

EFEITOS DE MATERIAIS DE FERRADURAS NA CINEMÁTICA DOS MEMBROS TORÁCCOS DE CAVALOS DA RAÇA CRIOLA DURANTE O TROTE EM SUPERFÍCIE COM ALTA DUREZA.

**BRUNO DE BORBA FERNANDES¹; LEILA REGINA OLIVEIRA DE BORBA²,
CAROLINA BICCA MARTINS BITENCOURT³, EVERTON AUGUSTO
KOWALSKI⁴, FERNANDO MADRUGA BARBOSA⁵, CHARLES FERREIRA
MARTINS⁶**

¹Universidade Federal de Pelotas – brunodeborba.bb@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – leiborba@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas– carolinabicc0@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas– evertonzootecnia@outlook.com

⁵Universidade Federal de Pelotas– fernandoferreiromb@hotmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – martinscf68@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Desde o advento da domesticação equina, emergiu a imperiosa necessidade de mitigar o desgaste natural dos cascos por meio da aplicação de ferraduras confeccionadas a partir de uma gama de materiais (WILSON et al., 1992; KANE et al., 1996), os quais, por sua vez, apresentam distintas propriedades atritivas (HEIDT et al., 1996). As alterações biomecânicas decorrentes da interação entre ferraduras e superfícies de locomoção podem ser detectadas por meio de avaliações cinemáticas detalhadas dos membros em equinos (NAEM et al., 2020).

Neste sentido, a elucidação das dinâmicas associadas à locomoção equina, mediadas pela aplicação de ferraduras confeccionadas com materiais de distintas propriedades sobre superfícies rígidas, apresenta-se como crucial para otimizar a eficiência cinemática do deslocamento, além de proporcionar uma diminuição nos índices de afecções ortopédicas, fomentando o bem-estar e a segurança dos animais em contextos atléticos. Em consonância, o presente estudo tem o propósito de analisar as variáveis cinemáticas do membro torácico de equinos ao trote, comparando condições de ferrageamento com materiais distintos em superfície caracterizada por elevada dureza e aderência.

2. METODOLOGIA

Foram avaliadas seis éguas híbridas da raça Crioula, com massa corporal média de $407 \pm 23,16$ kg, idade entre 5 e 9 anos e altura na cernelha de $1,35 \pm 0,02$ m, provenientes de uma propriedade em Piratini, Rio Grande do Sul, Brasil. Os animais permaneceram 90 dias em sistema extensivo em campo nativo, sem ferraduras, assegurando condições homogêneas antes do início do experimento.

Cada animal foi submetido sequencialmente ao ferrageamento com três tipos de ferraduras (alumínio, plástico e aço), com período de aclimação entre trocas, e conduzido ao campo experimental para registro cinemático. A superfície foi previamente caracterizada quanto à dureza (2.691,44 kPa), profundidade (1,62 cm), aderência (29,70 Nm), umidade (22,10%) e composição (elevada fração argilosa).

Para a análise cinemática, foram fixados 12 marcadores reflexivos bilaterais em pontos anatômicos dos membros torácicos, utilizando fita dupla face para garantir precisão de rastreamento. As filmagens foram realizadas com videografia bidimensional (2D) e processadas no software Quintic Biomechanics® v33,

quantificando variáveis espaço-temporais e angulares. Para cada condição experimental, foram obtidos três registros por lado, sendo consideradas as médias entre os membros direito e esquerdo.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste-T de Student, seguido por análise de variância ANOVA e teste Tukey na comparação das médias das variáveis cinemáticas para cada tipo de ferradura na andadura a trote. Para todas as análises estatísticas, foi utilizado o software IBM SPSS Statistics® 20 e se considerou um nível um nível mínimo de confiança de 95% ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condição sem ferradura resultou em maior comprimento de passada e velocidade e em menores tempos de passada e de *breakover*, sugerindo maior liberdade de movimento e eficiência mecânica. Esses achados reforçam estudos anteriores que indicam que a ausência de ferradura reduz o peso distal e favorece um padrão de locomoção mais econômico (SYMONS et al., 2014). As ferraduras de alumínio mantiveram valores próximos aos desferrados, confirmando que materiais mais leves induzem modificações menos acentuadas na cinemática, aspecto já descrito em estudos que compararam diferentes ligas metálicas e observaram menor influência sobre parâmetros espaço-temporais quando a ferradura apresentava baixo peso (VAN HEEL et al., 2005).

Em contraste, as ferraduras de poliuretano e aço promoveram as mudanças mais expressivas. O poliuretano foi intermediário nos tempos de apoio e na elevação do casco, o que reflete maior capacidade de amortecimento e absorção de impacto, conforme sugerido por PARDOE et al. (2001) e WILSON et al. (1992). Já o aço apresentou maior tempo de deslizamento, sugerindo menor aderência no momento do contato inicial da interação casco-solo, fenômeno já citado em superfícies rígidas e úmidas, onde a resistência ao atrito é determinante para o padrão de aterrissagem (ORLANDE et al., 2012; SETTERBO et al., 2009). O mesmo ocorreu nos tempos de passada, apoio e *breakover*, além de menor amplitude angular, refletida pela redução da protração e retração máxima, evidenciando limitação no arco de movimento, o que pode comprometer a flexibilidade e a eficiência da passada. Este comportamento é consistente com os efeitos de sobrecarga no ciclo locomotor descritos por BARREY (2014) e HERHOLZ et al. (2023).

Entre os animais ferrados, independente do material, observou-se maior elevação do casco, possivelmente em resposta compensatória ao maior peso distal, padrão compatível com o descrito por WILSON et al. (1992).

Tabela 1. Médias e erro padrão das variáveis cinemáticas do membro torácico de equinos a trote sem ferradura e ferrados com alumínio, poliuretano e aço em superfície com alta dureza e umidade (terra).

VC	SEM FERRADURA	ALUMINIO	POLIURETANO	AÇO	SEM	P-Value
CP(m)	2,049 ^A	1,961 ^{AB}	1,802 ^C	1,832 ^{BC}	0,037	$P < 0,01$
TP(s)	0,487 ^B	0,513 ^A	0,518 ^A	0,530 ^A	0,006	$P < 0,01$
VP(m/s)	4,249 ^A	3,846 ^B	3,490 ^B	3,477 ^B	0,102	$P < 0,01$
TD(s)	0,000 ^B	0,005 ^B	0,001 ^B	0,004 ^A	0,083	0,002
TA(s)	0,174 ^B	0,186 ^{AB}	0,203 ^A	0,200 ^A	0,006	0,005
TS(s)	0,273 ^{AB}	0,281 ^A	0,269 ^B	0,283 ^A	0,003	0,003
TB(s)	0,040 ^B	0,045 ^{AB}	0,046 ^{AB}	0,047 ^A	0,002	0,049

A(m)	0,158 ^B	0,176 ^{AB}	0,163 ^{AB}	0,181 ^A	0,006	0,012
P(°)	15,37 ^A	14,81 ^{AB}	14,47 ^{AB}	13,66 ^B	0,325	0,004
R(°)	22,29 ^A	21,10 ^{AB}	21,26 ^{AB}	20,76 ^B	0,361	0,025

VC: variáveis cinemáticas, SEM: erro padrão da média, CP: comprimento da passada, TP: tempo da passada, VP: velocidade da passada, TD: tempo de deslizamento, TA: tempo de apoio, TS: tempo de suspensão, TB: tempo de breakover; A: altura máxima do casco em relação à superfície, P: protração máxima e R: retração máxima. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

4. CONCLUSÕES

A condição sem ferradura demonstrou favorecer a liberdade articular e a eficiência da passada, enquanto materiais mais pesados, como o aço, induziram restrição angular, prolongamento do apoio e redução da velocidade o que pode comprometer o desempenho e aumentar o risco de sobrecarga no aparelho locomotor em superfícies com maior dureza, aderência e umidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARREY, E. Biomechanics of locomotion in the athletic horse. In: HINCHCLIFF, K.W.; KANEPS, A.J.; GEOR, R.J. **Equine Sports Medicine and Surgery** (Second Edition), W.B. Saunders, 2014. Cap.10, p.189-211. doi.org/10.1016/B978-0-7020-4771-8.00010-7.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780702047718000107>)

HEIDT, R.S; DORMER, S.G.; CAWLEY, P.W.; SCRANTON, P.E.; LOSSE, G. and HOWARD, M. Differences in frictional and torsional resistance in athlete shoe-turf interfaces. **The American Journal of Sports Medicine**, v.24, n.6, p.834-842, 1996.

HERHOLZ, C.; SIEGWART, J.; NUSSBAUM, M.; HANS-PETER STUDER, M. and BURGOS, S. Large temporal variations of functional properties of outdoor equestrian arena surfaces and a new concept of evaluating reactivity with light weight deflectometer settlement curves. **Journal of Equine Veterinary Science**, 129:104909, 2023. doi:10.1016/j.jevs.2023.104909.

KANE, A.J.; STOVER, S.M.; GARDNER, I.A.; CASE, J.T.; JOHNSON, B.J.; READ, D.H. and ARDANS, A.A. Horseshoe characteristics as possible risk factors for fatal musculoskeletal injury of Thoroughbred racehorses. **American Journal Veterinary Research**, v.57, n.8, p.1147-1152, 1996.

NAEM, A.M.; LITZKE, L.F.; FAILING, K; BURK, J. and RÖCKEN, M. Hoof kinetic patterns differ between sound and laminitic horses, **Equine Veterinary Journal**, v.53, p.503-509, 2020. <https://doi.org/10.1111/evj.13311>

ORLANDE, O.; HOBBS, S.J.; MARTIN, J.H.; OWEN, A.G.; NORTHROP, A.J. Measuring hoof slip of the leading limb on jump landing over two different equine arena surfaces. **Comparative Exercise Physiology**, v.8, p.33 – 39, 2012.

PARDOE, C.H.; McGUIGAN, M.P.; ROGERS, K.M.; ROWE, L.L. and WILSON, A.M. The effect of shoe material on the kinetics and kinematics of foot slip at impact

on concrete. **Equine Veterinary Journal Suppl.**, v.33, p.70-73, 2001. doi:10.1111/j.2042-3306.2001.tb05363.x

SETTERBO, J.J.; GARCIA, T.C.; CAMPBELL, I.P.; REESE, J.L.; MORGAN, J.M.; KIM, S.Y.; HUBBARD, M, and STOVER, S.M. Hoof accelerations and ground reaction forces of Thoroughbred racehorses measured on dirt, synthetic, and turf track surfaces. **American Journal of Veterinary Research**, v.70, n.10, 2009. <https://doi.org/10.2460/ajvr.70.10.1220>.

STUTZ, J.C.; VIDONDO, B.; RAMSEYER, A.; MANINCHEDDA, U.E. and CRUZ, A.M. 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 Rec Open.**; 5:e000237, 2018. doi:10.1136/vetreco-2017-000237

SYMONS, J.E.; GARCIA, T.C.; SOOHOO, E. and STOVER, S.M. Breezing thoroughbred hoof accelerations on dirt and synthetic surfaces. **Equine Veterinary Journal**, v.46, p.49, 2014. <https://doi.org/10.1111/EVJ.12267149>

VAN HEEL, M.C.; MOLEMAN, M.; BARNEVELD, A.; VAN WEEREN, P.R. and BACK, W. Changes in location of center of pressure and hoof-unrollment pattern in relation to an 8-week shoeing interval in the horse. **Equine Veterinary Journal**, v.37, p.536-540, 2005. doi:10.2746/042516405775314925

WILSON, P.D.; RATZLAFF, M.H.; GRANT, B.D.; HYDE, M.L. and BALCH, O.K. The effects of a compressible plastic shoe, the Seattle shoe on the kinematics of the strides of galloping Thoroughbred horses. **Journal Equine Veterinary Science**, v.12, n.6, p.374-381, 1992.