e ferrageamento. Além disso, a ausência de alinhamento pode estar relacionada com medidas morfométricas, como a diferença entre a largura da região peitoral e de garupa. Estudos futuros deverão ser realizados para comprovar ou não essa hipótese. Outro aspecto importante, é que o alinhamento pode interferir diretamente na trajetória do casco nos eixos longitudinal, vertical e principalmente transversal.

E os resultados referentes aos deslocamentos longitudinal, vertical e transversal, tanto dos membros torácicos quanto dos membros pélvicos, estão demonstrados nas Tabelas 2 e 3. Na Tabela 2 estão os valores médios encontrados para cada um dos deslocamentos, e na Tabela 3 estão representadas as diferenças encontradas considerando efeitos de sexo, marcha e velocidade.

Tabela 2. Valores médios e desvios-padrões encontrados nos movimentos vertical, transversal e longitudinal em metros.

Grupo	Membro	Vertical	Transversal	Longitudinal
Fêmeas; Marcha Batida; Reunida (vel.)	Torácico	0,204±0,039	0,112±0,043	1,717±0,171
	Pélvico	0,142±0,018	0,0525±0,039	1,646±0,186
Fêmeas; Marcha Batida; Média (vel.)	Torácico	0,214±0,044	0,106±0,078	1,924±0,141
	Pélvico	0,141±0,026	0,052±0,047	1,869±0,153
Fêmeas; Marcha Picada; Reunida (vel.)	Torácico	0,147±0,043	0,125±0,051	1,585±0,101
	Pélvico	0,115±0,027	0,055±0,036	1,561±0,099
Fêmeas; Marcha Picada; Média (vel.)	Torácico	0,158±0,036	0,101±0,052	1,763±0,096
	Pélvico	0,114±0,031	0,062±0,044	1,727±0,069
Machos; Marcha Batida; Reunida (vel.)	Torácico	0,197±0,020	0,128±0,067	1,723±0,1165
	Pélvico	0,139±0,027	0,058±0,036	1,660±0,117
Machos; Marcha Batida; Média (vel.)	Torácico	0,207±0,020	0,108±0,049	1,899±0,105
	Pélvico	0,140±0,031	0,052±0,031	1,860±0,088
Machos; Marcha Picada; Reunida (vel.)	Torácico	0,169±0,056	0,107±0,073	1,583±0,117
	Pélvico	0,112±0,016	0,039±0,038	1,536±0,107
Machos; Marcha Picada; Média (vel.)	Torácico	0,172±0,062	0,092±0,052	1,766±0,121
	Pélvico	0,113±0,027	0,056±0,039	1,765±0,147
Valor médio: Reunida (vel.)	Torácico	0,179±0,026	0,118±0,010	1,652±0,078
	Pélvico	0,127±0,015	0,051±0,009	1,601±0,062
Valor médio: Média (vel.)	Torácico	0,188±0,027	0,102±0,007	1,838±0,085
	Pélvico	0,127±0,016	0,056±0,005	1,757±0,085

Tabela 3. Diferenças encontradas para o movimento vertical, longitudinal e transversal

Deslocamento	Efeito nos membros torácicos e pélvicos	Valor de p
Vertical	Diferiu entre marcha: MB>MP	p = 0,000
Transversal	Não diferiu	p >0,05
Longitudinal	Diferiu entre marcha e velocidade: MB>MP / Média>Reunida	p = 0,000 (marcha) p = 0,000 (velocidade)

O deslocamento vertical sofreu efeito somente do tipo de marcha, sendo maior (p = 0,000) na batida tanto nos torácicos, como nos pélvicos. Esses resultados eram esperados, pois corroboram com os resultados encontrados por Silva et al. [21], que verificaram que o deslocamento vertical dos membros torácicos de machos da raça MM de marcha batida é maior do que de marcha picada. Na marcha picada há maior frequência de passadas conforme observado por Fonseca et al. [19,20] em cavalos MM. De acordo com os autores, esse achado está relacionado com o menor deslocamento longitudinal (comprimento da passada). Nesse sentido, os achados obtidos no presente estudo complementam que o deslocamento vertical é menor na marcha picada, podendo também estar relacionado com a maior frequência de passadas.

A ABCCMM [1] define gesto ideal da marcha da seguinte forma: “Os membros torácicos devem descrever a figura de um semicírculo e os pélvicos com energia de movimentação, mas com deslocamento linear, sem elevação demasiada de seus jarretes”. Os resultados encontrados indicam que o movimento vertical dos membros pélvicos é menor que o dos torácicos. Porém, quando se analisa o comportamento das curvas pelo plano sagital (Eixo “Y” x Eixo “X”) se observa que alguns animais não apresentam esse padrão (Fig 5). O gesto ideal foi encontrado em maior número no grupo das fêmeas de MB na marcha média (71,43%), seguida por fêmeas de MB e machos de MP na marcha reunida (57,14%). Os machos de MB nas marchas reunida e média e os de MP na marcha média apresentaram uma porcentagem de 42,86%. Por último, as fêmeas de MP em ambas marchas (14,29%). A análise do movimento vertical é importante, uma vez que, por meio da assimetria

do deslocamento vertical é possível identificar a claudicação. O movimento da cabeça, pelve [22] e cascos [23] se alteram diante de um membro claudicante.

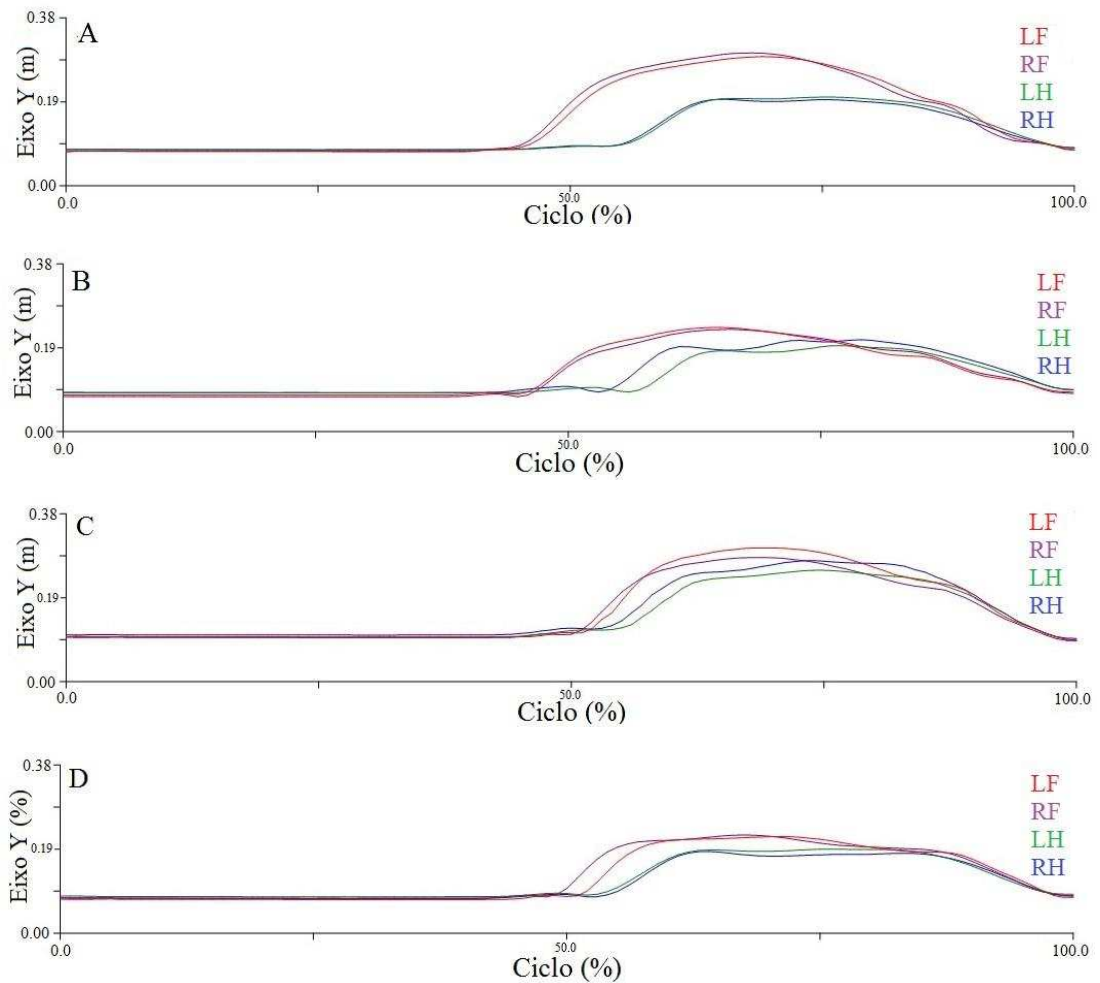


Fig 5. Deslocamento vertical: movimento descrito pela ABCCMM (A), movimento dos membros torácicos e pélvicos com amplitudes próximas (B), movimento pélvico com comportamento de semicírculo (C) e movimento torácico com comportamento linear (D).

O movimento no eixo longitudinal, que se refere ao comprimento da passada, e sofreu efeito do tipo de marcha, sendo maior ($p = 0,000$) na batida tanto no membro torácico como no pélvico. O mesmo ocorreu com a velocidade, em que o movimento longitudinal foi maior ($p = 0,000$) na marcha média. Esses achados também eram esperados, visto que Fonseca et al. [19,20] encontraram maior frequência de passadas e menor comprimento da passada na marcha picada. Na Tabela 3 foram demonstrados os dados referentes à trajetória dos cascos.

Como já mencionado, no deslocamento transversal não foi verificada normalidade, ou seja, não há uma homogeneidade dos dados, então o teste utilizado para verificar efeitos de marcha, sexo e velocidade foi não paramétrico. O movimento no eixo transversal não sofreu efeito de nenhuma das variáveis. Adicionalmente, se observou que o coeficiente de variação foi elevado (torácico = 53,272; pélvico = 72,587), reforçando a ausência de efeitos significativos.

Na Fig 6, o movimento pode ser observado pela vista dorsal (plano dorsal: Eixo “Z” x Eixo “X”). Dois tipos de movimentos transversais foram identificados nos membros pélvicos, sendo que um deles descreveu um arco externo, conhecido como “remada” (presente em 100% dos membros torácicos), e o outro, que em determinado momento da passada, mais particularmente no início, descrevia um arco interno, denominado como “cruzar a passada”. Embora este último movimento seja considerado raro na raça MM, esteve presente em 16,07% dos animais, sendo mais representativo no grupo dos machos de MB. Estes achados podem estar relacionados ao casqueamento/ferrageamento, assim como o aprumo. Em cavalos Pura Raça Espanhola é frequente esse tipo de movimento em animais com cascos divergentes [24].

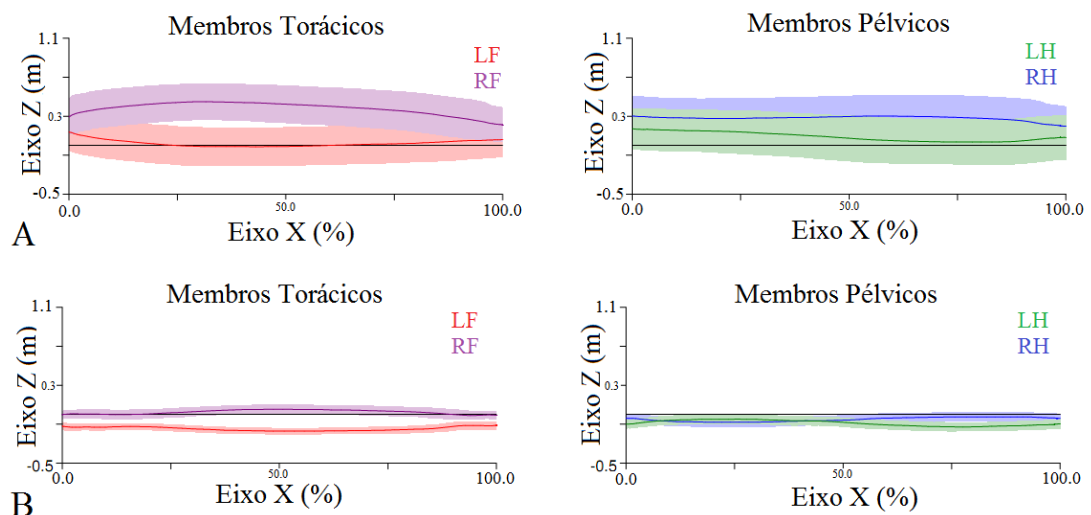


Fig 6. Demonstração da irregularidade dos movimentos transversais. Movimento com maior amplitude nos membros torácicos e pélvicos (A). Os mesmos membros demonstrando o movimento com menor amplitude (B).

A ABCCMM admite apenas os deslocamentos vertical e longitudinal. O transversal é considerado como um movimento parasita, não sendo então

padronizado. A grande variação desse deslocamento encontrada no presente estudo corrobora que não há uma padronização do mesmo, justificando a classificação determinada pela ABCCMM como movimento parasita.

Analisando os gráficos pela vista cranial (plano transverso: Eixo “Y” x Eixo “Z”) foi possível avaliar o comportamento do movimento de ambos os membros e antímeros. Por meio do referido movimento foi possível observar o deslocamento transversal e vertical dos cascos, que também foi considerado como um movimento parasita, ou seja, fora do padrão do andamento determinado para a raça. Conforme observado na Fig 7, o comportamento é irregular.

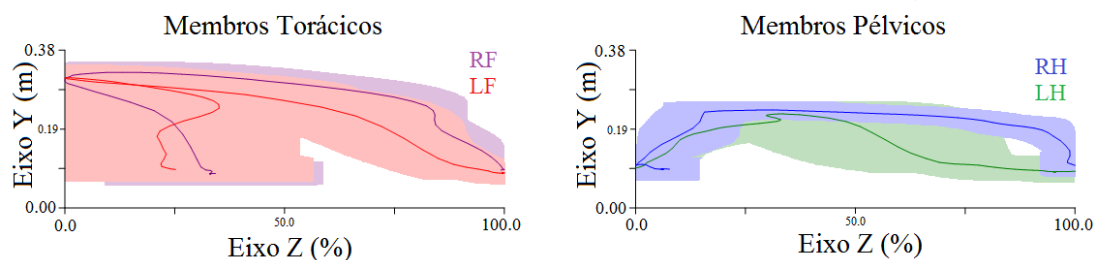


Fig 7. Vista cranial (plano transverso) dos deslocamentos dos cascos dos membros torácicos e pélvicos. Assimetria entre os membros torácicos direito e esquerdo, e também entre os pélvicos.

É importante ressaltar que por mais que os movimentos dos membros contralaterais possam parecer distintos, a simetria foi testada e confirmada em todos os deslocamentos, inclusive no transversal. Logo, pode se concluir que este movimento não tende a ter um padrão.

Conforme mencionado por Wilson et al. [25] é fundamental que os movimentos executados pelos membros sejam descritos de forma adequada, como uma tentativa de se obter informação sobre a associação entre simetria, conformação e andamento. O presente estudo foi criterioso, com elevado rigor metodológico. Por outro lado, conforme mencionado, a velocidade não foi controlada de forma proposital, e a pista foi diferente da utilizada em competições para a raça. Não há dúvida que servirá de base para estudos futuros que poderão ser realizados em diferentes pistas de locomoção, com velocidade controlada, de forma a buscar relacionar os presentes achados com medidas morfométricas.

CONCLUSÃO

A trajetória dos cascos dos equinos da raça Mangalarga Marchador, realizada por meio dos deslocamentos vertical e longitudinal, são maiores na marcha batida. Adicionalmente, o último deslocamento sofre efeito da velocidade, sendo maior na marcha média. Enquanto que o transversal é irregular. A velocidade executada na marcha reunida e na marcha média varia de 11,05 a 11,49 km/h e 12,77 a 13,71 km/h, respectivamente. O alinhamento dos cascos dos equinos durante a marcha na velocidade curta e média é muito variável, sendo pequeno o número de animais que possuem o alinhamento considerado como completo. O gesto ideal foi encontrado em maior número no grupo das fêmeas de MB na marcha média (71,43%). No membro pélvico foram encontrados dois tipos de movimento trasnversal, um descrevendo um arco externo e outro um arco interno (16,07% dos animais). Os achados do presente estudo irão colaborar com o maior conhecimento do funcionamento do sistema locomotor de equinos e, principalmente, para o melhor entendimento do padrão da marcha da raça. Além disso, fornecerão novidades para que os criadores possam entender e selecionar animais cada vez mais próximos do padrão exigido. E para o setor de equideocultura como um todo, que vêm crescendo e ganhando cada vez mais destaque no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à ABCCMM pela parceria e incentivo na realização da pesquisa, assim como aos cavaleiros e criadores. Os autores também agradecem a FAPEMIG, CNPq, CAPES e CENTEV, pela concessão de bolsa de estudo e/ou suporte financeiro nos seus projetos de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. ABCCMM - Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Mangalarga Marchador (ABCCMM). O marchador: História da raça e Características da raça. 2016. [acesso em 2017 dec 10]. Disponível em: <http://www.abccmm.org.br/>.

2. Procópio AM. Análise cinemática da locomoção de equinos marchadores. Tese (Doutorado em Zootecnia), Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2004.
3. Barrey E. Methods, applications and limitations of gait analysis in horses. *Vet J.* 1999; 157(1): 7-22.
4. Clayton HM, Schamhardt HC. Measurement techniques for gait analysis. In: Back W, Clayton HM. *Equine locomotion*. London: W.B. Saunders; 2013. P. 31-60.
5. Poore LAB, Licka TL. Quantitative review of the equinalysis system for equine locomotion analysis. *J Equine Vet Sci.* 2011; 31(12): 717-21.
6. van Weeren PR, van den Bogert AJ, Back W, Bruin G, Barneveld A.. Kinematics of the Standardbred trotter measured at 6, 7, 8 and 9 m/s on a treadmill, before and after 5 months of prerace training. *Acta Anat (Basel).* 1993; 149(.2-3): 154-61.
7. Kramer J, Keegan KG. Kinematics of lameness. In: Hinchcliff KW, Kaneps AJ, Geor RJ. *Equine sports medicine and surgery: basic and clinical sciences of the equine athlete*. London: W. B. Saunders; 2014. P. 223-238.
8. Miró F, Santos R, Garrido-Castro JL, Galisteo AM, Medina-Carnicer R.. 2D versus 3D in the kinematic analysis of the horse at the trot. *Vet Res Commun.* 2009; 33(6): 507-13.
9. Licka TF, Peham C, Zohmann E. Treadmill study of the range of back movement at the walk in horses without back pain. *Am J Vet Res.* 2001; 62(7): 1173-9.
10. Kelmer G1, Keegan KG, Kramer J, Wilson DA, Pai FP, Singh P. Computer-assisted kinematic evaluation of induced compensatory movements resembling lameness in horses trotting on a treadmill. *Am J Vet Res.* 2005 Apr; 66(4): 646-55.

11. Barrey E, Galloux P, Valette JP, Auvinet B, Wolter R. Stride characteristics of over ground versus treadmill locomotion. *Acta Anat (Basel)*. 1993; 146(2-3): 90-4.
12. Buchner HH, Savelberg HH, Schamhardt HC, Merkens HW, Barneveld A. Kinematics of treadmill versus over ground locomotion in horses. *Vet Q*. 1994 May; 16 Suppl 2: S87-90.
13. Hussni, CA, Wissdorf, H, Nicoletti JLM. Variações da marcha em equinos da raça Mangalarga Marchador. *Ciênc. Rural*. 1996; 26(1): 91-5.
14. Nicodemus MC, Clayton HM. Temporal variables of four-beat, stepping gaits of gaited horses. *Appl Anim Behav Sci*. 2003; 80(2): 133-42.
15. Soares CM. Análise biomecânica do andamento de potros da raça Mangalarga Marchador aos 30 e 180 dias de idade. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária – Unesp, Campus de Araçatuba, São Paulo. 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/148720>.
16. Chateau H, Camus M, Holden-Douilly L, Falala S, Ravary B, Vergari C, et al. Kinetics of the forelimb in horses circling on different ground surfaces at the trot. *Vet J*. 2013 Dec; 198 Suppl 1: e20-6.
17. van Weeren PR, van den Bogert AJ, Barneveld A. Quantification of skin displacement in the proximal parts of the limbs of the walking horse. *Equine Vet J*. 1990; Jun(9): 110-8.
18. Schamhardt HC, van den Bogert AJ, Hartman W. Measurement techniques in animal locomotion analysis. *Acta Anat (Basel)*. 1993; 146(2-3): 123-9.
19. Fonseca MG, Marelli C, Lage J, Silva TO, Marques IM, Bernardina GRD, et al. Marcha batida média de equinos da raça Mangalarga Marchador: Cinética linear e temporal. *Rev. V & Z*. 2017; Suppl Abril: 94-96.

20. Fonseca MG, Marelli C, Lage J, Silva TO, Sales CCM, Simonato SP, et al. Variáveis cinemáticas lineares e temporais da marcha picada média de equinos da raça Mangalarga Marchador. *Rev. V & Z.* 2017; Supl Abril: 96-98.
21. Silva TO, Fonseca MG, Simonato SP, Silvatti, AP, Fonseca BPA, Souza, MV. Deslocamento vertical dos cascos dos membros torácicos de equinos da raça Mangalarga Marchador. In: Conferência Internacional de Caballos de Deporte – CICADE, 2016, Ribeirão Preto, São Paulo. (Resumo). Disponível em: <<http://www.agpferd.com/events/books/>>.
22. Starke SD, May SA, Pfau T. Understanding hind limb lameness signs in horses using simple rigid body mechanics. *J Biomech.* 2015; 48(12): 3323-31.
23. Buchner HHF. Gait adaptation in lameness. In: Back W, Clayton HM. *Equine locomotion.* London: W.B. Saunders; 2013. P. 175-197.
24. Souza MV, Duran MN. El aplomo del caballo. *Revista Ceres.* 2004; 51(294): 347-70.
25. Wilson A, Agass R, Vaux S, Sherlock E, Day P, Pfau T, et al. Foot placement of the equine forelimb: relationship between foot conformation, foot placement and movement asymmetry. *Equine Vet J.* 2016; 48(1): 90-6.

CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições que foram realizadas o presente estudo, pode-se concluir que:

1. Existe variação nos valores de comprimento de parede (CP), altura do talão medial (ATM) e altura do talão lateral (ATL) nos cascos de equinos da raça Mangalarga Marchador.
2. O casqueamento/ferrageamento (CF) interfere na morfologia do casco. Em Mangalarga Marchador de competição nacional, a data do último CF tem relação inversa com a altura dos talões, de forma que quanto mais recente, menor é a altura dos mesmos.
3. O CP varia em relação à marcha (maior na batida) em ambos os membros, enquanto que a ATM e a ATL variam com a marcha e sexo (machos de marcha batida) nos membros torácicos, e apenas com o sexo (machos) nos membros pélvicos. O ângulo do casco (ANG) não sofre variação da marcha e do sexo.
4. Existe elevada frequência de adequado nivelamento entre talões de um mesmo membro.
5. Os valores médios de CP, ATM, ATL e ANG para Mangalarga Marchadores são $94,50 \pm 8,25$ mm, $41,41 \pm 4,84$ mm, $41,00 \pm 4,36$ mm e $47,76 \pm 2,88$ graus, respectivamente.
6. Na marcha executada de forma reunida a velocidade média é de 11,05 km/h, 11,49 km/h, 11,23 km/h, e 11,20 km/h para machos de Marcha Batida (MB), machos de Marcha Picada (MP), fêmeas de MB e fêmeas de MP, respectivamente.
7. Na marcha cuja velocidade é considerada como média, os valores são muito discretamente maiores do que na reunida, sendo de 13,41 km/h para machos de MB; 13,44 km/h para machos de MP; 13,71 km/h para fêmeas de MB e 12,77 km/h para fêmeas de MP.
8. O alinhamento dos cascos dos equinos na marcha batida e picada, executada de forma reunida ou média é muito variável, sendo demasiadamente pequeno o número de animais cujo alinhamento pode ser considerado como completo.
9. A trajetória dos cascos dos equinos da raça Mangalarga Marchador, realizada por meio dos deslocamentos vertical e longitudinal são maiores na marcha

batida. Adicionalmente o último deslocamento sofre efeito da velocidade, sendo maior no andamento médio.

10. O deslocamento transversal é irregular. Nos MP foram observados dois tipos de movimentos transversais, sendo um deles descrevendo um arco externo e outro (16,07% dos animais), um arco interno.
11. O gesto ideal da marcha em atletas da raça Mangalarga Marchador é mais frequentemente observado em fêmeas que realizam a MB, a uma velocidade média (71,43%).

ANEXO 1



Avaliação do Equilíbrio e Cinemática dos Cascos de Equinos Mangalarga Marchadores



Código do Animal:

1) Equilíbrio do Casco

	MTD
CP	
ATM	
ATL	
Ang	

	MTE
CP	
ATM	
ATL	
Ang	

	MPD
CP	
ATM	
ATL	
Ang	

	MPE
CP	
ATM	
ATL	
Ang	

MTD = Membro Torácico Direito; MTE = Membro Torácico Esquerdo; MPD = Membro Pélvico Direito; MPE = Membro Pélvico Esquerdo; CP = Comprimento da Pinça; ATM = Altura do Talão Medial; ATL = Altura do Talão Lateral; Ang = Angulação do Casco.

- Idade: _____
- Os casqueamentos e ferrageamentos são feitos de quanto em quanto tempo?

- Suplementação mineral: _____

ANEXO 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa **“CINEMÁTICA DO MOVIMENTO DOS CASCOS DE EQUINOS MANGALARGA MARCHADOR DURANTE O ANDAMENTO MARCHA”**.

Nesta pesquisa pretendemos descobrir a relação do equilíbrio do casco com o tempo, e o tipo de apoio, e a trajetória do movimento do membro: deslocamento longitudinal, vertical e lateral dos cascos. Além disso, pretendemos avaliar o equilíbrio dos cascos; analisar qual a parte do casco que primeiro entra em o contato com o solo; verificar qual a parte do casco que inicia a fase de elevação e determinar o tempo de apoio dos membros. Também pretendemos comparar o os deslocamentos longitudinais, verticais e laterais entre os equinos de marcha batida e picada.

Os motivos que nos levam a estudar são a relevância da raça de equinos Mangalarga Marchador no cenário nacional e sua atual expansão internacional. Adicionalmente, a claudicação é a principal queixa em cavalos atletas, logo estudos com foco no aparelho locomotor, e em especial com o casco, se fazem necessários. A análise do andamento através da avaliação cinematográfica tridimensional é uma ferramenta que oferece inúmeras vantagens para a avaliação do andamento natural da raça.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: As éguas e os cavalos serão conduzidos ao estúdio por seu apresentador responsável, onde serão obtidas as medidas referentes ao equilíbrio do casco: altura do talão lateral e medial, ângulo do casco e comprimento da muralha. Feito isso o apresentador responsável ou proprietário será questionado quanto à periodicidade do casqueamento e ferrageamento e sobre o fornecimento de suplementação mineral ao seu animal. Para a análise cinemática serão afixados marcadores reflexivos com fita adesiva dupla-face (atóxica), em três pontos: Pinça do casco (superfície dorsodistal), talão lateral e coroa do casco (dorsoproximal da muralha, imediatamente abaixo da região coronária). Em seguida, o animal será arreado e montado pelo seu apresentador e passará pelo campo de captação de imagens na marcha curta, média e alongada e repetirá o processo até a obtenção de quatro passadas válidas para cada velocidade.

Os dados obtidos irão compor uma média que será utilizada pelos pesquisadores responsáveis para divulgação em meios científicos e técnicos.

O questionário será rápido, cerca de cinco minutos e como já mencionado, será composto apenas de quatro perguntas:

- Os casqueamentos e ferrageamentos são feitos de quanto em quanto tempo?

O ultimo casqueamento e ferrageamento foi feito quando?

- Suplementação Mineral: Sim ou não? Qual?

O risco envolvido na pesquisa consiste em constrangimento para o proprietário/tratador, pois no questionário terá uma pergunta sobre a periodicidade do casqueamento e ferrageamento, o que pode ser confrontado durante o exame acurado do casco do equino. Caso existam dúvidas o proprietário/tratador será submetido novamente às perguntas do questionário. Uma vez que pode ocorrer um viés de memória.

A pesquisa contribuirá para esclarecer a biomecânica, mais especificamente, a cinemática da parte distal do membro equino, durante a marcha do Mangalarga Marchador. Adicionalmente, servirá como base para estudos posteriores, pois a partir do entendimento do movimento fisiológico em equinos saudáveis, será possível identificar mais facilmente alterações no andamento do animal, e ao mesmo tempo estabelecer padrões de locomoção para verificar precocemente a qualidade do andamento marchado. Espera-se obter dados inéditos sobre o Mangalarga Marchador com uma pesquisa com rigor metodológico e excelente padrão de qualidade. Pretende-se gerar com o estudo uma dissertação de mestrado, pelo menos um artigo científico a ser enviado para uma revista de adequado impacto, além de resumos que serão apresentados em eventos científicos. Também se objetiva dar um retorno para os criadores da raça Mangalarga Marchador sobre a movimentação e o equilíbrio dos cascos dos equinos da raça.

Para participar deste estudo o Sr.(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito à indenização. O Sr.(a) tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr.(a) é atendido(a) pelo

pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. O(A) Sr.(a) e seus animais não serão identificados em nenhuma publicação que possa resultar. Seu nome ou o material que indique sua participação não serão liberados sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável no Departamento de Veterinária da Universidade Federal de Viçosa e a outra será fornecida ao Sr.(a).

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, e depois desse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____,
contato _____, fui
informado(a) dos objetivos da pesquisa **“CINEMÁTICA DO MOVIMENTO DOS
CASCOS DE EQUINOS MANGALARGA MARCHADOR DURANTE O
ANDAMENTO MARCHA”** de maneira clara e detalhada, esclareci minhas
dúvidas, e autorizo a participação dos meus animais abaixo discriminados:

Quantidade total: (), sendo:

Fêmeas de marcha batida (); Fêmeas de marcha picada ();

Machos de marcha batida (); Machos de marcha picada ().

Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Viçosa, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

Maria Verônica De Souza

Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Veterinária - Campus
Universitário, s/n.

CEP: 36570-900. Telefone para contato: (31) 3899-1447

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você
poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Universidade Federal de Viçosa

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior.

Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário

Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31)3899-2492

Email: cep@ufv.br

www.cep.ufv.br