

CARACTERIZAÇÃO DO ESPECTRO MECÂNICO DE SUPERFÍCIES EQUESTRES UTILIZADAS POR EQUINOS DA RAÇA CRIOULA

ÉVERTON AUGUSTO KOWALSKI¹; ALEXANDRE FELIPE BRUCH²;
GUILHERME MARKUS³; LEILA REGINA OLIVEIRA DE BORBA⁴; CLÁUDIA
LIANE RODRIGUES DE LIMA⁵; CHARLES FERREIRA MARTINS⁶

¹*Universidade Federal de Pelotas – evertonequinocultura@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – afbruch@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – guilhermemarkus2014@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – leiborba@gmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – clrlima@yahoo.com.br*

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

1. INTRODUÇÃO

As superfícies equestres ganharam destaque no cenário internacional em diversas modalidades esportivas nas últimas duas décadas, devido a necessidade de padronização do comportamento mecânico e redução do índice de lesões ortopédicas (SETTERBO et al., 2009; HOBBS et al., 2014; HERHOLZ et al., 2023). O comportamento mecânico de superfícies equestres corresponde ao conjunto de características que modelam a biomecânica equina pela dinâmica das forças reacionárias durante o movimento (PETERSON; MCILWRAITH; REISER, 2008). Esses fatores podem influenciar de forma positiva otimizando o deslocamento e a segurança, mas também negativamente, ocasionando estresse no sistema musculoesquelético ocasionado por parâmetros inadequados de dureza, umidade, aderência, profundidade, composição e topografia (ORLANDE et al., 2012).

O estudo das superfícies equestres é complexo e multifatorial, sendo dependente de fatores intrínsecos e extrínsecos, assim como, deve permitir a comparação entre resultados obtidos para definição de padrões replicáveis (Hobbs et al., 2014). Sua investigação carece da testagem com dispositivos específicos para analisar os efeitos superficiais no espectro da força de reação do solo, índices de umidade, composição granulométrica, resistência ao cisalhamento (aderencia), profundidade, uniformidade, manutenção, biomecânica equina e declividade topográfica (HOBBS et al., 2014; PIZZI et al., 2024; KOWALSKI et al., 2025).

Para as modalidades esportivas praticadas por equinos da raça Crioula, Quarto de milha, Mangalarga Marchador e Rédeas não existe na literatura aparato científico sobre o comportamento mecânico das superfícies utilizadas. Os estudos estão relacionados a Corrida, Hipismo, Cross country, Adestramento e eventos olímpicos (PETERSON; MCILWRAITH, 2008; HOBBS et al., 2014; ROHLF et al., 2023). Nessa situação, as abordagens construtivas, administrativas e a manutenção corretiva ficam dispostas a conhecimentos empíricos, que por muitas vezes não satisfazem as necessidades biomecânicas e comportamento superficial adequado, visto a necessidade da padronização das variáveis através da medição de sua resposta (WHEELER; ZAJACZKOWSKI, 2006).

Visto a demanda apresentada, o objetivo deste trabalho foi investigar o espectro mecânico de superfícies equestres utilizadas por equinos da raça Crioula, através de mensurações dos índices de dureza, umidade, aderência e profundidade.

2. METODOLOGIA

As superfícies foram analisadas em oito centros equestres de treinamento e competição no período de novembro de 2022 e fevereiro de 2023, contemplando análises de dureza, umidade, aderência e profundidade sob condições ambientais equivalentes na ausência de pluviosidade e irrigação.

2.1 PONTOS DE TESTAGEM *IN SITU* DA SUPERFÍCIE

A determinação dos pontos de testes físicos *in situ* ocorreu conforme metodologia adaptada de NORTHRUP et al. (2016). Para isso, a área total de cada superfície foi dividida em 36 quadrantes contemplando 25 pontos ($1m^2$ por cada ponto) para testes das superfícies. Todos os testes foram realizados em triplicatas por ponto. As superfícies III, IV, V, VI e VIII possuem em sua composição mais de 80% de areia e menos de 7% de silte e argila. As superfícies I, II e VII possuem menos de 80% de areia e quantidade de silte e argila superior a 7%.

2.2 MENSURAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO SUPERFICIAL

A dureza foi mensurada através de um medidor de compactação digital (FALKER – Modelo PenetroLOG - PLG1020) com capacidade de romper a estrutura da superfície sob velocidade constante (30 - 50 mm/s) até profundidade máxima de perfuração, com resolução de 0,01 metros de altura.

A resistência ao cisalhamento foi obtida através de um dispositivo de tração funcional (PEHAM; SCHRAMEL, 2017), mensurando pico de torque (Nm) em rotação de 90° de um corpo de teste (800 N) sobre a superfície.

A umidade foi medida com auxílio de um sensor TDR (Field Scout-TDR-100; Spectrum Technologies) com altura de 0 - 7,6 m (BLANCO et al., 2021).

A profundidade da superfície foi mensurada com auxílio de uma haste métrica de aço inoxidável (1 mm de diâmetro), com capacidade de romper a camada superficial (NORTHRUP et al., 2016).

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos neste estudo incluem a comparação dos valores entre superfícies utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($P<0,05$), ajustado por Bonferroni. Para estes foi utilizado o software R Statistics 4.2.1 (R Core Team, 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento mecânico apresentado pelas superfícies equestres demonstrou distinção em todas as variáveis mensuradas (Tabela 1). A maior dureza foi observada nas superfícies I e VII, o que, pode ser relacionado a composição superficial pela quantidade superior de silte e argila, enquanto que, nas superfícies III, e VIII ocorreu a menor dureza pela maior quantidade de areia (HOBBS et al., 2014; ROHLF et al., 2023a). Os maiores índices de umidade ocorreram nas superfícies II, IV e VI, podendo ser entendidos como funcionais, pois as superfícies foram analisadas com ausência de pluviosidade anterior e sem irrigação, sendo então dependentes da composição superficial pela capacidade de

retenção de água dos constituintes (REICHERT et al., 2009). Entretanto, a umidade da superfície III é baixa, podendo ocasionar baixa dureza e instabilidade ao movimento do equino (HOBBS et al., 2014).

A aderência possui alta dependência da composição e umidade, quanto maior a quantidade de argila e umidade, maior será a aderência (HOLT et al., 2014; ROHLF et al., 2023b). Tais resultados são confirmados pelas superfícies I e VII pela maior aderência, assim como, pelas superfícies III e VI e VIII pela menor aderência, estando relacionado possivelmente aos menores índices de argila. A maior profundidade foi observada nas superfícies II e IV e menores em I, III e VII, sendo a mediana de todos locais 4,13 cm. Esta propriedade corresponde a camada de interação direta com o casco, sendo associada a dureza e aderência pois separa a superfície propriamente dita da base estrutural (KOWALSKI et al., 2025). Superfícies com alta ou baixa profundidade impactam negativamente a performance e saúde equina (NORTHROP et al., 2016). A mediana desta propriedade pode ser vista como baixa, contudo, isoladamente não demonstra o total comportamento mecânico da superfície.

Tabela 1. Espectro mecânico de superfícies equestres utilizadas por equinos da raça Crioula.

Superfícies	Dureza	Umidade	Aderência	Profundidade
Superfície I	24,64 ^{AB}	7,90 ^B	25,34 ^A	3,13 ^{DE}
Superfície II	23,01 ^{BC}	12,56 ^A	20,06 ^B	6,80 ^A
Superfície III	13,83 ^F	5,33 ^D	17,16 ^{CD}	3,13 ^{DE}
Superfície IV	21,06 ^{CE}	12,56 ^A	20,06 ^B	6,80 ^A
Superfície V	18,17 ^{DE}	6,66 ^C	17,39 ^{BC}	3,40 ^{CD}
Superfície VI	20,91 ^{CD}	15,76 ^A	16,14 ^{CD}	5,83 ^B
Superfície VII	27,28 ^A	9,96 ^B	23,20 ^A	2,53 ^E
Superfície VIII	16,66 ^{EF}	6,33 ^{BC}	15,70 ^D	4,53 ^{BC}
Mediana	21,07	8,98	19,05	4,13
IQR	8.72	6.23	5.40	3.12
P-Valor	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

O espectro mecânico apresentado pelas superfícies é reflexo de fatores específicos, oriundos de parâmetros construtivos aplicados, topografia, composição superficial, manutenção corretiva e tomada de decisões administrativas (HOBBS et al., 2014; HERHOLZ et al., 2023; KOWALSKI et al., 2025). Tais fatores são preponderantes para a garantia da performance e bem-estar, visto que, impactam diretamente na biomecânica dos equinos da raça Crioula com modificações durante as fases da passada (PIZZI et al., 2024). As medianas apresentadas corresponde ao comportamento das superfícies, podendo serem entendidos como representativos para estes sistemas construtivos utilizados por equinos da raça Crioula. Sugere-se que as diferenças significativas demonstram claramente a falta de uniformidade entre as superfícies, o que pode ocasionar problemas durante a vida esportiva destes atletas.

4. CONCLUSÕES

A caracterização do espectro mecânico de superfícies equestres utilizadas por equinos da raça Crioula demonstrou fatores preponderantes para compreensão

das diferenças existentes entre as superfícies e o seu potencial de modificação biomecânica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCO, M. A., HOURQUEBIE, R., DEMPSEY, K., SCHMITT, P., PETERSON, M. L. An Experimental Comparison of Simple Measurements Used for the Characterization of Sand Equestrian Surfaces. **Animals**, v. 11, e2896, 2021.
- HERHOLZ, C.; SIEGWART, J.; NUSSBAUM, M.; STUDER, M. H. P.; 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**, v. 129, e104909, 2023.
- HOBBS, S. J.; NORTHRUP, A. J.; MAHAFFEY, C.; MARTIN, J. H.; CLAYTON, H. M.; MURRAY, R.; ROEPSTORFF, L.; PETERSON, M. L. **Equine Surfaces White Paper**. FEI Publication, 2014.
- KOWALSKI, E. A.; BRUCH, A. F.; DE LIMA, C. L. R.; PIZZI, G. L. B. L.; DE BORBA, L. R. O.; RIBEIRO, P. F.; THEISEN, K. M.; CAMARGO, K. R.; BLAKE, R.; BITENCOURT, C. B. N. M.; Martins, C. F. Modelagem Topográfica de Superfícies Equestres: Uma Perspectiva Inovadora com Aerolevantamento Fotogramétrico. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 18(05), p. 3738 – 3755, 2025.
- NORTHRUP, A. J.; HOBBS, S. J.; HOLT, D.; CLAYTON-SMITH, E.; MARTIN, J. H. Spatial Variation of the Physical and Biomechanical Properties Within an Equestrian Arena Surface. **Procedia Engineering**, v. 147, p. 866 – 871, 2016.
- ORLANDE, O.; HOBBS, S. J.; MARTIN, J. H.; OWEN, A. G.; NORTHRUP, 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.
- PEHAM, C.; SCHRAMEL, J. P. **Method and device for determining the coefficient of friction between the surface of a test object, in particular of a base and the surface of a test body**. EP 3 141 886 A1, 2017.
- PETERSON, M. L.; MCILWRAITH, C. W. Effect of track maintenance on mechanical properties of a dirt racetrack: A preliminary study. **Equine Veterinary Journal**, v. 40, p. 602 – 605, 2008.
- PETERSON, M. L.; MCILWRAITH, C. W.; REISER, R. F. Development of a system for the in-situ characterisation of thoroughbred horse racing track surfaces. **Biosystems Engineering**, v. 101, p. 260 – 269, 2008.
- PIZZI, G. L. B. L.; HOLZ K., KOWALSKI E. A.; RIBEIRO P. F.; BLAKE R.; MARTINS C. F. 2D Kinematic Analysis of the Esbarrada and Volta Sobre Patas Manoeuvres of Criollo Breed Horses Competing in Freio de Ouro. **Animals**, v. 14, p. 2410, 2024.
- REICHERT, J. M.; Albuquerque, J. A.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; URACH, F. L.; CARLESSO, R. Estimation of water retention and availability in soils of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência Do Solo**, v. 33 (6), p. 1547 – 1560, 2009.
- ROHLF, C. M.; GARCIA, T. C.; FYHRIE, D. P.; LE JEUNE, S. S.; PETERSON, M. L.; STOVER, S. M. Arena surface vertical impact forces vary with surface compaction. **The Veterinary Journal**, v. 293, e105955, 2023a.
- ROHLF, C. M.; GARCIA, T. C.; FYHRIE, D. P.; LE JEUNE, S. S.; PETERSON, M. L.; STOVER, S. M. Shear ground reaction force variation among equine arena surfaces. **The Veterinary Journal**, v. 291, e105930, 2023b.
- WHEELER, E.; ZAJACZKOWSKI, S. **Riding arena footing materials**. In: Wheeler, E. (ed.) **Horse stable and riding arena design**. 1st ed. Blackwell Publishing, Malden, UK 267 – 278, 2006.