

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de veterinária

Programa de Pós-graduação em Ciência Animal

Mayara Gomes Correa

**AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA E MORFOLÓGICA DO DÍGITO E BOLETO DOS
MEMBROS TORÁDICOS DE EQUINOS PURO SANGUE INGLÊS DE CORRIDA**

Belo Horizonte

2023

Mayara Gomes Correa

**AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA E MORFOLÓGICA DO DÍGITO E BOLETO DOS
MEMBROS TORÁDICOS DE EQUINOS PURO SANGUE INGLÊS DE CORRIDA**

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Resende Faleiros.

Coorientadores: Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, Prof. Dr. Armando de Mattos Carvalho e Prof. Dr. Luiz Alberto do Lago.

Belo Horizonte

2023

C824a Correa, Mayara Gomes, 1987-
Avaliação radiográfica e morfológica do dígito e boleto dos membros torácicos de equinos puro sangue inglês de corrida/ Mayara Gomes Correa. – 2023.
90f: il

Orientador: Rafael Resende Faleiros
Coorientadores: Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso
Armando de Mattos Carvalho
Luiz Alberto do Lago

Tese (Doutorado) apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ciência Animal

Área de Concentração: Clínica e Cirurgia Veterinárias
Inclui Bibliografia.

1. Equino – Doenças - Teses - 2. Diagnóstico por imagem - Teses -
I. Faleiros, Rafael Faleiros – II. Gobesso, Alexandre Augusto de Oliveira –
III. Carvalho, Armando de Mattos – IV. Lago, Luiz Alberto do –
V. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária –
VI. Título.

CDD – 636.089



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

MAYARA GOMES CORRÊA

Tese submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL, como requisito para obtenção do grau de DOUTOR em CIÊNCIA ANIMAL, área de concentração Medicina e Cirurgia Veterinárias.

Aprovado(a) em 29 de junho de 2023, pela banca constituída pelos membros:

Dr.(a). Rafael Resende Faleiros - Orientador(a)

Dr.(a). Bruno Ferrante

Dr.(a). Ana Luísa Soares de Miranda

Dr.(a). Jéssica Fontana de Magalhães

Dr.(a). Cahuê Francisco Rosa Paz



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Resende Faleiros, Professor do Magistério Superior**, em 10/07/2023, às 07:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Ferrante, Professor do Magistério Superior**, em 17/07/2023, às 09:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cahuê Francisco Rosa Paz, Usuário Externo**, em 17/07/2023, às 13:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jéssica Fontana de Magalhães, Usuário Externo**, em 17/07/2023, às 21:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Luísa Soares de Miranda, Professora do Magistério Superior**, em 18/07/2023, às 09:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 2426027 e o código CRC D2E696D9.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por cuidar de mim, por me guiar, me cercar de pessoas maravilhosas e me fortalecer em todos os momentos.

Aos meus pais, Tarcísio e Deilda e a minha irmã Julia, meu Tolação, pela constante torcida, conselhos, diversão e amor incondicional. Obrigada por todo o apoio e ensinamentos. Sem vocês nada seria possível. A vocês, todo o meu amor e gratidão incondicional.

Ao Prof. Rafael Resende Faleiros, meu orientador, pelos ensinamentos, incentivo, inspiração e amizade. Obrigada por todo apoio, confiança e ensinamentos dedicados ao longo desses anos. Agradeço o auxílio na subida de cada degrau e por me mostrar que com amor, dedicação e trabalho podemos alcançar grandes voos.

Aos meus co-orientadores, Professores Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, Prof. Dr. Armando de Mattos Carvalho e Prof. Dr. Luiz Alberto do Lago por todo apoio e auxílio na execução do projeto.

Ao Dr. Reinaldo de Campos e a Dra. Fernanda Manzado da Clínica Veterinária Equine Center – Centro de Diagnóstico e Terapia Equina pelo entusiasmo e dedicação na viabilização desse projeto no intuito de ampliar ainda mais suas contribuições para a ciência e para os avanços na medicina equina e bem-estar dos cavalos atletas. Agradeço também a Dr. Beatriz Ferreira por toda a ajuda na execução do experimento e ao Dr. Bernardo Espinhal por tantos ensinamentos e experiências compartilhadas.

Às minhas colegas de pós-graduação, Jessica F. Magalhães e Júlia Baeta pela parceria, amizade e intensa dedicação na realização de todas as etapas desse projeto.

Ao meu cavalo, Lendário, por guiar meus passos, postura e decisões, e me mostrar, desde muito cedo, que trabalho que se faz com dedicação, alma e coração transpõe todos os limites. Não sabíamos quão longe podíamos ir, até que começamos nossa caminhada, avançamos e assim permaneceremos, em parceria, por mais longos e amáveis anos.

A toda equipe de proprietários, treinadores e tratadores do Jockey Clube de São Paulo pela ajuda e empenho em tornar possível a realização do projeto.

Aos cavalos PSI, que com toda sua imponência contribuem de forma majestosa para a história da humanidade. Um agradecimento especial aos que participaram desse experimento.

À CNPQ, CAPES, FAPEMIG e Equine Center – Centro de Diagnóstico e Terapia Equina pelo financiamento do experimento.

A todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento e realização desse trabalho, muito obrigada.

“Se enxerguei mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton, 1675.

RESUMO

A raça Puro Sangue Inglês (PSI) tem sido selecionada há séculos por fenótipos que permitam um desempenho superior em pistas de corrida. No entanto, tem sido descrita uma alta incidência de lesões nos membros torácicos de cavalos PSI de corrida jovens, o que culmina em importante fonte de prejuízo e levanta importantes preocupações com o bem-estar animal. Com as hipóteses de que a população de equinos PSI em atividade esportiva no Jockey Club de São Paulo possui elevada prevalência de distorções de cascos e alterações patológicas no boleto, foram avaliados membros torácicos de 59 animais com idade entre 3 e 4 anos com os objetivos de caracterizar morfológicamente o dígito torácico desses animais por meio de avaliações de imagens fotográficas e radiográficas e identificar as lesões radiográficas na articulação metacarpofalangeana, assim como a prevalência de alterações nos sesamoides proximais nesses animais. Embora pela avaliação visual 44,8% dos animais tenham apresentado um eixo linear entre a muralha dorsal do casco e quartela e apenas os demais tenham apresentado visualmente o ângulo dorsal do casco menor que o ângulo dorsal da quartela, análises radiográficas por diferentes métodos demonstraram de maneira consistente que 100% dos animais apresentavam o eixo podofalangeano quebrado para trás. Os animais avaliados apresentaram ainda médias de ângulo de pinça e de talão divergindo em $19,75^\circ$ entre si, valores esses ainda mais graves que os descritos anteriormente em outros países com tradicionalismo em corridas de PSI, o que leva a classificação dos animais avaliados como apresentando talões escorridos. Foi encontrado ainda um ângulo palmar médio de $0,38^\circ (\pm 2,01)$, valor esse muito abaixo do desejado, com apenas 4% dos animais avaliados apresentando valores dentro da normalidade e 56% dos animais apresentando ângulo palmar negativo. Esses achados demonstraram que dentro dessa população de cavalos PSI em corrida no Brasil os cascos apresentam importantes distorções. Embora todos os animais estivessem em atividade esportiva e sem indícios de lesões envolvendo o sistema locomotor, foram encontrados osteófitos ou enteseófitos em 76% das articulações metacarpofalangeanas avaliadas. Outro achado relevante foi a alta prevalência de irregularidades subcondrais, envolvendo principalmente o metacarpo dorsal (39%). Os resultados envolvendo os sesamoides proximais são ainda mais marcantes, com até 92% dos sesamoides avaliados apresentando sesamoidite, indicando sobrecarga do aparato suspensor do boleto. Esses achados corroboram com o fato de que as distorções no aspecto morfológico do casco e posicionamento da terceira falange estão relacionadas a menor eficiência biomecânica e desenvolvimento de lesões.

Palavras-chave: boleto; casco; morfologia; Puro Sangue Inglês; radiologia.

ABSTRACT

The Thoroughbred breed has been selected for centuries for phenotypes that allow superior performance on the race. However, a high incidence of forelimb injuries has been described in young Thoroughbred racehorses, which culminates in an important source of injury and raises important concerns regarding animal welfare. With the hypothesis that the population of Thoroughbred racehorses in sports activities at the Jockey Club of São Paulo has a high prevalence of hoof distortions and pathological alterations in the fetlock, forelimbs of 59 animals aged between 3 and 4 years were evaluated with the objective of morphologically description of the thoracic digit of these animals through evaluations of photographic and radiographic images and to identify the radiographic lesions in the metacarpophalangeal joint, as well as the prevalence of alterations in the proximal sesamoids in these animals. Although, by visual evaluation, 44.8% of the animals presented a linear axis between the dorsal wall of the hoof and the pastern, and only the others visually presented the dorsal angle of the hoof smaller than the dorsal angle of the pastern, radiographic analysis using different methods demonstrated consistently that 100% of the animals had the podophalangeal axis broken backwards. The evaluated animals also presented mean of toe and heel angles diverging by 19.75° from each other, values that raises more concerns than those previously described in other countries with traditionalism in Thoroughbred racehorses, which leads to the classification of the evaluated animals as showing underheel. A mean palmar angle of 0.38° (± 2.01) was also found. This value is much lower than desired, with only 4% of the evaluated animals presenting values within the normal range and 56% of the animals presenting a negative palmar angle. These findings demonstrate that within this population of Thoroughbred racehorses in Brazil, the hooves present important distortions. Although all animals were in sports activity and without signs of injuries involving the locomotor system, osteophytes or enthesophytes were found in 76% of the assessed metacarpophalangeal joints. Another relevant finding was the high prevalence of subchondral irregularities, mainly involving the dorsal metacarpal (39%). The results involving the proximal sesamoids are even more striking, with up to 92% of the sesamoids evaluated presenting sesamoiditis, indicating overload of the fetlock suspensory apparatus. These findings corroborate the fact that distortions in the morphological aspect of the hoof and positioning of the third phalanx are related to lower biomechanical efficiency and the development of injuries.

Keywords: fetlock; hoof; morphology; radiology; Thoroughbred.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo mecânico do dígito demonstrando a direção dos movimentos na recepção da carga e divisão das estruturas, sendo: TFDP, terceira falange e as lamelas se unindo ao estojo córneo como estruturas de suspensão e coxim digital, ranilha, barras, sola, cório solear e superfície solear da muralha como estruturas de suporte. Adaptado de Bras et al., 2018.	26
Figura 2: A força muscular F é exercida sobre o segmento distal, flexionando a articulação do cotovelo (J) que funciona como um ponto de apoio e deslocando a extremidade distal (E). Adaptado de Denoix, 2014.	28
Figura 03: Representação esquemática das medidas da vista lateral do casco, sendo: 1. Ângulo de pinça (ANGPINÇA); 2. Ângulo palmar (ANGPAL); 3. Ângulo do talão (ANGTAL); 4. Ângulo da articulação interfalangeana proximal (ANGAIP); 5. Ângulo da articulação interfalangeana distal (ANGAID); 6. Ângulo do eixo podofalangeano (ANGPODFAL); 7. Suporte de pinça (SUPPINÇA); 8. Distância de breakover (BREAKOVER); 9. Profundidade de sola (PROFSOL); 10. Distâncias entre a superfície dorsal da falange distal e a muralha do casco na região distal (PARF3 D); 11. Distâncias entre a superfície dorsal da falange distal e a muralha do casco na região proximal (PARF3 P); 12. Distância entre banda coronária e processo extensor da terceira falange (afundamento) (CORF3); 13. Comprimento da segunda falange (COMPF2) ângulo de rotação da terceira falange (ANGROT). Adaptado de Magalhães (2022).	51
Figura 04: Fotografia lateral do dígito para classificação visual do eixo formado entre a muralha dorsal do casco e a quartela. (A) Eixo podofalangeano linear. (B) Eixo podofalangeano quebrado para trás.	57
Figura 05: Parâmetros morfométricos do casco obtidos pelo programa computacional Metron Hoof-Pro4, sendo: 1. Ângulo de pinça; 2. Ângulo de talão; 3. Altura do talão; 4. Distância bulbo talão; 5. Comprimento da sola; 6. Alinhamento da muralha dorsal; 7. Comprimento da muralha dorsal e 8. Altura da coroa dorsal.	58
Figura 06: Avaliação do alinhamento entre as falanges para definição do ângulo podofalangeano formado pelos métodos: (A) Fulcro do eixo colocado no centro da segunda falange, progredindo proximalmente até o centro da primeira falange e distalmente paralelo à borda dorsal da terceira falange (ANGPODFAL (°) CENTF2); (B) Fulcro do eixo colocado no centro da segunda falange, na altura da banda coronária, progredindo proximalmente até o centro da primeira falange e distalmente paralelo à borda dorsal da terceira falange (ANGPODFAL (°) CENTBC) e (C) Fulcro do eixo colocado no centro da segunda falange, na altura da banda coronária, progredindo proximalmente até até o centro da articulação metacarpofalangeana e distalmente paralelo à borda dorsal da terceira falange (ANGPODFAL (°) CENTBCMTF).	59
Figura 07: Ângulos avaliados no método guiado pelo programa computacional Metron Hoof-Pro4, sendo: (A) Ângulo palmar (ANGPAL); (B) Ângulo de pinça (ANGPINÇA); (C) Ângulo	60

da articulação interfalangeana proximal (ANGAIP) e (D) Ângulo da articulação interfalangeana distal (ANGAID).

Figura 08: Parâmetros métricos avaliados no método guiado pelo programa computacional Metron Hoof-Pro4, sendo: (A) indicado pelo número 01 a distância entre a face dorsal da banda coronária e o ápice do processo extensor da terceira falange (CORF3) e pelo número 02 a profundidade de sola (PROFSOL) e (B) percentual de área de apoio suportada pela pinça (SUPPINÇA).

60

Figura 09: Parâmetros avaliados por mensuração livre no programa computacional Metron Hoof-Pro4, sendo: (A) Ângulo de talão (ANGTAL) e (B) Distância de breakover (BREAKOVER)

61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média (EPM), mínimo (MIN), quartil 1 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (MAX) e variação de variáveis morfométricas do casco de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.	62
Tabela 2. Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média (EPM), mínimo (mín), quartil 1 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação de variáveis radiográficas do casco de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.	64
Tabela 3. Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média (EMP), mínimo (MIN), quartil 1 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação da avaliação radiográfica do eixo podofalangeano do dígito de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.	71
Tabela 4. Sistema para graduação das lesões de esclerose do osso subcondral da região do boleto.	80
Tabela 5. Sistema para graduação das irregularidades ósseas do osso subcondral da região do boleto.	80
Tabela 6. Sistema para graduação da redução do espaço articular boleto.	80
Tabela 7. Sistema para graduação de fragmentos osteocondrais na região do boleto.	81
Tabela 8. Sistema para graduação da osteofitose e enteseofitose na região do boleto.	81
Tabela 9. Sistema para graduação da osteólise supracondilar na cortical do metacarpo III na região do boleto.	82
Tabela 10. Sistema para graduação dos canais vasculares nos sesamoides proximais	82
Tabela 11. Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média (EPM), mínimo (mín), quartil 1 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação de variáveis relativas a ocorrência de osteófitos e enteseófitos no boleto de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.	83
Tabela 12. Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média, mínimo (mín), quartil 1 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação de variáveis relativas a ocorrência de irregularidades e fragmentos no boleto de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.	85
Tabela 13. Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média, mínimo (mín), quartil 1 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação de variáveis relativas a ocorrência de alterações radiográficas nos sesamoides de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.	87

LISTA DE ABREVIATURAS

%	Percentual
°	Graus
±	Mais ou menos
ANGAID	Ângulo da articulação interfalangeana distal
ANGAIP	Ângulo da articulação interfalangeana proximal
ANGPAL	Ângulo palmar
ANGPINÇA	Ângulo da pinça
ANGPODFAL	Ângulo do eixo podofalangeano
ANGROT	Ângulo entre as superfícies dorsais da falange distal e muralha dorsal do casco
ANGTAL	Ângulo do talão
BREAKOVER	Distância de breakover
CANALICULOSSL	Canalículos nos sesamoides proximais laterais
CANALICULOSSM	Canalículos nos sesamoides proximais mediais
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros quadrado
COMPF2	Comprimento da falange média
CORF3	Distância entre os planos horizontais da face dorsal da banda coronária e o ápice do processo extensor da falange distal
DPM	Desvio padrão da média
FRAGMENTOS	Fragmentos na superfície articular do boleto
IRREF1	Irregularidade na superfície articular da primeira falange
IRREGF1D	Irregularidade na superfície dorsal da primeira falange
IRREGF1DL	Irregularidade na superfície dorsolateral da primeira falange
IRREGF1DM	Irregularidade na superfície dorsomedial da primeira falange
IRREGF1M	Irregularidade na superfície medial da primeira falange
IRREGF1PL	Irregularidade na superfície palmarolateral da primeira falange
IRREGF1PM	Irregularidade na superfície palmaromedial da primeira falange
IRREGMTCD	Irregularidade na superfície dorsal do metacarpo III
IRREGMTCDL	Irregularidade na superfície dorsolateral do metacarpo III
IRREGMTCDM	Irregularidade na superfície dorsomedial do metacarpo III
IRREGMTCL	Irregularidade na superfície lateral do metacarpo III
IRREGMTCM	Irregularidade na superfície medial do metacarpo III
IRREMC	Irregularidade na superfície articular do metacarpo III
máx	Máximo
mín	Mínimo
mm	Milímetros
ODORSOLF1	Osteófito ou enteseófito no aspecto dorsolateral da primeira falange
ODORSOMF1	Osteófito ou enteseófito no aspecto dorsomedial da primeira falange
ODORSOMLC	Osteófito ou enteseófito no aspecto dorsolateral do metacarpo
ODORSOMMC	Osteófito ou enteseófito no aspecto dorsomedial do metacarpo

OLATERALF1	Osteófito ou enteseófito no aspecto lateral da primeira falange
OLATERALMC	Osteófito ou enteseófito no aspecto lateral do metacarpo
OMEDIALF1	Osteófito ou enteseófito no aspecto medial da primeira falange
OMEDIALMC	Osteófito ou enteseófito no aspecto medial do metacarpo
OPALMARF1	Osteófito ou enteseófito no aspecto palmar da primeira falange
OPALMARMC	Osteófito ou enteseófito no aspecto palmar do metacarpo
OSESADIST	Osteófito na porção distal do sesamóide
OSESAPROX	Osteófito na porção proximal do sesamóide
PARF3 D	Distâncias entre a superfície dorsal da falange distal e a muralha do casco na região distal
PARF3 P	Distâncias entre a superfície dorsal da falange distal e a muralha do casco na região proximal
PROFSOL	Profundidade de sola
PSI	Puro sangue inglês
Q1	Quartil 1
Q3	Quartil 3
SUPPINÇA	Suporte de pinça
TFDP	Tendão flexor digital profundo
TFDS	Tendão flexor digital superficial

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA	17
1. BIOMECÂNICA DO MEMBRO TORÁCICO DE EQUINOS PSI DE CORRIDA	17
1.1. Anatomia e conformação do membro torácico	18
1.1.1. Anatomia do boleto membro torácico	18
1.1.2. Anatomia do dígito do membro torácico	20
1.1.3. Conformação do casco	22
1.2. Princípios biomecânicos	24
1.2.1. Biomecânica na movimentação	26
1.2.2. Biomecânica associada à conformação do casco	29
2. PRINCIPAIS AFECÇÕES DO DÍGITO E BOLETO DE EQUINOS PSI DE CORRIDA	31
2.1. Afecções da articulação metacarpofalangeana no cavalo PSI de corrida	32
2.1.1. Osteoartrite	34
2.1.2. Osteocondrose	37
2.1.3. Sesamoidite	37
2.1.4. Fraturas	38
2.2. Lesões musculoesqueléticas catastróficas no cavalo PSI de corrida	39
2.3. Afecções do dígito no cavalo PSI de corrida	40
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DOS EQUINOS E ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS	48
CAPÍTULO III - ANÁLISE DESCRITIVA E COMPARATIVA DAS MEDIDAS RADIOGRÁFICAS E MORFOLÓGICAS DOS CASCOS DOS MEMBROS TORÁCICOS DE EQUINOS PURO SANGUE INGLÊS EM COMPETIÇÃO NO JOCKEY CLUBE DE SÃO PAULO	55
1. INTRODUÇÃO	55
2. MATERIAL E MÉTODOS	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4. CONCLUSÃO	72
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
CAPÍTULO IV - ANÁLISE DESCRITIVA E COMPARATIVA DAS MEDIDAS RADIOGRÁFICAS DOS BOLETOS DE MEMBROS TORÁCICOS DE EQUINOS PURO SANGUE INGLÊS EM COMPETIÇÃO NO JOCKEY CLUBE DE SÃO PAULO	77
1. INTRODUÇÃO	77
2. MATERIAL E MÉTODOS	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4. CONCLUSÃO	87
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS	91

INTRODUÇÃO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29

Os cavalos Puro Sangue Inglês (PSI) de corrida são submetidos a treinamentos e competições de alta intensidade quando muito jovens, antes mesmo de atingirem maturidade musculoesquelética. Sendo assim, a adequada conformação e equilíbrio do sistema locomotor se torna ainda mais importante para eficiência biomecânica.

A compreensão do sistema locomotor do equino demonstra que, o casco, os tecidos moles e ossos distais trabalham de maneira integrada para absorção das forças e prevenção de lesões. Entretanto, os cavalos PSI de corrida são mundialmente famosos pela presença de cascos distorcidos (Redden, 2003b). A alta prevalência de uma conformação inadequada de casco levam alguns veterinários a crer que a condição pode ser uma característica hereditária na raça ou uma variação normal do casco, e não um desvio patológico (Balch et al., 2001). Contudo, tal situação não se sustenta devido a várias evidências demonstrando associações entre os desvios de casco e maior prevalência de claudicações em diferentes focos (Kane et al., 1998; Eliashar et al. 2004).

No Brasil, estudos conduzidos pelo Grupo de Pesquisa EQUINOVA UFMG têm demonstrado que essa alta prevalência de distorções no casco também ocorre em cavalos de diferentes raças nacionais e sul-americanas (Paz et al., 2013; Magalhães et al., 2014; Xavier et al., 2014; Magalhães et al., 2017; Magalhães et al., 2022).

Nas raças nacionais, a ocorrência do problema tem sido associada a práticas inadequadas de manejo, treinamento, casqueamento e ao desequilíbrio nutricional na dieta fornecida.

De maneira inadequada e sem qualquer tipo de comprovação científica, casqueadores não profissionais induzem distorções morfológicas no casco de potros PSI antes mesmo do início da atividade esportiva, pois esse é o método que vem sendo passado por práticos há anos. No Brasil, o problema é ainda mais grave, pois é permitido e frequente que o manejo do casco seja realizado por pessoas sem a adequada formação e sem o conhecimento de anatomia e biomecânica, sendo o veterinário chamado apenas quando a lesão já está instalada e prejudicando a performance do animal.

Sendo assim, a alta prevalência de distorções de casco no PSI pode estar associada não apenas a raça, mas também ao manejo inadequado do casco, levando assim, ao

30 desenvolvimento de lesões e perda da eficiência biomecânica, e não pode ser vista como
31 algo normal, mas sim como uma grave distorção que precisa ser corrigida.

32 Para o presente estudo, foi estabelecida uma parceria com a Clínica Veterinária Equine
33 Center e utilizou 59 equinos da raça Puro Sangue Inglês de corrida sem claudicação
34 aparente e em atividade esportiva no Jockey Clube de São Paulo no ano de 2022. Foram
35 avaliados morfológicamente e radiograficamente, cascos e boletos dos membros torácicos
36 de equinos de ambos os sexos e com idade entre três e quatro anos.

37 Com a hipótese de que, à semelhança de estudos internacionais, a população de equinos
38 PSI em atividade esportiva no Jockey Club de São Paulo possui elevada prevalência de
39 distorções de cascos, o objetivo foi caracterizar morfológicamente o dígito torácico desses
40 animais por meio de avaliações de imagens fotográficas e radiográficas.

41 Adicionalmente, com a hipótese de que, à semelhança de estudos internacionais, a
42 população de equinos PSI em atividade esportiva no Jockey Club de São Paulo possui
43 alta prevalência de alterações patológicas no boleto, os objetivos do presente trabalho
44 foram identificar as lesões radiográficas na articulação metacarpofalangeana e a
45 prevalência de alterações nos sesamoides proximais.

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

57

58

59 **1. Biomecânica do membro torácico de equinos PSI de corrida**

60 A raça Puro Sangue Inglês (PSI) tem sido utilizada na corrida desde o século XVII.
61 Durante os 300 anos de desenvolvimento, o Puro Sangue foi intensamente selecionado
62 priorizando fenótipos atléticos que permitissem um desempenho superior em pistas de
63 corrida (Bower et al., 2012).

64 Galopar em velocidades máximas aumenta a vulnerabilidade do sistema
65 musculoesquelético a falhas. Esse fato leva a um debate quanto ao sistema
66 musculoesquelético em desenvolvimento de cavalos PSI de corrida jovens. É importante
67 compreender se esse sistema tem a capacidade de se adaptar adequadamente às altas e
68 cíclicas cargas esqueléticas experimentadas durante o treinamento e competições. Sabe-
69 se que o PSI de corrida tem maior incidência de lesões nos membros torácicos. Porém,
70 demonstrou-se que as lesões nesses membros diminuem com a idade, maturação,
71 remodelação óssea e adaptação através do exercício, que servem para aumentar a
72 resistência dos tecidos esqueléticos (Butcher et al., 2002).

73 Considerando a movimentação do membro torácico dos equinos, podemos dividir a
74 passada em duas fases. Uma denominada fase de apoio, onde o membro está em contato
75 com o solo e recebe suporte de peso. A outra fase é descrita como fase de elevação,
76 durante a qual o membro não está recebendo carga e sofre um deslocamento para se
77 preparar para a passada seguinte. Durante o início da fase de elevação, ocorre flexão de
78 todas as articulações para avanço do membro. Em seguida, as articulações se estendem,
79 preparando para tocar o solo, receber carga na fase de apoio e propulsionar o animal para
80 a passada seguinte (Denoix, 2014).

81 A carga imposta aos membros se eleva com o aumento da velocidade. As tensões
82 musculares e tendíneas se acentuam significativamente durante o galope (Biewener,
83 1998). Sendo assim, no cavalo Puro Sangue Inglês de corrida, as cargas impostas aos
84 membros torácicos se tornam ainda mais significativas (Butcher et al., 2002). A anatomia
85 das estruturas músculo-esqueléticas, tendíneas e ligamentares são altamente
86 especializadas para economia de energia elástica e geração econômica de força muscular
87 (Biewener, 1998). Além disso, estruturas do casco estão interconectadas e trabalham de

88 maneira integrada para suportar o peso corporal, dissipar as forças do impacto do solo e
89 prevenir sobrecarga ou danos a qualquer elemento (Redden, 2003).

90 Sendo assim, é importante ressaltar a importância de um casco equilibrado, pois, quando
91 qualquer componente é enfraquecido, seja por fatores genéticos, ambientais, sobrecarga,
92 lesão, doença ou interferência humana, todo o estojo córneo do casco é enfraquecido e
93 sujeito a uma cascata de danos e distorção estrutural, o que compromete a função do dígito
94 como um todo (Redden, 2003).

95 Ser capaz de visualizar e interpretar o que não pode detectado em uma avaliação
96 macroscópica do estojo córneo do casco é um dos maiores benefícios ao estudar o
97 complexo modelo mecânico (Bras et al., 2018). E compreender que, além do casco, os
98 tecidos moles e ossos distais também apresentam papel fundamental na absorção das
99 forças, é essencial para prevenção de lesões (Butcher et al., 2002).

100 **1.1. Anatomia e conformação do membro torácico**

101 **1.1.1. Anatomia do boleto do membro torácico**

102 A articulação do boleto no membro torácico, também referenciada como articulação
103 metacarpofalangeana, compreende o osso metacarpo III, dois ossos sesamoides proximais
104 e a falange proximal. Essa articulação contém ainda um aparelho suspensor elástico
105 composto pelo ligamento suspensório e os ligamentos sesamoides distais. Esse aparelho
106 suspensor, ao ser tensionado na recepção da carga, atua como uma mola elástica,
107 armazenando energia de tensão e atenuando as forças de reação geradas para
108 posteriormente reverter essa energia de tensão elástica à medida que os cavalos se
109 locomovem (Butcher et al., 2002). Sendo assim, podemos compreender o boleto como
110 uma articulação responsável pela absorção de choque, armazenamento de energia e
111 estabilização do membro distal dos equinos (Bramlage, 2009).

112 Essa articulação sinovial permite uma rotação no plano sagital da falange proximal em
113 relação ao metacarpo, apresentando assim grande amplitude de movimento. O boleto
114 ainda é responsável pela transmissão de todo o peso corporal ao dígito durante a fase de
115 apoio da passada, especialmente no galope (Brama et al., 2001). Na conformação ideal,
116 uma linha imaginária que corta o terceiro metacarpo deve tocar a porção mais palmar da
117 superfície de apoio da sola (O'Grady et al., 2001).

118 A articulação metacarpofalangeana permanece estendida quando o animal está em apoio.
119 Porém, recebe uma extensão adicional quando altas cargas são aplicadas no membro,
120 como no caso de corrida em alta velocidade (Brama et al., 2001). A hiperextensão da
121 articulação do boleto, também chamada de dorsoflexão, é limitada pelas estruturas de
122 sustentação (Balch et al., 1997). Durante a recepção de carga, a área de pressão máxima
123 se desloca da área central para a margem dorsal da articulação. Devido a esta extensão
124 fisiológica, a superfície articular da falange proximal se articula principalmente com a
125 face dorsal da superfície articular do côndilo do metacarpo III e as maiores forças durante
126 a locomoção são impostas nessa região (Brama et al., 2001).

127 O boleto e toda a porção distal do membro equino é mantida por tendões e ligamentos
128 especializados na estabilidade e sustentação. As estruturas musculotendíneas flexoras se
129 originam nos músculos flexores digitais que se alongam em tendões que abrangem várias
130 articulações. Os tendões flexores são classificados em tendão flexor digital profundo
131 (TFDP), que está associado ao ligamento acessório inferior (check inferior ou distal) e o
132 tendão flexor digital superficial (TFDS), que está associado ao ligamento acessório
133 superior (check superior ou proximal). As estruturas mais importantes para a sustentação
134 do boleto são o ligamento suspensório com seus ramos dorsais, os ligamentos sesamoides
135 distais e a conformação anatômica dos ossos sesamoides proximais pareados (Balch et
136 al., 1997). Essas estruturas recebem cargas significativas durante o apoio do membro.
137 Porém, o trabalho muscular no galope é reduzido pela metade, devido à capacidade das
138 estruturas musculoesqueléticas em armazenar energia para auxiliar na movimentação. Os
139 músculos flexores digitais têm fibras extremamente curtas, enquanto seus tendões
140 associados são longos e com capacidade de armazenar energia cinética como energia
141 elástica para auxiliar na propulsão durante a movimentação. Um pico de tensão no tendão
142 pode levar a um alongamento de $8 \pm 12\%$ durante a locomoção, enquanto os músculos
143 não se alongam por mais que 10%. O que impede o alongamento excessivo dos músculos
144 são os ligamentos acessórios, que atuam como elemento elástico adicional. Sendo assim,
145 os tendões flexores atuam basicamente como molas elásticas com capacidade de
146 economizar energia, enquanto os músculos associados a esses tendões amortecem esta
147 ação de mola (Wilson et al., 2001). Já o ligamento suspensório é uma estrutura complexa
148 que, em um sentido evolutivo, se origina de um músculo e, por esse motivo, pode ser
149 denominado como músculo interósseo (Souza et al., 2010). No cavalo adulto, o músculo
150 interósseo é completamente colagenoso. Essa adaptação proporciona maior eficiência

151 energética (Wilson et al., 2001). Essa estrutura tem sua principal inserção na borda apical
152 dos sesamoides proximais e, após inserção, emite dois ramos dorsais que se unem ao
153 tendão extensor digital comum (Parks, 2003). Durante o apoio, esse ligamento auxilia na
154 estabilidade da articulação do boleto e também tem função de armazenamento de energia
155 para auxiliar na movimentação (Souza et al., 2010).

156 **1.1.2. Anatomia do dígito do membro torácico**

157 O termo dígito se refere à porção do membro distal à articulação metacarpofalangeana
158 (Parks, 2003). A compreensão da anatomia e da fisiologia do dígito equino tem sido
159 considerada como uma matéria de extrema importância, pois a conformação de suas
160 estruturas está diretamente relacionada com sua função biomecânica (O'Grady et al.,
161 2008). Compreender a conformação e equilíbrio do membro distal é a base para
162 identificar onde ocorrem as principais tensões (Bras et al., 2018). A claudicação é
163 frequentemente o resultado de lesões devido tensões intensas e repetitivas que excedem
164 a capacidade dos tecidos (Wilson et al., 2001). Portanto, o reconhecimento precoce dos
165 desequilíbrios pode auxiliar na prevenção do desenvolvimento de lesões e prejuízo às
166 funções do dígito (Parks, 2003).

167 A conformação se refere à forma e tamanho do membro distal, que por sua vez, é
168 dependente da forma e do tamanho de seus elementos individuais e da relação espacial
169 entre eles. Sendo assim, a conformação descreve as relações estáticas do membro. Já o
170 equilíbrio pode ser considerado um subconjunto da conformação. Ele se refere à forma
171 como o casco e seus componentes internos interagem com o solo, descrevendo então tanto
172 as relações estáticas quanto as dinâmicas dentro do casco, entre o casco e o solo, e o solo
173 e o restante do membro. Deve-se então compreender que o equilíbrio pode ser manipulado
174 no cavalo adulto, enquanto a conformação é permanente (Bras et al., 2018).

175 Quanto à conformação, o dígito é formado pelas falanges proximal, média e distal. Sendo
176 as falanges proximal e média cilíndricas, com uma articulação em cada extremidade. As
177 superfícies articulares proximais das falanges proximal e média são divididas por um
178 sulco sagital que acomoda a extremidade distal do osso superior. Na superfície articular
179 distal, elas apresentam uma tróclea em forma de sela, que se articula com as facetas
180 articulares do osso seguinte. A falange proximal tem aproximadamente o dobro do
181 comprimento da falange média (Parks, 2003).

182 A falange distal é um osso adaptado que possui uma superfície articular proximal
183 semelhante às das outras falanges descritas anteriormente, mas com a adição de uma
184 estreita área achatada palmar para articular com o osso navicular. A falange distal possui
185 também uma face parietal e uma solear, sendo que a face solear possui uma superfície
186 flexora delimitada por uma linha semilunar onde se insere o TFDP. Já a parietal é
187 altamente porosa para proporcionar fixação ao tecido subcutâneo e permitir a passagem
188 de numerosos vasos. No ápice da face parietal está o processo extensor, onde se insere o
189 tendão extensor digital comum (Parks, 2003). Palmarmente, a falange distal apresenta os
190 processos palmares. Anexada a cada processo palmar estão as cartilagens ungueais em
191 forma de uma placa irregular que se prolonga para acima da coroa do casco (Pollitt, 1995).

192 O osso sesamoide distal, chamado de navicular possui uma superfície dorsal que se
193 articula com a superfície palmarodistal da falange média e uma borda distal que se articula
194 com a falange distal. O navicular possui ainda uma superfície palmar, chamada de
195 superfície flexora que fornece apoio para o TFDP. O sesamóide distal se mantém
196 posicionado e suspenso pelos ligamentos sesamoideanos colaterais distais e pelo
197 ligamento ímpar. Palmarmente a essa estrutura óssea e seus ligamentos, intermediando o
198 contato do navicular com o TFDP está a bursa do navicular (Pollitt, 1995).

199 As articulações interfalangeanas são articulações do tipo gínglimo que permitem flexão
200 apenas no eixo sagital ao plano corpóreo (Bras et al., 2018). A articulação interfalangeana
201 proximal é formada entre a falange proximal e a falange média e possui apenas poucos
202 graus de amplitude de movimento. Em contraste, a articulação interfalangeana distal é
203 uma articulação que envolve a falange média, a falange distal e o navicular e apresenta
204 considerável amplitude de movimento entre as falanges, porém pouco movimento com o
205 navicular (Parks, 2003).

206 As falanges possuem proeminências e depressões para receber as inserções dos tendões,
207 bem como as origens e inserções dos ligamentos. Conectados às falanges, estão as
208 extremidades distais dos tendões de dois músculos extensores e os tendões de dois
209 músculos flexores. Existem ainda, os ligamentos do dígito que são importantes para
210 manter as articulações em posição e guiar seu movimento, principalmente porque nessa
211 porção distal do membro, não existem outros tecidos volumosos, como os músculos, para
212 fornecer estabilidade (Parks, 2003).

213 Dentre os ligamentos do dígito, é possível separar diferentes grupos com diferentes
214 funções. Promovendo estabilidade de todas as articulações que compõem o dígito, estão
215 os ligamentos colaterais. Mantendo a integridade da articulação do boleto e da articulação
216 interfalangeana proximal destacam-se os ramos extensores do ligamento suspensório e os
217 ligamentos distais dos sesamoides proximais. Restringindo a extensão da articulação
218 interfalangeana proximal, existem o ligamento sesamoideo distal reto e dois pares de
219 ligamentos correndo na face palmar da articulação. Para manutenção do posicionamento
220 do osso navicular, estão os ligamentos sesamoides colaterais pareados e o ligamento distal
221 ímpar. Por fim, o dígito possui também os ligamentos que prendem cada cartilagem
222 ungueal às estruturas adjacentes (Parks, 2003).

223 Quanto às estruturas tendíneas, a falange distal recebe a inserção de tendões com funções
224 antagônicas. O TFDP é uma estrutura de grande importância biomecânica que se insere
225 na superfície palmar da falange distal e é, portanto, o meio pelo qual o músculo flexor
226 flexiona a articulação interfalangeana distal. Embora o tendão extensor digital comum,
227 que se insere no ápice da face dorsal da falange distal, contrarie a tração do TFDP até
228 certo ponto, é a fixação lamelar entre a falange distal e a parede do casco que é o principal
229 antagonista do TFDP (Redden, 2003).

230 **1.1.3. Conformação do casco**

231 A conformação do casco é amplamente definida pela anatomia das estruturas internas e
232 influenciada pelo seu uso, qualidade e cuidados recebidos (Moon, 2019). Considerando
233 os aspectos externos do casco, devemos avaliar o ângulo, comprimento e orientação
234 mediolateral da muralha, espessura de sola, ranilha, barras e talão. Esses tecidos formam
235 uma concha resiliente, mas um tanto flexível, que envolve e protege os tecidos moles e
236 as estruturas ósseas do casco (Balch et al., 1997; Redden, 2003).

237 A adequada conformação do casco é importante para função e eficiência biomecânica do
238 dígito. Alterações feitas no casco podem influenciar na sua angulação, no eixo
239 podofalangeano e no alinhamento da cápsula do casco sob o centro de rotação. O
240 equilíbrio do casco engloba tanto o equilíbrio palmardorsal quanto o equilíbrio
241 mediolateral (O'Grady et al., 2001). É importante ressaltar também que o ângulo e a
242 forma da falange distal são precursores dos ângulos do dígito (Bras et al., 2018).

243 Deve-se ter em mente que o membro equino normal suporta mais carga medialmente do
244 que lateralmente. Esse fato se reflete em diferenças sutis, mas importantes, na forma e
245 densidade dos cornos, tecidos moles, osso e vasculatura entre os lados medial e lateral do
246 casco. Um casco perfeitamente simétrico não existe, e tentar criar tal simetria pode ter
247 efeitos deletérios em outros componentes do dígito (Bras et al., 2018). Sendo assim, em
248 uma vista dorsal do casco, a parede medial é um pouco mais íngreme e curta que a lateral
249 (Parks, 2003).

250 Avaliando a sola, deve-se observar simetria em relação ao eixo longo da rasilha, porém,
251 o lado lateral da sola frequentemente tem uma área ligeiramente maior devido
252 características nos ângulos de parede referenciados anteriormente (Parks, 2003). A
253 rasilha e a superfície solear do casco devem ser bem definidas e cada uma dessas
254 estruturas deve apresentar semelhança entre sua largura e comprimento (O'Grady et al.,
255 2008).

256 O ângulo dorsal dos cascos é o ângulo formado entre a muralha dorsal e a sola. No
257 passado, foi recomendado que nos membros torácicos, esse ângulo deveria estar entre 50
258 e 54° (Parks, 2003). Atualmente, é considerado normal o ângulo entre 48 e 54° (Sherlock
259 e Parks, 2013). Porém, angulação não deve ser avaliada como medida isolada. É
260 importante levar em consideração a conformação dos membros de cada indivíduo.
261 Atualmente se considera que a angulação ideal do casco ocorre quando se estabelece uma
262 linearidade entre a muralha dorsal e a quartela, gerando um eixo podofalangeano linear,
263 de modo que o ângulo entre eles seja de 180°. Esse eixo deve ser visualmente verificado
264 com o animal apoiado com todos os membros verticalmente em uma superfície nivelada
265 (O'Grady et al., 2001). O ângulo do talão deve acompanhar esse eixo de maneira paralela,
266 podendo se apresentar alguns graus menor. Quanto ao comprimento, já foi descrito que o
267 talão deveria apresentar 1/3 do comprimento da muralha dorsal (Parks, 2003), porém, na
268 atualidade se considera que a relação entre muralha dorsal e talão deve ser de 2:1 nos
269 membros torácicos e 2:1,5 nos membros pélvicos (Sherlock e Parks, 2013). É também
270 importante que essa conformação de quartela, muralha e talão, se apresente junto a um
271 alinhamento entre as três falanges, com a face palmar da falange distal formando um
272 ângulo de 2 a 10° com o solo (Parks, 2011).

273 Ainda na busca da conformação ideal, em uma vista lateral do casco, uma linha vertical
274 traçada do centro do côndilo da falange média marca a divisão da superfície de apoio

275 (O’Grady et al., 2001). Essa linha determina o centro de rotação da articulação
276 interfalangeana distal, e ao chegar ao solo, deve coincidir com o terço dorsal da rasilha e
277 superfície mais larga da sola do casco, dividindo a superfície de apoio do casco ao meio,
278 sendo 50% da superfície de apoio dorsal e 50% palmar, podendo ainda ser considerado
279 equilibrado, o casco que apresenta essa linha de rotação posicionada até 5mm mais dorsal
280 na sola (Moon, 2019). Quanto à sola, para adequada função, a profundidade deve ser
281 superior a 15mm (O’Grady et al., 2008).

282 Precisa-se entender que “normal” e “saudável” não são a mesma coisa. Então, mesmo que
283 os cascos apresentem uma morfologia comum em determinada raça, não significa que
284 estão saudáveis, ainda que o cavalo pareça saudável e no auge de sua carreira. A
285 conformação ideal deve considerar aspectos individuais, de casco e de cada indivíduo.
286 Isso leva à compreensão dos princípios de podologia. (Bras et al., 2018).

287 Durante atividade esportiva, as estruturas do casco são expostas a repedidas tensões.
288 Quando essas tensões excedem a capacidade dos tecidos, as lesões são desencadeadas.
289 Então é importante compreender que quanto mais a conformação e os ângulos do casco
290 se afastam das diretrizes descritas, a distribuição das cargas se altera e o animal se torna
291 mais predisposto a lesões de casco e falhas no aparato suspensório em consequência da
292 maior sobrecarga de determinadas estruturas, além de doenças musculoesqueléticas
293 devido à redução na capacidade de resistir à compressão. Ainda mais grave, distorções
294 no casco têm sido associadas a óbito após lesões catastróficas do aparato suspensor em
295 cavalos de corridas (Balch et al., 2001).

296 Portanto, reconhecer a má conformação que pode prejudicar a função ideal e contribuir
297 para a claudicação é fundamental para sugerir caminhos para prevenção e tratamento.
298 Quando em processos patológicos, além dos métodos tradicionais, deve-se propor uma
299 abordagem alternativa ou complementar, onde se considera a combinação das estruturas
300 anatômicas presentes e a distribuição de cargas (Parks, 2003).

301 **1.2. Princípios biomecânicos**

302 A mecânica é um ramo da ciência que lida com energia e força e seus efeitos sobre os
303 corpos ou partes funcionais de uma atividade. Considerando a complexidade do dígito do
304 equino, é importante que toda a distribuição das forças e sua influência nos variados
305 componentes seja compreendida. Houve um progresso considerável na compreensão

306 atual da biomecânica do casco equino, porém, algumas informações ainda necessitam de
307 mais estudos para que possam ser completamente compreendidas (Bras et al., 2018).

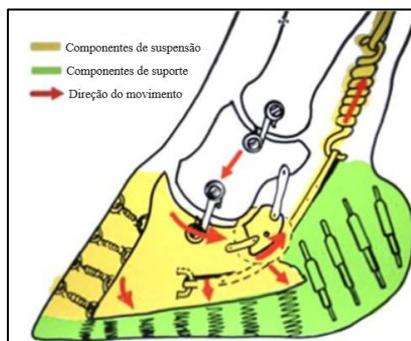
308 Manipulações realizadas no casco influenciam o membro como um todo. Ao avaliar um
309 dígito, é preciso compreender a correlação entre o estojo córneo, falange distal, fixação
310 laminar, cório e TFDP. Ao alterar um componente, é importante considerar o reflexo
311 dessa ação nas demais estruturas. A falha em conhecer os elementos e compreender a
312 biomecânica do dígito do equino ao manejar o casco, pode ter efeitos deletérios. Sendo
313 assim, o desenvolvimento dessas habilidades aumenta a capacidade do clínico em
314 interpretar os danos e conceber soluções associadas a biomecânica que criam um
315 ambiente no qual a prevenção ou recuperação da lesão e restauração da função são
316 maximizadas (Bras et al., 2018).

317 A interconexão das estruturas permite que o dígito funcione como uma unidade integrada,
318 suportando a carga corpórea e dissipando as forças geradas pelo impacto no solo, para
319 dessa forma evitar sobrecarga e danos a qualquer componente específico (Bras et al.,
320 2018). Os equinos atletas trabalham muito próximo do limite da capacidade de algumas
321 estruturas. Sendo assim, desvios na conformação e na biomecânica podem contribuir para
322 o desenvolvimento de lesões em diferentes estruturas (Wilson et al., 2009).

323 O estojo córneo do casco se conecta aos componentes ósseos por meio das lâminas
324 dérmicas na região da muralha e do cório na região da ranilha e sola. A interconexão das
325 estruturas digitais permite que o casco funcione como uma unidade integrada, suportando
326 a carga do corpo e dissipando as forças de impacto para evitar sobrecarga e danos a
327 qualquer componente. Para desempenhar esta função, a parede do casco é semirrígida,
328 com alguma capacidade de deformar sem se danificar. Além disso, a fixação lamelar entre
329 a parede do casco e a terceira falange é capaz de suportar intensas forças de cisalhamento
330 durante o pouso e propulsão em alta velocidade em todos os tipos de terreno (Redden,
331 2003).

332 As estruturas de suporte dissipam a energia à medida que o dígito recebe a carga. Os
333 componentes de suporte consistem no coxim digital, ranilha, barras, sola, cório solear e
334 superfície solear da muralha. Podemos considerar que um casco está equilibrado quando
335 os componentes de suspensão e suporte estão em harmonia e equilíbrio, e têm total

336 recuperação após a deformação gerada pela recepção da carga (Figura 1) (Bras et al.,
337 2018).



338

339 Figura 1: Processo mecânico do dígito demonstrando a direção dos movimentos na recepção da
340 carga e divisão das estruturas, sendo: TFDP, falange distal e as lamelas se unindo ao estojo
341 córneo como estruturas de suspensão e coxim digital, rilha, barras, sola, cório solear e
342 superfície solear da muralha como estruturas de suporte. Adaptado de Bras et al., 2018.

343 Os componentes do casco estão ligados aos músculos através dos tendões, que são
344 responsáveis pela sustentação e locomoção. Portanto, pode-se dizer que sem essas forças
345 controladoras, o dígito sozinho não seria funcional (Bras et al., 2018). Visualizando o
346 dígito, observamos o TFDP como um componente de suspensão preso à falange distal,
347 que está estaticamente presa às lamelas e essas, por sua vez, presas ao estojo córneo,
348 completando a suspensão básica do dígito. Esse arranjo exclusivo torna as lamelas e o
349 TFDP antagonistas (Bras et al., 2018). Para cada força de ação, há uma força de
350 resistência. Esses dois componentes são muito plásticos, porém extremamente fortes e
351 desempenham um papel importante na regulação do fluxo sanguíneo para o cório lamelar
352 (Redden, 2003).

353 1.2.1. Biomecânica na movimentação

354 Cavalos PSI de corrida são treinados para galopar em uma sequência na qual, inicialmente
355 os membros pélvicos tocam o solo e em seguida os membros torácicos, para
356 posteriormente, após o membro torácico principal deixar o solo, o animal entrar em uma
357 fase do galope que nenhum membro está em contato com a superfície, chamada fase de
358 suspensão. Como consequência desses movimentos e da velocidade imposta, os animais
359 imprimem altas cargas nos membros, sendo o membro torácico principal o que recebe
360 maior sobrecarga, pois, à medida que os cavalos se impulsionam sobre ele, os ossos distais

361 e os tecidos moles desse membro estão sujeitos a uma carga significativamente maior do
362 que os outros três membros (Butcher et al., 2002).

363 A movimentação dos membros ocorre devido um sistema único de alavancas
364 desenvolvido pelos equinos (Denoix, 2014). A passada é dividida em cinco fases, sendo:
365 contato inicial, impacto, carga, breakover (desprendimento do solo, decolagem) e
366 elevação. O contato inicial geralmente é feito com os talões, embora alguns cavalos
367 hígidos façam esse contato inicial com a sola ou com a lateral do casco. É importante
368 ressaltar que a propensão em fazer o primeiro contato com a sola aumenta com a
369 velocidade. Cavalos apresentando alterações biomecânicas ou dor relacionada aos dígitos
370 podem realizar esse contato inicial com a pinça. Além desses fatores, a conformação do
371 membro, o casqueamento e o tipo de ferradura podem influenciar nas fases da passada
372 (Bras et al., 2018).

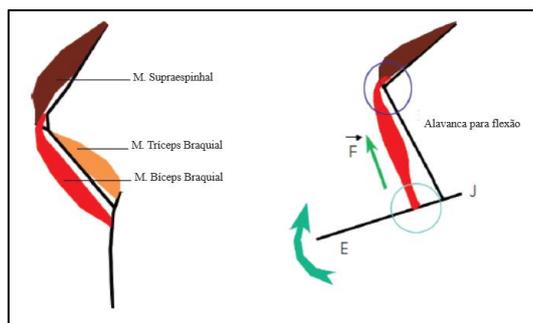
373 O impacto é marcado pela força de reação do solo nos talões. A velocidade e a aceleração
374 verticais são maiores nos membros torácicos do que nos pélvicos, o que pode explicar
375 parcialmente o motivo dos torácicos serem mais frequentemente lesionados (Bras et al.,
376 2018).

377 A fase de carga se estende desde o final do impacto até o início do breakover. O ponto de
378 ação da força de reação do solo nessa fase está centrado no casco, ligeiramente medial ao
379 terço dorsal da ranilha. Durante a primeira metade da passada, o componente da força de
380 reação do solo no casco é direcionado caudalmente, desacelerando o membro; durante a
381 segunda metade da passada, é direcionado cranialmente, impulsionando o cavalo para
382 frente. Então, próximo ao final da fase de carga, o ponto de ação da força de reação do
383 solo se move em direção a pinça. Quanto maior a velocidade do cavalo, maiores as forças
384 de reação do solo e a tensão na parede do casco e tendões (Bras et al., 2018). Avaliando
385 as cargas no TFDS, TFDP e ligamento suspensório, observou-se que a tensão máxima
386 nessas estruturas ocorre quando o membro torácico está perpendicular à superfície
387 durante a fase de carga (Lochner et al., 1980).

388 O breakover começa quando os talões se elevam do solo e termina quando a pinça também
389 perde esse contato, iniciando assim a fase de elevação. No momento imediato que
390 antecede o breakover, o ligamento sesamoideano colateral distal e o ligamento ímpar que
391 dão suporte ao osso navicular estão sob máxima tensão (O'Grady et al., 2001). Na fase
392 de breakover o membro entra em completa retração e evolui para protração até novo
393 contato com o solo (Bras et al., 2018). Nessa fase a pinça atua como um ponto de apoio

394 de alavanca (fulcro), em torno do qual o talão gira sob a influência do tendão flexor digital
395 profundo (O'Grady et al., 2001).

396 Para propulsão do membro durante a fase de breakover, analisando as forças musculares,
397 a articulação do umerorradioulnar (cotovelo) funciona como um ponto de apoio de
398 alavanca, pois as estruturas musculares proximais a essa articulação vão exercer força
399 para flexionar o membro, com isso, as estruturas distais a ela vão se movimentar de forma
400 rápida e extensa. Para esse movimento ocorrer, uma ação muscular poderosa deve ser
401 exercida. Para flexão do membro, através da contração concêntrica, que reduz a distância
402 entre a origem e inserção do músculo, o músculo supraespinhal, realizando a flexão da
403 articulação escapulo-umeral, e músculo tríceps braquial, realizando a flexão da
404 articulação do cotovelo, iniciam a fase de propulsão. Posteriormente, para avanço do
405 membro, o músculo bíceps braquial, contraindo na região do antebraço, exerce
406 deslocamento do membro. Esse tipo de alavanca poupa os músculos e resulta em uma
407 velocidade de deslocamento moderada a alta do membro (Figura 2) (Denoix, 2014).



408

409 Figura 2: A força muscular F é exercida sobre o segmento distal, flexionando a articulação do
410 cotovelo (J) que funciona como um ponto de apoio e deslocando a extremidade distal (E).

411

Adaptado de Denoix, 2014.

412 Alguns autores acreditam que os músculos flexores digitais não estão envolvidos com a
413 propulsão do membro. Embora eles sejam desenvolvidos, sua função principal, juntos aos
414 seus tendões, é a atuação como importantes amortecedores, e não a função de flexionar o
415 dígito, pois possuem pouco potencial para o ajuste do membro através de suas contrações.
416 No entanto, a energia armazenada como uma mola nessas estruturas, pode beneficiar a
417 atuação dos músculos associados às articulações do cotovelo e ombro na função de
418 propulsão (Wilson et al., 2001). Entretanto, esta parece ser uma visão simplista, frente
419 aos comprovados efeitos promovidos pela redução e rolagem da pinça do casco sobre a
420 fase de propulsão da passada (Paz et al. 2019).

421 Os cavalos Puro Sangue Inglês de corrida de dois anos de idade tiveram taxas
422 significativamente mais rápidas de dorsoflexão de suas articulações do boleto quando
423 comparados a cavalos de três a cinco anos. Sabendo que esses animais geralmente
424 atingem maturidade musculoesquelética por volta dos quatro anos de idade, essa
425 dorsoflexão mais rápida em cavalos mais jovens pode refletir imaturidade dos tecidos do
426 aparelho suspensor, sugerindo que esses tecidos apresentem menor resistência à
427 deformação, permitindo assim, essa movimentação significativamente maior após o
428 impacto do membro torácico durante o galope. Já os cavalos mais velhos, apresentam
429 maior rigidez desses tecidos (Butcher et al., 2002).

430 **1.2.2. Biomecânica associada à conformação do casco**

431 Alterações no comprimento da pinça, no eixo podofalangeano e no ângulo do casco
432 afetam o breakover e as forças de tensão no TFDP. Em geral, o breakover é
433 significativamente atrasado pela presença de uma a pinça longa ou com ângulo agudo,
434 pois a pinça longa atua como um braço de alavanca longo, exigindo mais tempo e forças
435 para girar o talão ao redor do eixo gerado pela pinça. Além disso, acredita-se que a tensão
436 exercida pelo TFDP contra o comprimento excessivo da pinça resulta em ruptura lamelar,
437 o que pode levar à distorção do casco (O'Grady et al., 2001).

438 O ângulo podotroclear, ou ângulo de quartela, é referenciado como aquele formado pela
439 intercessão entre a reta dorsal da quartela com a reta da face dorsal da muralha do casco
440 (ângulo do casco). A alteração desse ângulo afeta a cinemática dos membros por meio de
441 alterações previsíveis no aparelho suspensor. As alterações envolvendo os ângulos são
442 descritas como casco quebrado para a frente quando o ângulo do casco é muito alto para
443 a quartela associada. Inversamente, os cascos são descritos como quebrados para trás
444 quando o ângulo do casco é muito inclinado em relação a quartela. Essas alterações de
445 ângulo do casco estão associadas a alterações na posição da superfície flexora da falange
446 distal e, conseqüentemente, à tensão do TFDP que se insere nesse local (Balch et al.,
447 1997).

448 Na conformação referenciada como eixo podofalangeano quebrado para trás, o ângulo
449 dorsal do casco é reduzido e se apresenta menor que o ângulo dorsal da quartela. Essa
450 configuração de casco é causada por uma pinça longa e talões com ângulo reduzido. Na
451 maioria dos cavalos com essa conformação, eles apresentam ainda os talões

452 enfraquecidos e com um aspecto referenciado como “talões escorridos” (Ross et al.,
453 2011). Talões escorridos geram mudanças biomecânicas como a extensão da articulação
454 interfalangeana distal e conseqüentemente o aumento da tensão do TFDP, promovendo
455 assim, o apoio inicial com a pinça (O’Grady et al., 2001). Alterações importantes também
456 ocorrem na distribuição de cargas de cascos com ângulos menores. O aspecto palmar se
457 torna sujeito a carga mais alta durante o suporte de peso e a falange distal frequentemente
458 apresenta ângulo palmar negativo, elevando assim a força exercida no osso navicular e
459 tecidos moles associados (Redden, 2003; Wilson et al., 2009).

460 Em oposição, na conformação referenciada como eixo podofalangeano quebrado para
461 frente, o ângulo dorsal do casco é maior que o ângulo dorsal da quartela. Um casco com
462 ângulo extremamente alto é classificado como “club foot”. Essa conformação ocasiona
463 flexão da articulação interfalangeana distal, promovendo assim o apoio inicial e maior
464 pressão no talão. Algumas lesões associadas a um ângulo alto do casco são a inflamação
465 da articulação interfalangeana distal, devido à carga anormal imposta a essa articulação,
466 hematomas na sola e aumento da tensão nos ligamentos sesamoideanos colaterais distais
467 e ligamento ímpar, que dão suporte ao osso navicular (O’Grady et al., 2001). Porém, o
468 aumento do ângulo do casco promove redução da tensão do TFDP. Alguns autores
469 acreditam que, embora essa conformação induza um aumento na extensão da articulação
470 metacarpofalangeana com o animal parado, não há alteração na tensão do TFDS e do
471 ligamento suspensor (Lochner et al., 1980; Lawson et al., 2007).

472 Existem evidências de que o desbalanço e a sobrecarga de forças mecânicas decorrentes
473 das distorções no estojo córneo do casco estejam associadas a alterações nas estruturas
474 internas. Sendo assim, o exame macroscópico do estojo córneo deve ser associado à
475 avaliação radiográfica do dígito para o diagnóstico e acompanhamento do casco equino
476 (Dyson et al., 2011). Decisões clínicas importantes são tomadas com base em medidas de
477 angulação do casco e falanges. A radiografia digital permite a realização de medidas mais
478 precisas de certos parâmetros. Utilizando-se a técnica adequada, o clínico produz uma
479 imagem onde é possível avaliar, além das estruturas ósseas e articulares do dígito, o estojo
480 córneo, possibilitando assim, decisões estratégicas para o casqueamento e aplicação de
481 ferraduras terapêuticas para máxima eficiência biomecânica do membro equino (Bras et
482 al., 2018).

483

484 2. Principais afecções do dígito e boleto de equinos PSI de corrida

485 As claudicações oriundas de lesões musculoesqueléticas são as principais responsáveis
486 pela indicação de repouso e aposentadoria das atividades esportivas e perda de renda em
487 cavalos de corrida (Rossdale et al., 1985). Muitas dessas lesões são consequência de
488 cargas repetidas e de alta intensidade durante o trabalho, levando a danos crônicos e
489 fadiga (Bramlage, 2009; Martig et al., 2014).

490 Quando avaliado o fator desencadeante das claudicações, o casco tem sido o principal
491 foco de lesão (19%), seguido por lesões musculares (18%) e posteriormente, lesões da
492 região de carpo e boleto se apresentando nas mesmas proporções (14%) (Rossdale et al.,
493 1985). Esses achados estão em concordância com o que foi descrito por Jeffcott et al.,
494 (1982), que relatou uma prevalência de 53% das perdas esportivas no cavalo de corrida
495 serem causadas por claudicação. Posteriormente, um levantamento epidemiológico
496 realizado por Bailey et al. (1999) corroborou com os achados anteriores relativos à
497 prevalência das claudicações como principal fator de afastamento dos cavalos de corrida,
498 mas trouxe a “dor de canela” como o a afecção mais comum em cavalos com idade de 2
499 anos e em início de treinamento (42%), seguida das afecções de boleto, que
500 correspondiam a 25% das claudicações diagnosticadas.

501 Levantamentos epidemiológicos mais recentes demonstraram que as claudicações
502 oriundas do boleto correspondiam a 8,24% a 10,09% das claudicações diagnosticadas em
503 cavalos de corrida de dois e três anos respectivamente, sendo essas responsáveis por
504 3,14% do tempo de afastamento de treinamento e corridas nos cavalos de dois anos, e a
505 6,39% do tempo de afastamento nos animais de três anos. Quanto às claudicações
506 oriundas do casco, elas correspondiam a 12,64% das claudicações nos animais de dois
507 anos e a 15,60% nos de três anos, sendo essa a causa de 1,89% do tempo de afastamento
508 nos animais de dois anos e a 6,47% nos de três anos (Dyson et al., 2008).

509 Pode-se então observar que as claudicações decorrentes de lesões musculoesqueléticas
510 permanecem sendo a causa mais comum de afastamento em cavalos PSI de corrida de
511 todo o mundo, sendo a “dor de canela” a afecção com maior prevalência e as fraturas por
512 estresse a forma mais grave dessas lesões (Wilsher et al., 2006; Dyson et al., 2008).
513 Embora as lesões graves se demonstrem incomuns em cavalos jovens em treinamento,
514 potros de dois anos já apresentam uma alta incidência de lesões e doenças de grau
515 relativamente baixo. Lesões mais brandas ou sofridas em treinamento são menos

516 aparentes para o público do que lesões catastróficas ocorridas em corridas, porém, elas
517 são uma importante fonte de prejuízo para a indústria do cavalo PSI, além de levantarem
518 importantes preocupações com o bem-estar animal (Bailey et al., 1999). Tem sido
519 sugerido que animais de dois anos de idade podem ser muito imaturos para treinar com
520 segurança, de acordo com os regimes tradicionais impostos ao PSI de corrida. Mais
521 estudos sobre a adaptação tecidual, de acordo com a idade e o treinamento em diferentes
522 velocidades, devem ser feitos em busca da compreensão do porquê os PSI jovens são
523 particularmente suscetíveis às lesões distais nos membros torácicos (Butcher et al., 2002).

524 É importante ressaltar que muitas lesões, principalmente as que envolvem estruturas
525 ósseas, são exclusivas de cavalos de corrida, pois se desenvolvem em atividades de alta
526 velocidade (Martig et al., 2014). Estudos epidemiológicos identificaram vários fatores de
527 risco, que incluem o regime de exercício, distância cumulativa treinada, superfície da
528 pista e idade do início do treinamento. Muitos avanços têm ocorrido na compreensão da
529 patogênese e dos fatores de risco das lesões induzidas pelo exercício dessa atividade. Com
530 isso, tem-se intensificado a busca pelo desenvolvimento e utilização de métodos de
531 diagnóstico por imagem não invasivos, que facilitam na prevenção e no diagnóstico
532 precoce (Dyson et al., 2008). Porém, os métodos de imagem avançados nem sempre estão
533 prontamente disponíveis e as opções de tratamento são limitadas ou incluem um longo
534 período de repouso, resultando em impacto econômico significativo (Martig et al., 2014).
535 Portanto, é importante que a profilaxia, o diagnóstico e a terapia da claudicação recebam
536 uma alta prioridade nos esforços de pesquisa para reduzir o afastamento de cavalos de
537 corrida jovens (Rossdale et al., 1985).

538 **2.1. Afecções da articulação metacarpofalangeana no cavalo PSI de corrida**

539 Dentre todas as articulações do cavalo atleta, o boleto tem o maior número de lesões
540 traumáticas e degenerativas específicas do local (Brama et al., 2001). No PSI de corrida,
541 os dados são semelhantes, sendo o boleto, juntamente com o carpo, as principais
542 articulações afetadas nos cavalos dessa modalidade (Dyson et al., 2008). Sabendo que a
543 carga dos membros aumenta com o aumento da velocidade, durante o galope intenso,
544 tensões perigosamente altas são impostas às estruturas ósseas e tecidos moles que
545 compõem a articulação do boleto (Butcher et al., 2002). As articulações dos boletos dos
546 membros torácicos são ainda mais susceptíveis a lesões que os boletos dos membros
547 pélvicos, pois cavalos de corridas planas transmitem todo o seu peso através desta

548 articulação durante a fase de apoio da passada, especialmente no galope (Bailey et al.,
549 1999). Além disso, os boletos torácicos apresentam a maior amplitude de movimento
550 entre todas as articulações dos membros. Tem sido proposto que as intensas cargas
551 impostas de maneira intermitente, têm desempenhado um papel importante no
552 desenvolvimento das lesões articulares encontradas neste local (Brama et al., 2001).

553 Sendo assim, além de receber as maiores cargas articulares durante a corrida, a articulação
554 metacarpofalangeana é particularmente suscetível a lesões devido sua característica
555 condilar de alto movimento, o que faz com que essa articulação seja um frequente ponto
556 de lesão em cavalos de corrida da raça Puro Sangue Inglês (Neundorf et al., 2010; Martig
557 et al., 2014).

558 O boleto é uma articulação complexa, responsável pela absorção de choque,
559 armazenamento de energia e estabilização do membro distal dos equinos. Suas
560 características o tornam altamente vulnerável a uma série de problemas do
561 desenvolvimento e a traumas. A maioria dos problemas clínicos na articulação do boleto,
562 predis põem o desenvolvimento de doença degenerativa. As lesões de boleto nos cavalos
563 de corrida incluem ainda doenças relacionadas ao desenvolvimento, a sobrecarga e
564 fraturas (Bramlage, 2009; Neundorf et al., 2010).

565 A articulação metacarpofalangeana é recoberta por uma cartilagem hialina mantida por
566 colágeno, condrócitos e proteoglicanos. A sustentação do colágeno em adequada
567 configuração para a função articular é promovida pelo osso subcondral. O osso
568 subcondral determina a anatomia da cartilagem e mantém a anatomia da extremidade
569 óssea para que ela possa se articular com a superfície articular oposta. Nas articulações
570 saudáveis, os proteoglicanos tem função lubrificante e condroprotetora. Enquanto na
571 articulação doente, o proteoglicano reduz e o colágeno fica exposto e vulnerável. A
572 população de condrócitos é delicada, mas passível de recuperação se o insulto não for
573 excessivo (Bramlage, 2009).

574 Dentre as afecções que podem afetar a articulação metacarpofalangeana destacam-se a
575 osteoartrite, osteocondrose, sesamoidite e fraturas.

576

577

578 2.1.1. Osteoartrite

579 A osteoartrite é definida como uma doença das articulações que leva a graus variados de
580 sinovite, destruição da cartilagem articular, esclerose do osso subcondral e formação de
581 osteófitos marginais (McIlwraith, 1982; Olive et al., 2010). Essa é uma afecção
582 relacionada a falhas nos mecanismos de lubrificação e proteção da articulação, o que leva
583 ao desgaste do colágeno da superfície articular (Bramlage, 2009). A ocorrência dessa
584 patologia está associada a calor, dor, aumento de volume e diminuição da amplitude de
585 movimento nas articulações afetadas (Scopp et al., 2005).

586 A lesão mecânica tem sido relatada como o principal mecanismo que leva à degeneração
587 da cartilagem no processo de osteoartrite. O dano da cartilagem ocorre quando as forças
588 biomecânicas excedem a capacidade de absorção de carga do tecido (Brommer et al.,
589 2005). Porém, lesões articulares de todos os tipos podem levar à osteoartrite como por
590 exemplo o processo inflamatório desencadeado devido presença e permanência de
591 fragmentos na articulação (Bramlage, 2009; Olive et al., 2010).

592 Na osteoartrite ocorre redução dos proteoglicanos e a camada superficial da cartilagem
593 hialina é perdida, iniciando o processo que reconhecemos como fibrilação da cartilagem.
594 Com a fibrilação, a lubrificação torna-se mais difícil, a perda de proteoglicanos acelera e
595 o desgaste físico supera a resistência, resultando em perda progressiva da função articular
596 (Bramlage, 2009).

597 A redução dos proteoglicanos que ocorre é reversível. Porém, a cartilagem hialina tem
598 baixa capacidade de reparo, e nenhum tratamento, clínico ou cirúrgico, ainda demonstrou
599 a capacidade de produzir reposição de colágeno com a mesma qualidade e arquitetura do
600 presente na cartilagem hialina (Bramlage, 2009). Uma vez que a cartilagem seja
601 lesionada, a resposta do organismo é a produção de colágeno do tipo I, resultando assim
602 em fibrocartilagem. No entanto, a fibrocartilagem possui menor resistência à carga
603 articular e ao desgaste (Scopp et al., 2005).

604 Além disso, para que o colágeno desempenhe seu papel na função articular, é necessário
605 que a anatomia da cartilagem no osso subcondral seja preservada. Uma vez que a
606 degeneração articular se instale, mesmo que tentativas sejam realizadas no intuito de
607 remodelação do osso subcondral, reparo da cartilagem e substituição dos proteoglicanos,
608 o corpo é incapaz de recriar a configuração da arquitetura de colágeno que ancora a

609 cartilagem hialina ao osso e cria uma superfície perfeitamente adaptada da articulação
610 normal. Portanto, ainda hoje, é impossível reestabelecer uma superfície articular
611 danificada em um cavalo adulto. A falta de uma solução para a degeneração amplia a
612 importância da prevenção (Bramlage, 2009).

613 Avaliando uma população de cavalos de corrida em atividade esportiva nos Estados
614 Unidos, Neundorf et al. (2010) relataram uma prevalência de osteoartrite em um a cada
615 três dos animais avaliados, sendo que a gravidade aumentou nos animais mais velhos,
616 estando em acordo com o processo degenerativo que ocorre nessa patologia. Sabendo da
617 relevância dessa afecção no cavalo Puro Sangue Inglês, compreender o processo de
618 evolução dessa patologia é essencial para manejo, prevenção e diagnóstico desse distúrbio
619 em um estágio inicial (Brommer, 2005; Martig et al., 2014).

620 O uso de técnicas de imagem é essencial para diagnóstico e avaliação da gravidade das
621 lesões. A radiografia é o método de imagem mais utilizado e fornece uma excelente
622 representação dos ossos. Os sinais radiográficos de osteoartrite já são evidentes doze
623 semanas após início da afecção. O diagnóstico radiográfico da osteoartrite baseia-se na
624 presença de lise ou esclerose do osso subcondral, osteófitos periarticulares e redução do
625 espaço articular. No entanto, a radiografia pode ser pouco precisa na avaliação da
626 cartilagem articular e do osso subcondral, sendo então a tomografia computadorizada e a
627 ressonância magnética técnicas de imagem indicadas para superar essas limitações,
628 porém, nem sempre estão disponíveis (Bertoni et al., 2020).

629 A esclerose subcondral, ou aumento da densidade mineral óssea, é um sinal de
630 remodelação óssea secundária a estímulos, que pode preceder ou acompanhar o
631 desenvolvimento da osteoartrite. Radiograficamente ela é identificada como um aumento
632 da radiopacidade do osso subcondral, porém, sabe-se que a esclerose óssea pode ser
633 subestimada na avaliação radiográfica da articulação metacarpofalangeana. A tomografia
634 computadorizada e a ressonância magnética são os métodos mais sensíveis para essa
635 avaliação (Olive et al., 2010).

636 Os osteófitos são projeções ósseas nas margens da articulação. Quando essas projeções
637 ocorrem nas inserções das cápsulas ou ligamentos, são classificadas como entesófitos
638 (Kirker-Head et al., 2000; Kane et al., 2003).

639 Quando se observa as radiografias de uma articulação, é importante avaliar se a lesão é
640 local ou generalizada e se a causa perpetuante pode ser removida e a articulação
641 preservada. Quando a reação a um insulto é localizada, como nos casos de osteólise,
642 fragmentação ou proliferação óssea focal, o prognóstico é melhor do que quando a reação
643 é generalizada, como quando tem estímulo marginal em vários locais e afinamento da
644 cartilagem articular. Reações generalizadas indicam doença crônica e alterações
645 permanentes, enquanto a reação localizada é frequentemente passível de resolução
646 (Bramlage, 2009).

647 Existem ainda, alterações radiográficas que indicam que uma inflamação grave está ou
648 esteve presente na articulação do boleto e reflete comprometimento da carreira esportiva
649 do animal. Essas alterações são a lise supracondilar e a sesamoidite (Bramlage, 2009).

650 A lise supracondilar, também chamada de doença osteocondral palmar, apresenta alta
651 prevalência em populações de cavalos de corrida em todo o mundo. Essa afecção resulta
652 da inflamação crônica e progressiva do revestimento sinovial na face palmarodistal distal
653 do boleto. Em casos mais avançados, a doença está associada ao colapso da superfície
654 articular, o que leva rapidamente à doença articular generalizada, de natureza irreversível
655 e alto risco de fratura condilar. Uma boa sensibilidade e especificidade na detecção dessa
656 afecção por radiografia pode ter um impacto significativo no manejo dessa articulação
657 (Davis et al., 2017). Radiograficamente observa-se um achatamento, perceptível como
658 áreas de radioluscência nos côndilos do terceiro metacarpo no aspecto palmarodistal. Essa
659 avaliação é possível em uma projeção lateromedial bem alinhada (Kane et al., 2003).

660 Cavalos Puro Sangue Inglês de dois e três anos de idade podem ter doença articular bem
661 estabelecida, porém, as lesões mais graves geralmente são observadas em cavalos de
662 cinco anos de idade ou mais. Em humanos já foi estabelecido que lesões articulares de 1
663 cm² são frequentemente sintomáticas e lesões de 2 cm² são altamente progressivas.
664 Sabendo que o limiar para dor em cavalos é diferente do que em humanos, o diagnóstico
665 precoce por imagens se torna altamente importante, mesmo em cavalos de dois e três anos
666 sem sinais clínicos. Os exames de imagem podem identificar cavalos em risco de doença
667 articular. Eles seriam valiosos, pois a osteoartrite da articulação metacarpofalângica em
668 cavalos de corrida jovens pode estar comprometendo sua longevidade nas corridas. Com
669 o diagnóstico precoce é possível estabelecer medidas para que se evite a progressão da
670 patologia, muitas vezes, antes mesmo do início da claudicação (Neundorf et al., 2010).

671 **2.1.2. Osteocondrose**

672 Outra alteração articular frequentemente detectada em PSI jovens é a osteocondrose. A
673 osteocondrose é uma doença articular decorrente de anormalidades no desenvolvimento
674 osteocondral que pode ocasionar fragmentos na articulação. A prevalência de fragmentos
675 oriundos de osteocondrose em boletos em cavalos jovens da raça Puro Sangue Inglês já
676 foi relatada como sendo de 14 a 29%. Porém, um levantamento avaliando imagens
677 radiográficas de exames pré-venda de uma população, detectou-se uma prevalência de
678 9% para os boletos torácicos e de 7% para os pélvicos (Kane et al., 2003). A detecção e
679 tratamento precoce dessa afecção é importante, pois evita que ela se torne degenerativa e
680 que chegue a um ponto irreversível (Bramlage, 2009).

681 Fragmentos osteocondrais na articulação também podem ter origem traumática, como nas
682 fraturas em “chip”. A presença desse fragmento gera uma reação semelhante da
683 articulação no que diz a liberação de detritos. Os detritos são partículas físicas e
684 biológicas, como citocinas e mediadores inflamatórios que são liberados pelos
685 condrócitos, sinoviócitos e células inflamatórias recrutadas para a articulação em resposta
686 ao insulto físico. Sendo assim, a presença de fragmentos articulares pode estar associada
687 ao desenvolvimento de osteoartrite (Bramlage, 2009; Olive et al., 2010).

688 Os fragmentos no boleto oriundos de osteocondrose podem ser uni ou bilaterais e ter
689 origem na primeira falange, crista sagital do metacarpo III ou qualquer outra superfície
690 articular (Kane et al., 2003). A detecção do fragmento deve ser feita por radiografia e de
691 maneira precoce, pois a remoção cirúrgica da causa desencadeante no início do curso
692 evita que a afecção se torne degenerativa e que chegue a um ponto irreversível. Caso a
693 remoção não seja realizada e opte-se pelo tratamento com utilização de medicação, é
694 possível que se consiga alívio dos sinais clínicos e da inflamação articular. Porém, não
695 impedirá o derramamento de detritos físicos, que continuamente agredem a cartilagem
696 hialina (Bramlage, 2009).

697 **2.1.3. Sesamoidite**

698 Os sesamoides proximais dos cavalos PSI de corrida também podem apresentar
699 alterações, como inflamação, referenciada como sesamoidite, ou em casos mais graves,
700 podem ocorrer fraturas dessa estrutura (Kane et al., 2003; Plevin et al., 2016).

701 A sesamoidite indica uma inflamação no aspecto abaxial proximal do osso sesamoide
702 proximal, região da inserção do ligamento suspensório. A relação íntima entre essas
703 estruturas explica a presença de lesões coexistentes dos ramos do ligamento suspensor e
704 sesamoides (Plevin et al., 2016). A inflamação dessa região geralmente ocorre por trauma
705 e leva a um quadro progressivo de reabsorção óssea e enfraquecimento da inserção do
706 ligamento suspensor. Cavalos da raça Puro Sangue Inglês de um ano, antes do início do
707 treinamento, já apresentam uma alta prevalência dessa afecção. E, uma vez apresentando
708 essa alteração, estão mais propensos à manifestação clínica de lesões no ramo do
709 ligamento suspensório e à perda de desempenho na corrida (Bramlage, 2009; Plevin et
710 al., 2016).

711 A avaliação dos sesamoides proximais deve fazer parte do exame radiográfico do boleto.
712 A sesamoidite pode ser diagnosticada pelo alargamento e alteração da forma dos canais
713 vasculares do osso sesamoide (Bramlage, 2009). Em casos mais avançados, é possível
714 detectar enteseófitos, proliferação óssea para o(s) ramo(s) do ligamento suspensório
715 (Kane et al., 2003).

716 Kane et al. (2003) avaliaram uma população de cavalos Puro Sangue Inglês de um ano e
717 relatou que 98% apresentavam canais vasculares em pelo menos um dos ossos sesamoides
718 proximais do membro torácico. Desses, 79% eram irregulares e apenas 56% dos animais
719 examinados apresentaram canais regulares. Além disso, canais vasculares regulares
720 pareciam mais uniformemente distribuídos entre sesamoides proximais medial e lateral
721 do que canais vasculares irregulares, que foram mais comuns no osso sesamoide proximal
722 medial.

723 **2.1.4. Fraturas**

724 Fraturas típicas dos cavalos de corrida envolvem o boleto. As mais frequentes são as
725 fraturas do sesamoide proximal, fraturas do côndilo do metacarpo ou metatarso e fraturas
726 sagitais da falange proximal, sendo que essas duas últimas podem se apresentar como
727 microfissuras e são mais predispostas a ocorrer quando a estrutura óssea já apresenta dano
728 subcondral. Sendo assim, sabe-se que as fraturas espontâneas em cavalos de corrida
729 ocorrem mediante presença de patologia pré-existente (Martig et al., 2014). As fraturas
730 no cavalo de corrida podem determinar aposentadoria precoce e, em sua forma mais
731 grave, lesões catastróficas que requerem cirurgia ou eutanásia (Neundorf et al., 2010).

732 Sabe-se que quanto mais grave a doença articular, maior o risco e desenvolvimento de
733 lesões musculoesqueléticas fatais. Existe, então, uma correlação confirmada entre
734 osteoartrite, carga adicional de um membro contralateral e lesão catastrófica de ossos
735 longos (Neundorf et al., 2010).

736 Fraturas também podem estar presentes nos sesamoides proximais. As fraturas de um
737 osso sesamoide proximal são descritas como apicais, basais, abaxiais ou médias de acordo
738 com sua localização (Kane et al., 2003).

739 **2.2. Lesões musculoesqueléticas catastróficas no cavalo PSI de corrida**

740 Durante o treinamento ou corrida, os cavalos podem atingir e sustentar intensidades de
741 exercício capazes de sobrecarregar a capacidade de resposta do sistema
742 musculoesquelético, o que pode resultar em lesões graves e às vezes fatais. Foi descrito
743 que a causa mais comum de morte em cavalos de corrida são as doenças
744 musculoesqueléticas. Em um levantamento, 2,2% dos cavalos PSI de corrida evoluíram
745 para óbito, sendo que 67,2% desses, foram eutanasiados por lesões musculoesqueléticas
746 catastróficas (Cruz et al., 2007).

747 Os membros torácicos são os que recebem as maiores cargas durante a corrida. As
748 intensas forças verticais impostas durante galope fazem com que o metacarpo III seja o
749 foco mais frequente de lesões catastróficas (Cruz et al., 2007). Muitas dessas lesões
750 ocorrem na região condilar do metacarpo III, envolvendo a articulação do boleto. A maior
751 parte dos animais que desenvolveram fraturas condilares possuíam entre três e quatro
752 anos de idade e apresentavam uma alta prevalência de doença articular e lesões
753 preexistentes, confirmando uma correlação entre a osteoartrite e lesões catastróficas nos
754 ossos longos (Neundorf et al., 2010). É possível que o uso de medicação intra-articular
755 em pistas de corrida esteja mascarando sinais premonitórios de falência óssea, devendo
756 sua prática ser reavaliada (Cruz et al., 2007).

757 Embora seja difícil investigar lesões não fatais, sabe-se que a prevalência de doenças
758 articulares nos cavalos PSI de corrida são altas. Então, sabendo da existência de uma
759 grande população de cavalos de corrida com risco aumentado de insuficiência óssea, é
760 importante que sejam realizadas medidas preventivas. Há um consenso de que as lesões
761 ósseas em cavalos de corrida são devidas a cargas repetidas de alta intensidade no
762 esqueleto, o que resulta em enfraquecimento do osso e subsequente falha. A compreensão

763 desse processo deve ser uma prioridade de todos os envolvidos nesse setor, pois é
764 fundamental minimizar e gerenciar os fatores de risco a prevenção de lesões ósseas
765 (Martig et al., 2014).

766 **2.3. Afecções do dígito no cavalo PSI de corrida**

767 Na indústria equina, as claudicações relacionadas ao dígito estão entre os mais frequentes
768 problemas encontrados (Bras et al., 2018). No cavalo PSI de corrida, deve-se ressaltar a
769 alta prevalência de distorções envolvendo o casco, e conseqüentemente todo o dígito
770 (Redden, 2003).

771 É de extrema importância o entendimento da conformação do dígito, pois ela está
772 diretamente relacionada com sua função e biomecânica (O'Grady, 2008). Um casco
773 equilibrado permite adequada absorção e distribuição das forças no dígito e nas estruturas
774 adjacentes (Bras et al., 2018).

775 Os cavalos PSI de corrida são mundialmente famosos pela presença de cascos distorcidos.
776 Porém, é importante compreender que mesmo com uma alta prevalência, essas distorções
777 não são normais. A distorção do estojo córneo do casco geralmente ocorre quando as
778 forças de tração, compressão ou cisalhamento no casco excedem a capacidade dos
779 componentes do estojo em suportá-las (Redden, 2003). Sabe-se que a compressão
780 repetida durante o exercício de alta intensidade causa distorções na cápsula do casco (Bras
781 et al., 2018). Já existem várias evidências de que o desbalanço e a sobrecarga de forças
782 mecânicas decorrentes das distorções do casco são responsáveis por importantes lesões
783 ortopédicas (Dyson et al., 2011).

784 Ao se examinar os cascos dianteiros de um cavalo PSI de três anos criado para corrida,
785 existe uma alta probabilidade de se encontrar um casco com talões escorridos,
786 apresentando um ângulo dorsal do casco entre 50 e 58° e um ângulo de talão de 20° ou
787 menos (Redden, 2003). Talões escorridos são definidos como aqueles que apresentam o
788 ângulo no mínimo 5° menor que o ângulo da muralha dorsal (Kane et al., 1998; Eliashar
789 et al., 2004). Cavalos com os talões escorridos são popularmente conhecidos como
790 cavalos “achinelados” e essa tem sido descrita como a anormalidade de casco mais
791 prevalente (Hunt, 2012). Estudos realizados em cavalos de corrida nos Estados Unidos
792 relataram prevalências de até 97,2%, o que suporta a afirmação de que os talões escorridos
793 podem ser uma característica hereditária na raça PSI. Devido a esta alta prevalência,

794 alguns veterinários chegam a crer que a condição é uma variação normal do casco, e não
795 um desvio patológico (Balch et al., 2001). Contudo, tal situação não se sustenta devido a
796 várias evidências mostrando associações com maior prevalência de vários tipos de
797 claudicação, incluindo situações de maior gravidade (Kane et al., 1998; Eliashar et al.,
798 2004). Animais com essa conformação de casco tem uma redução na resistência à
799 compressão e deslocam a superfície de contato dorsalmente, gerando hiperextensão das
800 articulações interfalangeanas e da articulação metacarpofalangeana, o que por sua vez
801 eleva a tração na face palmar e aumenta a compressão na face dorsal da região distal do
802 membro, podendo assim, predispor cavalos de corrida a falhas no aparato suspensório e
803 doenças musculoesqueléticas. Ainda mais grave, talões escorridos têm sido associados a
804 óbito após lesões catastróficas do aparato suspensor em cavalos de corridas (Balch et al.,
805 2001).

806 Além da alteração de conformação de morfologia de casco descrita acima, veterinários
807 podologistas têm relatado uma alta prevalência de ângulo palmar negativo no PSI de
808 corrida. No ângulo palmar negativo, a distância da face palmar da falange distal ao solo
809 é menor na região do seu processo palmar do que no seu ápice. Dessa forma, o dígito
810 apresenta pouco ou nenhum coxim funcional, o que acarreta repetida sobrecarga das
811 articulações e ligamentos de suporte, o comprometendo sua função (Redden, 2003). A
812 ocorrência de ângulo palmar negativo tem sido associada a lesões no aparato podotrocLEAR
813 (Dyson et al., 2011).

814 Cavalos em rotina esportiva, mesmo em treinamento, apresentam muitas horas de
815 inatividade e são mantidos confinados em baias durante a maior parte do dia. Este estilo
816 de vida tem um efeito negativo nas áreas germinativas do estojo córneo do casco, pois
817 esses são tecidos dinâmicos que respondem e se adaptam às forças exercidas sobre eles.
818 Com a inatividade, uma deterioração sutil, mas constante, pode estar ocorrendo no estojo
819 córneo, tecido mole, osso e circulação do dígito. Os efeitos nocivos cumulativos são
820 precursores da síndrome dos talões escorridos, além disso, o casco enfraquecido é mais
821 suscetível à sobrecarga durante a atividade atlética (Bras et al., 2018).

822 O tendão flexor digital profundo se insere na falange distal e mantém uma tensão
823 apropriada que é importante para manter a estrutura e função digital normal. Porém,
824 quando o casco apresenta enfraquecimento ou distorções, a tração exercida por esse

825 tendão pode influenciar o crescimento e a forma da sola, bem como ou exacerbar a
826 distorção do estojo córneo do casco (Redden, 2003).

827 Sendo assim, alterações no formato do casco, seja por fatores relacionados a raça,
828 ambiente ou conformação dos membros, vão gerar efeitos nocivos com potencial de
829 comprometer desempenho e prejudicar as carreiras atléticas (Bras et al., 2018).

830 **3. Considerações finais**

831 O PSI de corrida é submetido a atividades de alta intensidade ainda muito jovem, antes
832 de atingir maturidade musculoesquelética. Sabendo que a adequada conformação e
833 equilíbrio do casco é essencial para função e eficiência biomecânica do dígito, um casco
834 que se distancia das características tidas como ideais são classificados como distorcidos
835 e se tornam enfraquecidos e sujeitos a uma cascata de danos e distorções estruturais, o
836 que compromete não apenas a função do dígito, mas também toda uma eficiência
837 biomecânica do sistema locomotor.

838 O casco tem sido atribuído como principal foco de lesão e dentre as articulações, o boleto
839 tem sido a mais afetada. Sabendo que os cavalos PSI de corrida são mundialmente
840 famosos pela alta prevalência de distorções de casco e da influência da conformação do
841 casco na distribuição das cargas, a compreensão da biomecânica da locomoção leva a
842 percepção de que, o casco, os tecidos moles e ossos distais trabalham de maneira
843 integrada para absorção das forças e prevenção de lesões. Entretanto, sabe-se que
844 culturalmente, os casqueadores não profissionais tendem a induzir os talões escorridos no
845 cavalo PSI. No Brasil, o problema é ainda mais grave, pois é permitido e frequente que o
846 manejo do casco seja realizado por pessoas sem a adequada formação e sem o
847 conhecimento de anatomia e biomecânica, sendo o veterinário chamado apenas quando a
848 lesão já está instalada e prejudicando a performance do animal. Culturalmente esses
849 casqueadores induzem distorções morfológicas já em casco de potros, antes mesmo do
850 início da atividade esportiva, pois essa é a prática que vem sendo passada por práticos há
851 anos. Sendo assim, a alta prevalência de distorções de casco no PSI pode estar associada
852 não apenas a raça, mas também ao manejo inadequado do casco, levando assim, ao
853 desenvolvimento de lesões e perda da eficiência biomecânica, e não pode ser vista como
854 algo normal, mas sim como uma grave distorção que precisa ser corrigida.

855

856 4. Referências bibliográficas

- 857 BAILEY, C. J.; REID, S. W.; HODGSON, D. R. et al. Impact of injuries and disease on
858 a cohort of two- and three-year-old thoroughbreds in training. *The Veterinary Records*, v.
859 145, n. 17, p. 487 – 493, 1999.
- 860 BALCH, O. K.; BUTLER, D.; COLLIER, M. A. Balancing the normal foot: hoof
861 preparation, 20 shoe fit and shoe modification in the performance horse. *Equine*
862 *Veterinary Education*, v. 9, n. 3, p. 143-154, 1997.
- 863 BALCH, O. K.; HELMAN, R. G.; COLLIER, M. A. Underrun Heels and Toe-Grab
864 Length as Possible Risk Factors for Catastrophic Musculoskeletal Injuries in Oklahoma
865 Racehorses. *Lameness in the athletic horse*, v. 47, 2001.
- 866 BERTONI, L.; JACQUET-GUIBON, S.; BRANLY, T. et al. An experimentally induced
867 osteoarthritis model in horses performed 8 on both metacarpophalangeal and
868 metatarsophalangeal joints: Technical, clinical, imaging, biochemical, macroscopic and
869 microscopic characterization. *PloS one*, v. 15, n. 6, 2020.
- 870 BIEWENER, A. A. Muscle-tendon stresses and elastic energy storage during locomotion
871 in the horse. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, v. 120, p. 73 – 87, 1998.
- 872 BOWER, M. A.; MCGIVNEY, B. A.; CAMPANA, M. G. The genetic origin and history
873 of speed in the Thoroughbred racehorse. *Nature Communications*, v. 3, n. 643, 2012.
- 874 BRAMA, P. A.; KARSSENBERG, D.; BARNEVELD, A. et al. Contact areas and
875 pressure distribution on the proximal articular surface of the proximal phalanx under
876 sagittal plane loading. *Equine Veterinary Journal*, v. 33, n. 1, p. 26 – 32, 2001.
- 877 BRAMLAGE, L. R. Part I: Operative orthopedics of the fetlock joint of the horse:
878 Traumatic and developmental diseases of the equine fetlock joint. *Proc. American*
879 *Association Equine Practitioners*, v. 55, p. 96 – 143, 2009.
- 880 BRAS, R. J.; REDDEN, R. Understanding the basic principles of podiatry. *Veterinary*
881 *Clinics: Equine Practice*, v. 34, n. 2, p. 391-407, 2018.

- 882 BROMMER, H.; LAASANEN, M. S.; BRAMA, P. A.; et al. Functional consequences of
883 cartilage degeneration in the equine metacarpophalangeal joint: quantitative assessment
884 of cartilage stiffness. *Equine Veterinary Journal*, v. 37, n. 5, p. 462 – 467, 2005.
- 885 BUTCHER, M.T.; ASHLEY-ROSS, M. A. Fetlock joint kinematics differ with age in
886 thoroughbred racehorses. *Journal of Biomechanics*, v. 35, n. 5, p. 563 – 571, 2002.
- 887 CRUZ, A. M.; DVM, POLJAK, Z.; FILEJSKI, C. Epidemiologic characteristics of
888 catastrophic musculoskeletal injuries in Thoroughbred racehorses. *American Journal*
889 *Veterinary Research*, v. 68, n. 12, p. 1370 – 1375, 2007.
- 890 DAVIS, A. M.; FAN, X.; SHEN, L. et al. Improved radiological diagnosis of palmar
891 osteochondral disease in the Thoroughbred racehorse. *Equine veterinary journal*, v. 49, p.
892 454 - 460, 2017.
- 893 DENOIX, J. M. *Biomechanics and physical training of the horse*. 1ed. Florida. CRC
894 Press, 2014, 184p.
- 895 DYSON, P. K.; JACKSON, B. F.; PFEIFFER, D. U. et al. Days lost from training by two-
896 and three-year-old Thoroughbred horses: a survey of seven UK training yards. *Equine*
897 *Veterinary Journal*, v. 40, n. 7, p. 650 – 657, 2008.
- 898 DYSON, S.; TRANQUILLE, C. A.; COLLINS, S. N. et al. External characteristics of the
899 lateral aspect of the hoof differ between non-lame and lame horses. *The Veterinary*
900 *Journal* v. 190, n. 3, p. 364 - 371, 2011.
- 901 ELIASHAR, E.; McGUIGAN, M. P.; WILSON, A. M. Relationship of foot conformation
902 and force applied to the navicular bone of sound horses at the trot. *Equine Veterinary*
903 *Journal*, v. 36, n.5, p. 431 – 435, 2004.
- 904 HUNT, R.J. Farriery for the Hoof with Low or Underrun Heels. *Veterinary Clinics of*
905 *North America: Equine Practice*, v. 28, p. 351-364, 2012.
- 906 JEFFCOTT, L. B.; ROSSDALE, P. D.; FREESTONE, J. et al. An assessment of wastage
907 in Thoroughbred racing from conception to 4 years of age. *Equine Veterinary Journal*, v.
908 14, n.3, p. 185 – 198, 1982.

- 909 KANE, A. J.; STOVER, S. M.; GARDNER, I. A. et al. Hoof size, shape, and balance as
910 possible risk factors for catastrophic musculoskeletal injury of Thoroughbred racehorses.
911 American Journal Veterinary Research, v. 59, n. 12, p. 1545 – 1552, 1998.
- 912 KANE, A. J., PARK, R. D., MCLLWRAITH, C. W., et al. Radiographic changes in
913 Thoroughbred yearlings. Part 1: Prevalence at the time of the yearling sales. Equine
914 veterinary journal, v. 4, p. 354 – 365, 2003.
- 915 KIRKER-HEAD, C. A.; CHANDNA, V. K.; AGARWAL, R. K. et al. Concentrations of
916 substance P and prostaglandin E2 in synovial fluid of normal and abnormal joints of
917 horses. American Journal of Veterinary Research, v. 61, n. 6, p. 714-718, 2000.
- 918 LAWSON, S. E.; CHATEAU, H.; POURCELOT, P. Effect of toe and heel elevation on
919 calculated tendon strains in the horse and the influence of the proximal interphalangeal
920 joint. Journal of Anatomy, v. 210, n. 5, p. 583 - 591, 2007.
- 921 LOCHNER, F.K.; MILNE, D. W.; MILLS, E. J. et al. In vivo and in vitro measurement
922 of tendon strain in the horse. American Journal Veterinary Research, n. 41, v. 12, p. 1929
923 – 1937, 1980.
- 924 MARTIG, S.; CHEN, W.; LEE, P. V. S. et al. Bone fatigue and its implications for
925 injuries in racehorses. Equine Veterinary Journal, n. 46, p. 408 – 315, 2014.
- 926 MCLLWRAITH, C. W. Current concepts in equine degenerative joint disease. Journal of
927 the American Veterinary Medical Association, v. 180, n. 3, p. 239 – 250, 1982.
- 928 MOON, G. “Hoof mapping – guide or rule?” – The accuracy of using external landmarks
929 to localise internal structures in the equine hoof. Dissertação AWCF. 2019.
- 930 NEUNDORF, R. H.; LOWERISON, M. B.; CRUZ, A. M. et al. Determination of the
931 prevalence and severity of metacarpophalangeal joint osteoarthritis in Thoroughbred
932 racehorses via quantitative 7 macroscopic evaluation. American journal of veterinary
933 research, v. 71, n. 11, p. 1284 – 1293, 2010.
- 934 O’GRADY, S. E.; POUPARD, D. A. Physiological horseshoeing: an overview. Equine
935 Veterinary Education, v. 13, n. 6, p. 330 - 334, 2001.

- 936 O'GRADY, S. E. Basic farriery for the performance horse. *Veterinary Clinics Equine*
937 *Practice*, n. 24, p. 203 – 218, 2008.
- 938 OLIVE, J.; D'ANJOU, M. A.; ALEXANDER, K. et al. Comparison of magnetic
939 resonance imaging, computed tomography and radiography for assessment of
940 noncartilagnious changes in equine metacarpophalangeal osteoarthritis. *Veterinary*
941 *Radiology & Ultrasound*, v. 51, n. 3, p. 267 – 279, 2010.
- 942 PARKS, A. Form and function of the equine digit. *The veterinary clinics North America*
943 *Equine Practice*, v. 19, n. 2, p. 285 - 307, 2003.
- 944 PARKS, A. The foot and shoeing. In: *Diagnosis and Management of Lameness in the*
945 *Horse*, ROSS, M. W.; Dyson, S. J. 2 ed. Ed. Elsevier Saunders, St. Louis, p. 282 - 309,
946 2011.
- 947 PAZ, C. F. R.; FERNANDES, T. L. B.; PAOLUCCI, L. A. et al. Alterações cinemáticas
948 da locomoção em cavalos com laminite tratados com três diferentes tipos de órteses para
949 o casco. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 40, n. 6, p. 3755 – 3762, 2019.
- 950 PLEVIN, S.; McLELLAN, J.; O'KEEFFE, T. Association between sesamoiditis,
951 subclinical ultrasonographic suspensory ligament branch change and subsequent clinical
952 injury in yearling Thoroughbreds. *Equine Veterinary Journal*, n.48, p. 543 – 547, 2016.
- 953 POLLITT, C. C. Structure and function. In: *Color atlas of the horse's foot*. Ed. Mosby-
954 Wolfe, Barcelona, p. 07 – 45, 1995.
- 955 ROSS, M. W.; MCLLWRAITH, C. W. Conformation and lameness. In: *Diagnosis and*
956 *Management of Lameness in the Horse*, ROSS, M. W.; Dyson, S. J. 2 ed. Ed. Elsevier
957 Saunders, St. Louis, p. 15 - 32, 2011.
- 958 ROSSDALE, P. D.; HOPES, R.; DIGBY, N. J, et al. Epidemiological study of wastage
959 among racehorses 1982 and 1983. *The veterinary record*, v. 116, n. 3, p. 66 – 69, 1985.
- 960 REDDEN, R. F. Hoof capsule distortion: understanding the mechanisms as a basis for
961 rational management. *The veterinary clinics North America Equine Practice*, v. 19, n. 2,
962 p. 443 – 462, 2003.

- 963 SHERLOCK, C.; PARKS, A. Radiographic and radiological assessment of laminitis.
964 Equine Veterinary Education, v.25, n.10, p.524-535, 2013.
- 965 SCOPP, J. M.; MANDELBAUM, B. R. A treatment algorithm for the management of
966 articular cartilage defects. Orthopedic Clinics North America, v. 36, n. 4, p. 419 – 426,
967 2005.
- 968 SOUZA, M. V.; VAN WEEREN, P. R.; VAN SCHIE, H. T. et al. Regional differences
969 in biochemical, biomechanical and histomorphological characteristics of the equine
970 suspensory ligament. Equine Veterinary Journal, v. 42, n. 7, p. 611 – 620, 2010.
- 971 WILSHER, S.; ALLEN, W. R.; WOOD, J. L. Factors associated with failure of
972 thoroughbred horses to train and race. Equine Veterinary Journal, v.38, n. 2, p. 113 – 118,
973 2006.
- 974 WILSON, A.; MCGUIGAN, M.; SU, A. et al. Horses damp the spring in their step.
975 Nature, v. 414, p. 895 – 899, 2001.
- 976 WILSON, G. H.; MCDONALD, Kirsty; O'CONNELL, M. J. Skeletal forelimb
977 measurements 20 and hoof spread in relation to asymmetry in the bilateral forelimb of
978 horses. Equine Veterinary Journal, v. 41, n. 3, p. 238 - 241, 2009.
- 979
- 980
- 981
- 982
- 983
- 984
- 985
- 986
- 987

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DOS EQUINOS E ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS

988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018

O objetivo deste capítulo é mostrar como foi criado o banco de dados para a realização desse trabalho.

O estudo foi realizado em parceria com a Clínica Veterinária Equine Center e utilizou 59 equinos da raça Puro Sangue Inglês de corrida que eram frequentemente acompanhados por veterinário e não apresentavam claudicação aparente. Foram avaliados 118 membros no total, sendo metade correspondente a membros torácicos direitos e metade correspondendo a membros torácicos esquerdos. A parceria permitiu a avaliação de equinos de ambos os sexos e idade entre três e quatro anos em atividade esportiva no Jockey Clube de São Paulo no ano de 2022. Para esta coleta de dados, os veterinários responsáveis pelos animais assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido de acordo instruções do CEUA/UFMG sob protocolo número 221/2022.

Características do banco de dados

No banco de dados do Jockey Club de São Paulo consta capacidade para abrigar 1.400 animais, sendo que, no ano de realização do experimento, o Jockey apresentava utilização de cerca de 50% de sua capacidade. Sendo assim, o presente estudo contemplou uma amostra correspondente a quase 10% dos animais em atividade esportiva no Jockey Club de São Paulo. Embora o projeto inicial tenha delineado a amostragem de 120 membros, pela avaliação de 60 animais, houve perda de parcela de três amostras fotográficas para análise da morfológica do casco, 3 amostras radiográficas para amostra radiográfica do casco e 2 amostras radiográficas para avaliação do eixo podofalangeano.

Os dados obtidos para cada animal foram: sexo, idade, escore de condição corporal (ECC), classificação visual do eixo podofalangeano, fotografia da face lateral dos cascos dos membros torácicos, radiografia lateromedial dos cascos dos membros torácicos e radiografias por projeções lateromedial, dorsoproximal-palmarodistal oblíqua, dorsolateral-palmaromedial oblíqua a 45° e dorsomedial-palmarolateral oblíqua a 45° das articulações metacarpofalangeanas dos membros torácicos.

A classificação do ECC foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Henneke et al. (1983), na qual o escore varia de 1 a 9, sendo classificado como 1 o animal

1019 extremamente magro e 9 o animal extremamente obeso. Como exemplo do grau mais
1020 comum nessa população, o equino classificado como 5 apresenta escore corporal
1021 moderado e apresenta garupa alinhada, costelas que não podem ser distinguidas
1022 visualmente, mas podem ser facilmente palpadas, a cernelha se apresenta arredondada
1023 sobre os processos espinhosos e o pescoço se apresenta musculado, porém, sem deposição
1024 de tecido adiposo e se insere suavemente no corpo.

1025 Para realização das fotografias, os animais foram retirados da baía e direcionados para
1026 uma superfície plana. O casco foi previamente limpo com o auxílio de um limpador de
1027 casco e, para fotografia, os membros torácicos foram apoiados de maneira simétrica sobre
1028 blocos de madeira com 4cm de altura e superfície quadrada, regular, com 18cm de lado.
1029 Os blocos possuíam marcações para auxílio nas mensurações futuras. As fotografias da
1030 face lateral do casco foram realizadas conforme descrito por Dyson et al. (2011a), onde a
1031 câmera foi posicionada a 75cm do casco e centralizada entre o aspecto dorsal e o aspecto
1032 palmar, na região da banda coronária. As imagens foram realizadas sempre pela mesma
1033 pessoa, e o aparelho utilizado foi a câmera teleobjetiva de 12 MP de um iPhone 11 Pro.

1034 Para as radiografias, o aparelho utilizado foi um DR 17x17 com emissor portátil Poskon,
1035 o qual é dotado de distanciador com iluminação laser. As exposições foram realizadas
1036 sempre com 72Kv e 2,5mAs.

1037 As imagens radiográficas dos cascos dos membros torácicos foram obtidas pela projeção
1038 lateromedial. Para a realização do exame radiográfico do casco, ambos os membros
1039 torácicos foram posicionados sobre blocos de madeira de igual altura e o ponto de
1040 colimação foi o centro do casco, 2 cm acima do bloco, perpendicular ao cassete. Com os
1041 objetivos de possibilitar a identificação radiográfica da banda coronária e da superfície
1042 dorsal da parede do casco e auxiliar em mensurações posteriores, um fio metálico de
1043 comprimento conhecido foi aderido à superfície dorsal da muralha do casco, com sua
1044 extremidade proximal sempre coincidindo com o plano da banda coronária.

1045 Para realização das radiografias dos boletos dos membros torácicos, o animal foi retirado
1046 do apoio em blocos e posicionado em apoio quadrupedal de maneira simétrica em
1047 superfície plana. As imagens radiográficas dos boletos dos membros torácicos foram
1048 obtidas de maneira padronizada.

1049 *Idade dos animais avaliados*

1050 A idade dos animais foi determinada de acordo com a data de nascimento registrada na
1051 carteira.

1052 *Classificação visual do eixo podofalangeano*

1053 A classificação quanto ao eixo podofalangeano foi realizada pela análise das fotografias
1054 laterais do casco. Os animais foram classificados conforme descrito por Ross et al. (2011)
1055 como apresentando alinhamento do eixo podofalangeano, eixo quebrado para trás e
1056 quebrado para frente.

1057 Os animais classificados como apresentando alinhamento do eixo podofalangeano
1058 apresentavam linearidade do eixo entre a face dorsal do casco e da quartela. Os
1059 classificados como apresentando o eixo podofalangeano quebrado para trás apresentavam
1060 ângulo dorsal do casco menor que o ângulo dorsal da quartela. Em oposição, na
1061 conformação referenciada como eixo podofalangeano quebrado para frente, o ângulo
1062 dorsal do casco é maior que o ângulo dorsal da quartela.

1063 *Avaliações fotográficas*

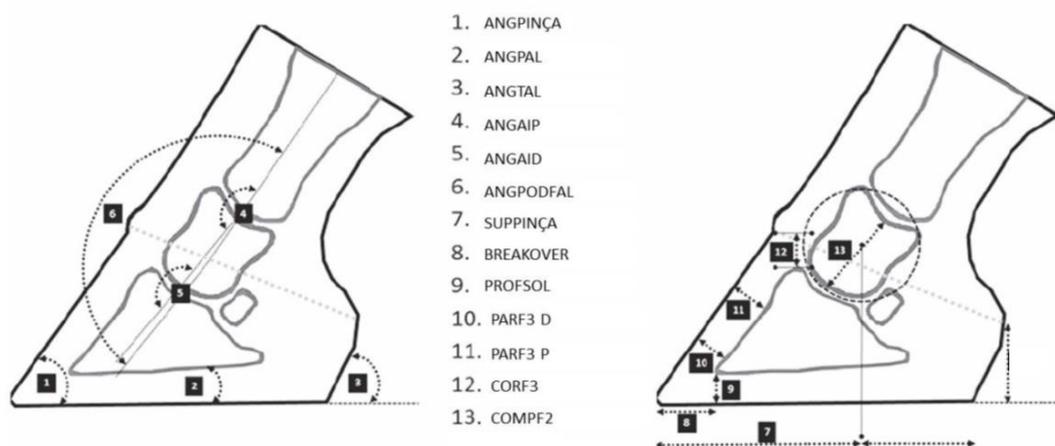
1064 Análises das fotografias laterais do casco foram realizadas através do programa
1065 computacional Metron Hoof-Pro4. Conforme indicado pelo programa e descrito por
1066 Dyson et al. (2011b), foram mensurados os ângulos do casco, ângulos de talão, desvios
1067 da muralha dorsal, altura e comprimento de talão e comprimento do casco. Foram ainda
1068 mensuradas a altura da banda coronária dorsal e o comprimento de muralha dorsal
1069 conforme proposto por Dyson et al. (2011a).

1070 *Avaliações radiográficas*

1071 A análise das imagens obtidas pelas projeções lateromedial do casco tiveram o objetivo
1072 de determinar a relação espacial que as falanges proximal, média e distal apresentavam
1073 entre si e entre o estojo córneo e falange distal. Todas as mensurações radiográficas foram
1074 realizadas por um mesmo avaliador através do programa computacional Metron Hoof-
1075 Pro4, após prévia avaliação da repetibilidade. A correção do fator de ampliação foi feita
1076 pela calibração do marcador radiopaco fixado na face dorsal da muralha.

1077 Conforme indicado pelo programa Metron Hoof-Pro4 e descrito por Parks e Belknap
1078 (2017) e Riedesel (2013), foram obtidas as medidas para as seguintes variáveis: ângulo

1079 de pinça (ANGPINÇA); ângulo palmar (ANGPAL); ângulo do talão e o solo (ANGTAL);
 1080 ângulo da articulação interfalangeana proximal (ANGAIP); ângulo da articulação
 1081 interfalangeana distal (ANGAID); ângulo do eixo podofalangeano (ANGPODFAL),
 1082 percentual de área de apoio suportada pela pinça (SUPPINÇA), distância de breakover
 1083 (BREAKOVER), profundidade ou espessura de sola (PROFSOL), distâncias entre a
 1084 superfície dorsal da falange distal e a muralha do casco na região distal (PARF3 D) e na
 1085 região proximal (PARF3 P), distância entre os planos horizontais da face dorsal da banda
 1086 coronária e o ápice do processo extensor da falange distal (CORF3), comprimento da
 1087 falange média (COMPF2) e ângulo entre as superfícies dorsais da falange distal e
 1088 muralha dorsal do casco (ANGROT) (Figura 03).



1089
 1090 Figura 03: Representação esquemática das medidas da vista lateral do casco, sendo: 1. Ângulo de pinça
 1091 (ANGPINÇA); 2. Ângulo palmar (ANGPAL); 3. Ângulo do talão (ANGTAL); 4. Ângulo da articulação
 1092 interfalangeana proximal (ANGAIP); 5. Ângulo da articulação interfalangeana distal (ANGAID); 6.
 1093 Ângulo do eixo podofalangeano (ANGPODFAL); 7. Suporte de pinça (SUPPINÇA); 8. Distância de
 1094 breakover (BREAKOVER); 9. Profundidade de sola (PROFSOL); 10. Distâncias entre a superfície dorsal
 1095 da falange distal e muralha do casco na região distal (PARF3 D); 11. Distâncias entre a superfície dorsal da
 1096 falange distal e muralha do casco na região proximal (PARF3 P); 12. Distância entre banda coronária e
 1097 processo extensor da terceira falange (afundamento) (CORF3); 13. Comprimento da falange (COMPF2)
 1098 ângulo de rotação da terceira falange (ANGROT). Adaptado de Magalhães (2022).

1099 As imagens radiográficas dos boletos foram analisadas com objetivo de verificar
 1100 alterações características de lesões do desenvolvimento ou degenerativas. Os parâmetros
 1101 avaliados e seus respectivos escores de graduação foram estabelecidos de acordo com
 1102 metodologia previamente descrita.

1103 Para graduação das lesões do boleto, Kirker-Head et al. (2000) desenvolveram um sistema
1104 onde padronizaram a classificação de 0 a 5 para esclerose do osso subcondral,
1105 irregularidades ósseas, redução do espaço articular e fragmento osteocondral, sendo, a
1106 graduação da esclerose do osso subcondral classificada desde não detectada a extensa
1107 esclerose envolvendo toda a placa subcondral epífise. A graduação das irregularidades
1108 ósseas foi classificada de ausência de irregularidades ósseas a severa lise ou erosão
1109 estendendo-se para a epífise, com esclerose e periostite. Para redução do espaço articular
1110 a classificação foi desde um espaço articular considerado normal à anquilose ou ponte
1111 trabecular da articulação. Para evidência de fragmento osteocondral a graduação foi desde
1112 ausência de fragmento osteocondral a múltiplos fragmentos osteocondrais ou
1113 fragmentação com resposta proliferativa avançada.

1114 A graduação da osteofitose e enteseofitose articular foi realizada por diferentes
1115 metodologias, sendo utilizada uma classificação estabelecida a partir de uma análise
1116 subjetiva quanto ao tamanho e aspecto dos osteófitos e enteseófitos padronizadas por
1117 Trumble et al. (2008).

1118 A osteólise supracondilar na cortical do metacarpo III foi classificada como osteólise
1119 ausente ou presente, conforme descrito por Olive et al. (2010).

1120 A avaliação dos sesamoides proximais também faz parte do exame radiográfico do boleto
1121 (Bramlage, 2009). A sesamoidite indica uma inflamação no aspecto abaxial proximal do
1122 osso sesamoide proximal, região da inserção do ligamento suspensório e pode ser
1123 diagnosticada desde pela identificação de alargamento e alteração da forma dos canais
1124 vasculares do osso sesamoide, até, em casos mais avançados, proliferação óssea para o(s)
1125 ramo(s) do ligamento suspensório (Kane et al., 2003; Bramlage, 2009). A classificação
1126 dos sesamoides foi realizada conforme descrito por Plevin et al. (2016), variando de 0 a
1127 5 de acordo com quantidade, espessura e paralelismo dos canais vasculares e regularidade
1128 da borda axial, sendo os classificados acima de 2, considerados alterados.

1129 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1130 BRAMLAGE, L. R. Part I: Operative orthopedics of the fetlock joint of the horse:
1131 Traumatic and developmental diseases of the equine fetlock joint. Proc. American
1132 Association Equine Practitioners, v. 55, p. 96 – 143, 2009.

- 1133 DYSON, S.; TRANQUILLE, C. A.; COLLINS, S. N. et al. An investigation of the
1134 relationships between angles and shapes of the hoof capsule and the distal phalanx.
1135 Equine Veterinary Journal, v. 43, n. 3, p. 295 – 301, 2011a.
- 1136 DYSON, S.; TRANQUILLE, C. A.; COLLINS, S. N. et al. External characteristics of the
1137 lateral aspect of the hoof differ between non-lame and lame horses. The Veterinary
1138 Journal, v. 190, p. 364–371, 2011b.
- 1139 HENNEKE, D. R.; POTTER, GD; KREIDER, J. L. et al. Relationship between condition
1140 score, physical measurements and body fat percentage in mares. Equine Veterinary
1141 Journal. V. 15, n. 4, p. 371 – 372, 1983.
- 1142 KANE, A. J., PARK, R. D., MCLLWRAITH, C. W., et al. Radiographic changes in
1143 Thoroughbred yearlings. Part 1: Prevalence at the time of the yearling sales. Equine
1144 veterinary journal, v. 4, p. 354 – 365, 2003.
- 1145 KIRKER-HEAD, C. A.; CHANDNA, V. K.; AGARWAL, R. K. et al. Concentrations of
1146 substance P and prostaglandin E2 in synovial fluid of normal and abnormal joints of
1147 horses. American Journal of Veterinary Research, v. 61, n. 6, p. 714-718, 2000.
- 1148 MAGALHÃES, J. F. Características corporais, adiposidade, morfometria radiológica do
1149 casco e avaliação radiográfica e ultrassonográfica do boleto de equinos Mangalarga
1150 Marchador de alto desempenho. Tese (Doutorado), Curso de Medicina Veterinária –
1151 Ciência Animal, Universidade Federal de Minas Gerais, 2022.
- 1152 OLIVE, J.; D’ANJOU, M. A.; ALEXANDER, K. et al. Comparison of magnetic
1153 resonance imaging, computed tomography and radiography for assessment of
1154 noncartilagnious changes in equine metacarpophalangeal osteoarthritis. Veterinary
1155 Radiology & Ultrasound, v. 51, n. 3, p. 267 – 279, 2010.
- 1156 PARKS, A. The foot and shoeing. In: Diagnosis and Management of Lameness in the
1157 Horse, ROSS, M. W.; Dyson, S. J. 2 ed. Ed. Elsevier Saunders, St. Louis, p. 282 – 309,
1158 2011.
- 1159 PARKS, A. H.; BELKNAP, J. P. Diagnostic Imaging. In: BELKNAP, J. P.; GEOR, R.
1160 Equine Laminitis. New Dellhi. Wiley Blackwell, 2017, 454p.

1161 PLEVIN, S.; McLELLAN, J.; O'KEEFFE, T. Association between sesamoiditis,
1162 subclinical ultrasonographic suspensory ligament branch change and subsequent clinical
1163 injury in yearling Thoroughbreds. *Equine Veterinary Journal*, n.48, p. 543 – 547, 2016.

1164 RIEDESEL, E. A. The Equine Phalanges. In: THRALL, D.E. *Textbook of veterinary*
1165 *diagnostic radiology*. 6ed. St. Louis. Saunders, 2013, 758p.

1166 ROSS, M. W.; MCLLWRAITH, C. W. Conformation and lameness. In: *Diagnosis and*
1167 *Management of Lameness in the Horse*, ROSS, M. W.; Dyson, S. J. 2 ed. Ed. Elsevier
1168 Saunders, St. Louis, p. 15 - 32, 2011.

1169 TRUMBLE, T. N.; BROWN, M. P.; MERRITT, K. A. et al. Joint dependent
1170 concentrations of bone alkaline phosphatase in serum and synovial fluids of horses with
1171 osteochondral injury: an analytical and clinical validation. *Osteoarthritis Cartilage*, v. 16,
1172 n. 7, p. 779 – 786, 2008.

1173

1174

1175

1176

1177

1178

1179

1180

1181

1182

1183

1184

1185

1186

1187

1188

1189

1190

CAPÍTULO III

ANÁLISE DESCRITIVA E COMPARATIVA DAS MEDIDAS RADIOGRÁFICAS E MORFOLÓGICAS DOS CASCOS DOS MEMBROS TORÁDICOS DE EQUINOS PURO SANGUE INGLÊS EM COMPETIÇÃO NO JOCKEY CLUBE DE SÃO PAULO

1. INTRODUÇÃO

1197 Idealmente, a parede dorsal do casco e a face dorsal da quartela devem formar o mesmo
1198 ângulo com o solo, de modo que o ângulo entre eles seja de 180° e o eixo seja considerado
1199 linear (Parks, 2003). É também importante que essa conformação do eixo podofalangeano
1200 entre casco quartela se apresente ainda um alinhamento de 180° entre as três falanges
1201 formando assim, o eixo podofalangeano linear (Parks, 2011).

1202 Entretanto, os cavalos PSI de corrida são mundialmente famosos pela presença de cascos
1203 distorcidos (Redden, 2003b). Estudos conduzidos nos Estados Unidos relataram
1204 prevalências de até 97,2% dos animais da raça em atividade esportiva apresentando
1205 conformação inadequada de casco (Balch et al., 2001).

1206 No Brasil, estudos conduzidos pelo Grupo de Pesquisa EQUINOVA UFMG têm
1207 demonstrado que essa alta prevalência de distorções no casco também ocorre em cavalos
1208 de diferentes raças nacionais e sul-americanas, como Crioulo (Paz et al., 2013),
1209 Mangalarga Marchador (Magalhães et al., 2014), Campolina (Magalhães et al., 2019) e
1210 em equinos de patrulhamento (Xavier et al., 2014). Mais recentemente, em um amplo
1211 trabalho realizado no Mangalarga Marchador por Magalhães et al. (2022) demonstrou
1212 uma correlação entre a ocorrência de distorções no casco e lesões no boleto dessa raça.

1213 Nas raças nacionais, a ocorrência do problema tem sido associada a práticas inadequadas
1214 de manejo, treinamento e casqueamento e ao desequilíbrio nutricional na dieta fornecida.
1215 Tais associações se sustentam ao identificar nesses animais sinais de obesidade e de
1216 desequilíbrio no estojo córneo (Paz et al., 2013; Magalhães et al., 2014; Xavier et al.,
1217 2014; Magalhães et al., 2017; Magalhães et al., 2022).

1218 Já no PSI, acredita-se que os talões escorridos podem ser uma característica hereditária
1219 na raça. Devido a esta alta prevalência, alguns veterinários chegam a crer que a condição
1220 é uma variação normal do casco, e não um desvio patológico (Balch et al., 2001).

1221 Contudo, tal situação não se sustenta devido a várias evidências mostrando associações
1222 entre os desvios de casco e maior prevalência de claudicações em diferentes focos (Kane
1223 et al., 1998; Eliashar et al. 2004). O aumento das diferenças dos ângulos do casco, com
1224 redução do ângulo do talão, pode predispor cavalos de corrida a falhas no aparato
1225 suspensório e doença musculoesquelética devido menor capacidade de resistência à
1226 compressão e elevação da tração na face palmar do membro. Ainda mais grave, talões
1227 escorridos têm sido associados a óbito após lesões catastróficas do aparato suspensor em
1228 cavalos de corridas (Balch et al., 2001).

1229 Além da alteração da conformação morfológica do casco, veterinários podologistas
1230 também têm relatado uma alta prevalência de ângulo palmar negativo no PSI de corrida,
1231 o que acarreta sobrecarga do aparato podotroclear, comprometendo sua função e
1232 predispondo a lesões (Redden, 2003b; Dyson et al., 2011).

1233 Com a hipótese de que, à semelhança de estudos internacionais, a população de equinos
1234 PSI em atividade esportiva no Jockey Club de São Paulo possui elevada prevalência de
1235 distorções de cascos, o objetivo foi caracterizar morfológicamente o dígito torácico desses
1236 animais por meio de avaliações de imagens fotográficas e radiográficas.

1237 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

1238 O estudo foi realizado em parceria com a Clínica Veterinária Equine Center e utilizou 59
1239 equinos da raça Puro Sangue Inglês de corrida que eram frequentemente acompanhados
1240 por veterinário e não apresentavam claudicação aparente. Conforme descrito no capítulo
1241 II, a parceria permitiu a avaliação de equinos de ambos os sexos e idade entre três e quatro
1242 anos em atividade esportiva no Jockey Clube de São Paulo no ano de 2022. Para esta
1243 coleta de dados, os veterinários responsáveis pelos animais assinaram um termo de
1244 consentimento livre e esclarecido, de acordo instruções do CEUA/UFMG (protocolo
1245 CEUA 221/2022).

1246 Para avaliação e obtenção das medidas radiográficas e morfológicas do casco, foram
1247 utilizadas as imagens obtidas conforme descrito no Capítulo II.

1248 Inicialmente foram analisadas as fotografias laterais do dígito para classificação visual do
1249 eixo formado entre a muralha dorsal do casco e quartela. Foram classificados como eixo
1250 podofalangeano linear os que visualmente apresentavam linearidade entre o ângulo dorsal
1251 do casco e o ângulo dorsal da quartela. Os dígitos que visualmente apresentavam o ângulo

1252 dorsal do casco menor que o ângulo dorsal da quartela foram classificados como
1253 apresentando o eixo podofalangeano quebrado para trás. Em oposição, os dígitos que
1254 visualmente apresentavam o ângulo dorsal do casco maior que o ângulo dorsal da quartela
1255 seriam classificados como apresentando o eixo podofalangeano quebrado para frente
1256 (Figura 04).

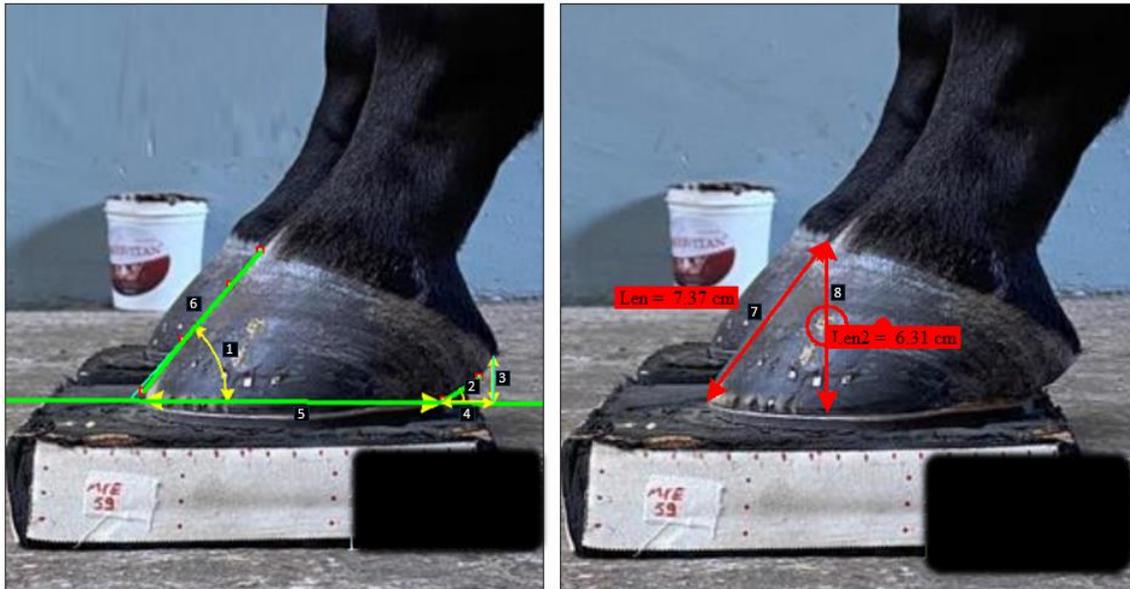


1257

1258 Figura 04: Fotografia lateral do dígito para classificação visual do eixo formado entre a muralha dorsal do
1259 casco e a quartela. (A) Eixo podofalangeano linear. (B) Eixo podofalangeano quebrado para trás.

1260 As fotografias foram ainda analisadas pelo método guiado do programa computacional
1261 Metron Hoof-Pro4 para obtenção das medidas de ângulo de pinça, ângulo de talão, altura
1262 do talão, distância bulbo talão, comprimento da sola, alinhamento da muralha dorsal,
1263 comprimento da muralha dorsal e altura coroa dorsal (Figura 05).

1264



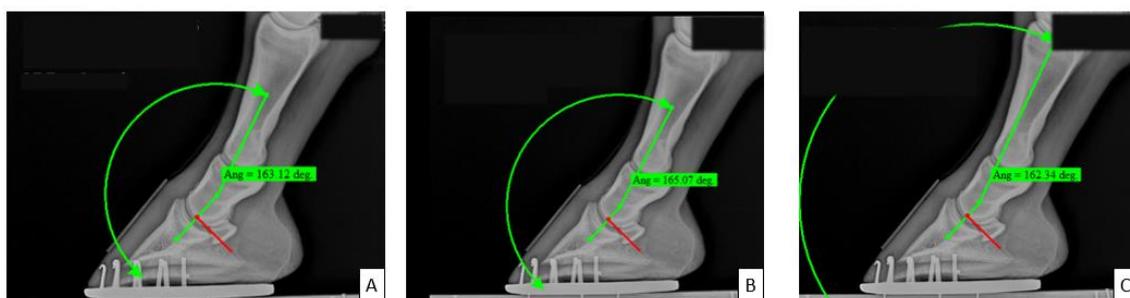
1265

1266 Figura 05: Parâmetros morfométricos do casco obtidos pelo programa computacional Metron Hoof-Pro4,
 1267 sendo: 1. Ângulo de pinça; 2. Ângulo de talão; 3. Altura do talão; 4. Distância bulbo talão; 5. Comprimento
 1268 da sola; 6. Alinhamento da muralha dorsal; 7. Comprimento da muralha dorsal e 8. Altura da coroa dorsal.

1269 Após avaliação visual, através da radiografia latero-medial foi possível avaliar
 1270 isoladamente o ângulo formado pela articulação interfalangeana proximal e pela
 1271 articulação interfalangeana distal, assim como o paralelismo entre todas as três falanges,
 1272 que é a mensuração mais aceita para avaliar o equilíbrio do casco (O'Grady e Poupard,
 1273 2003).

1274 No presente estudo, para avaliação do alinhamento entre as três falanges e definição do
 1275 ângulo formado entre elas foram ainda utilizadas outras três metodologias. A primeira
 1276 metodologia utilizada para mensuração do ângulo podofalangeano (ANGPODFAL (°)
 1277 CENTF2) foi a descrita por Luz (2019), onde o ponto inicial, que marca o fulcro do eixo,
 1278 é colocado no centro da falange média. Partindo desse ponto foi traçada uma linha
 1279 progredindo no sentido proximal até o centro da falange proximal e uma linha distal
 1280 progredindo paralela à borda dorsal da falange distal, o ângulo dorsal formado representa
 1281 o alinhamento entre as três falanges. A segunda e terceira metodologias foram relatadas
 1282 por veterinários podologistas. Sendo assim, foram realizadas com o intuito de comparar
 1283 seus resultados com os apresentados pela metodologia descrita anteriormente na
 1284 literatura. Na segunda metodologia (ANGPODFAL (°) CENTBC), onde o ponto do fulcro
 1285 do eixo foi colocado no eixo central da falange média na altura da banda coronária e os
 1286 eixos proximal e distal progrediram conforme descrito na primeira metodologia. Para a
 1287 terceira metodologia de avaliação (ANGPODFAL (°) CENTBCMTF), o ponto do fulcro

1288 do eixo foi colocado no eixo central da falange média na altura da banda coronária e a
 1289 linha traçada para progressão proximal avançou até o centro da articulação
 1290 metacarpofalangeana. A linha distal progrediu paralela à borda dorsal da falange distal
 1291 (Figura 06).



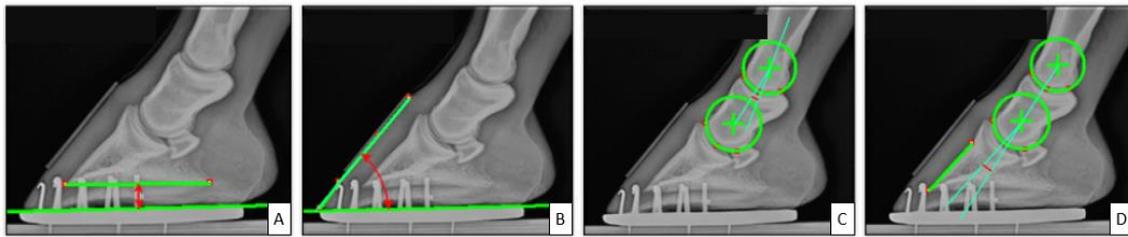
1292

1293 Figura 06: Avaliação do alinhamento entre as falanges para definição do ângulo podofalangeano formado
 1294 pelos métodos: (A) Fulcro do eixo colocado no centro da falange média, progredindo proximalmente até o
 1295 centro da falange proximal e distalmente paralelo à borda dorsal da falange distal (ANGPODFAL (°)
 1296 CENTF2); (B) Fulcro do eixo colocado no centro da falange média, na altura da banda coronária,
 1297 progredindo proximalmente até o centro da falange proximal e distalmente paralelo à borda dorsal da
 1298 falange distal (ANGPODFAL (°) CENTBC) e (C) Fulcro do eixo colocado no centro da falange média, na
 1299 altura da banda coronária, progredindo proximalmente até o centro da articulação metacarpofalangeana e
 1300 distalmente paralelo à borda dorsal da falange distal (ANGPODFAL (°) CENTBCMTF).

1301 Todas as mensurações radiográficas foram realizadas por um mesmo avaliador através do
 1302 programa computacional Metron Hoof-Pro4, após prévia avaliação da repetibilidade.

1303 Para correção do fator de ampliação, inicialmente foi feita calibração do marcador
 1304 radiopaco fixado na face dorsal da muralha.

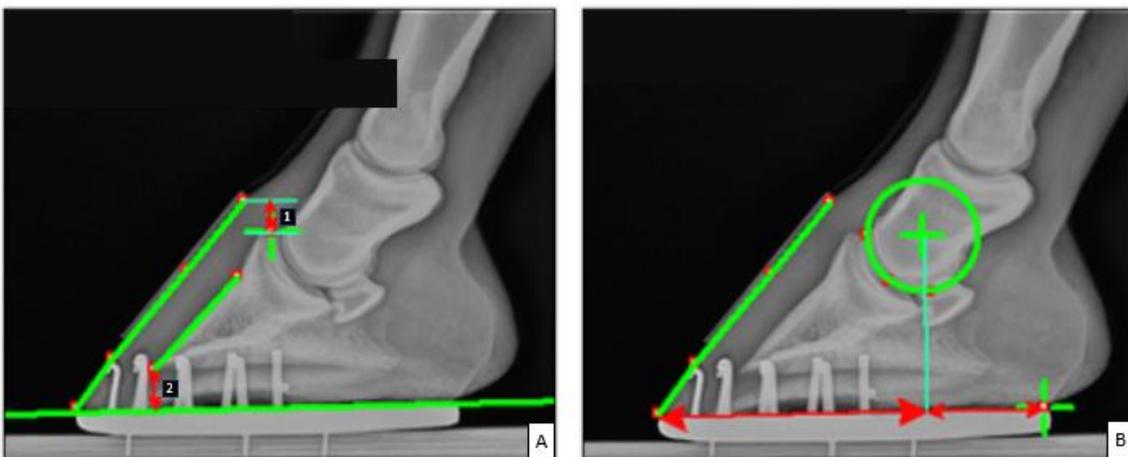
1305 No método guiado pelo Metron Hoof-Pro4 e conforme descrito por Craig et al., (2001) e
 1306 Parks e Belknap (2017), foram mensurados os seguintes ângulos: ângulo palmar
 1307 (ANGPAL), que foi definido pelo ângulo formado entre a superfície solear da falange
 1308 distal e o solo e ângulo de pinça (ANGPINÇA), definido pela medida do ângulo formado
 1309 entre uma linha traçada na muralha dorsal do casco e o solo. Foram também mensurados
 1310 os ângulos das articulações interfalangeanas proximais (ANGAIP) e das articulações
 1311 interfalangeanas distais (ANGAID) pela demarcação do centro de rotação (CR) de cada
 1312 uma das articulações através de três pontos demarcados no aspecto distal das falanges
 1313 proximal e média, passando exatamente pelos espaços articulares. Os três pontos
 1314 demarcados em cada articulação atuaram como um guia, dando origem a círculos, onde
 1315 o ponto central de cada círculo foi o CR de cada articulação (Figura 07).



1316

1317 Figura 07: Ângulos avaliados no método guiado pelo programa computacional Metron Hoof-Pro4, sendo:
 1318 (A) Ângulo palmar (ANGPAL); (B) Ângulo de pinça (ANGPINÇA); (C) Ângulo da articulação
 1319 interfalangeana proximal (ANGAIP) e (D) Ângulo da articulação interfalangeana distal (ANGAID).

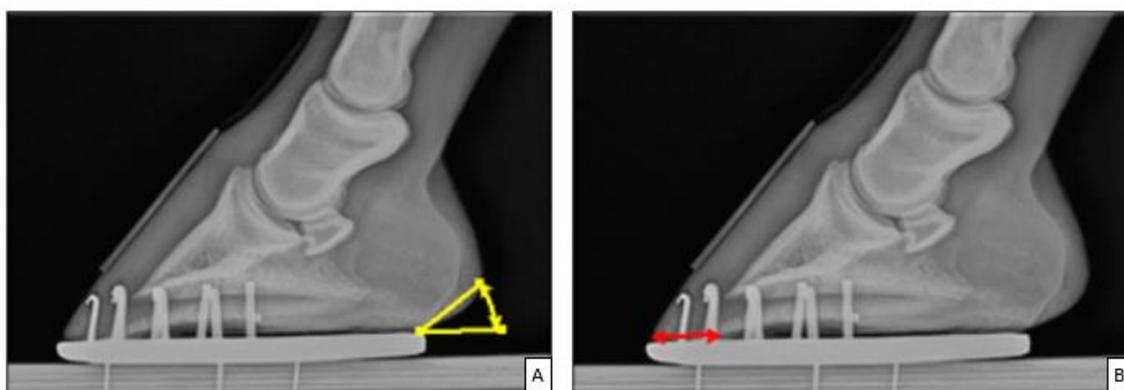
1320 Ainda seguindo o método guiado pelo Metron Hoof-Pro4 e conforme descrito por Craig
 1321 et al., (2001) e Parks e Belknap (2017), foram mensuradas as seguintes variáveis:
 1322 distância entre os planos horizontais da face dorsal da banda coronária e o ápice do
 1323 processo extensor da falange distal (CORF3); profundidade ou espessura de sola
 1324 (PROFSOL) pela medida vertical entre o ápice da superfície distal da terceira falange e a
 1325 sola do casco; espessura da parede dorsal do casco pela mensuração das distâncias entre
 1326 a superfície dorsal da falange distal e a muralha do casco na região proximal (PARF3 P),
 1327 marcada logo abaixo do processo extensor, e na região distal (PARF3 D); percentual de
 1328 área de apoio suportada pela pinça (SUPPINÇA) determinado por uma linha vertical
 1329 traçada a partir do centro de rotação da falange média, descendo perpendicular ao solo,
 1330 dividindo a sola do casco em duas partes, sendo a porção dorsal a esta linha chamada de
 1331 suporte da pinça, e medida do comprimento da falange média (COMPF2) (Figura 08).



1332

1333 Figura 08: Parâmetros métricos avaliados no método guiado pelo programa computacional Metron Hoof-
 1334 Pro4, sendo: (A) indicado pelo número 01 a distância entre a face dorsal da banda coronária e o ápice do
 1335 processo extensor da terceira falange (CORF3) e pelo número 02 a profundidade de sola (PROFSOL) e (B)
 1336 percentual de área de apoio suportada pela pinça (SUPPINÇA).

1337 Pelo método de mensuração livre foram definidas as medidas de ângulo de talão
 1338 (ANGTAL) pelo ângulo formado entre uma linha traçada no talão e o solo; ângulo de
 1339 rotação (ANGROT) pelo ângulo formado entre as superfícies dorsais da muralha dorsal
 1340 do casco e da falange distal; ângulo do eixo podofalangeano (ANGPODFAL) e medida
 1341 da distância de breakover (BREAKOVER) pela distância entre o ponto mais dorsal da
 1342 falange média e o ponto mais dorsal do casco (Figura 09).



1343
 1344 Figura 09: Parâmetros avaliados por mensuração livre no programa computacional Metron Hoof-
 1345 Pro4, sendo: (A) Ângulo de talão (ANGTAL) e (B) Distância de breakover (BREAKOVER).

1346 Realizou-se análise descritiva de todas as variáveis numéricas e categóricas. Para as
 1347 variáveis numéricas, foram calculados os principais índices de estatística descritiva (e.g.
 1348 média, mediana, desvio-padrão, coeficiente de variação e quartis). Para as variáveis
 1349 categóricas foram calculadas as frequências relativas e absolutas para cada classe. Foram
 1350 utilizados o pacote estatístico Prism 9.3.0 (GraphPad Software LCC), considerando-se
 1351 um nível de significância de $P < 0,05$.

1352 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1353 Inicialmente foram analisadas as fotografias laterais do dígito para classificação visual do
 1354 eixo formado entre a muralha dorsal do casco e quartela. Foram avaliadas 117 imagens
 1355 devido perda de parcela de três amostras fotográficas. Dos animais avaliados, 44,8%
 1356 foram classificados como apresentando eixo podofalangeano linear, pois considerou-se
 1357 que, visualmente esses animais apresentavam linearidade entre o ângulo dorsal do casco
 1358 e o ângulo dorsal da quartela. Os demais 55,2% dos animais avaliados foram classificados
 1359 como apresentando o eixo podofalangeano quebrado para trás, pois visualmente
 1360 apresentavam o ângulo dorsal do casco menor que o ângulo dorsal da quartela. Nenhum
 1361 animal foi classificado como apresentando o eixo podofalangeano quebrado para frente.

1362 Idealmente, a parede dorsal do casco e a face dorsal da quartela devem formar o mesmo
 1363 ângulo com o solo, de modo que o ângulo entre eles seja de 180° e o eixo seja considerado
 1364 linear (Parks, 2003). Sendo assim, 55,2% dos animais apresentavam alteração na
 1365 classificação visual do eixo podofalangeano.

1366 As demais avaliações foram realizadas através do programa computacional Metron Hoof-
 1367 Pro4 e os resultados estão apresentados em três tabelas: morfologia externa do casco (Tab.
 1368 1), morfologia radiográfica (Tab. 2) e eixo podofalangeano calculado por três diferentes
 1369 métodos (Tab.3).

1370 **Tabela 1.** Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média (EPM), mínimo (MIN), quartil 1
 1371 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (MAX) e variação de variáveis morfométricas do casco de equinos
 1372 PSI do Jockey Club de São Paulo.

MORFOLOGIA DO CASCO										
MEDIDA	N	MÉDIA	DPM	EPM	MIN	Q1	MEDIANA	Q3	MAX	VARIAÇÃO
Ângulo de Pinça (°)	117	50,26	2,63	0,24	40,45	48,62	50,49	51,84	56,57	16,12
Alinhamento Dorsal (cm)	117	0,36	0,21	0,02	0,03	0,21	0,32	0,47	1,57	1,54
Ângulo de Talão (°)	117	30,51	7,69	0,71	10,52	25,22	30,6	35,74	48,35	37,83
Altura da coroa dorsal (cm)	117	6,37	0,41	0,038	5,54	6,10	6,34	6,62	7,7	2,16
Altura do Talão (cm)	117	1,86	0,38	0,04	0,85	1,62	1,8	2,145	2,84	1,99
Comprimento da sola (cm)	117	10,61	0,54	0,05	9,52	10,22	10,59	10,97	12,23	2,71
Distância Bulbo Talão (cm)	117	2,16	0,45	0,042	1	1,91	2,16	2,485	3,49	2,49
Comprimento Muralha dorsal (cm)	117	7,50	0,52	0,05	6,11	7,16	7,44	7,82	9,03	2,92

1373 Na tabela 1 destacam-se o ângulo de pinça, ângulo de talão, altura da coroa dorsal, altura
 1374 do talão, comprimento da sola e comprimento da muralha dorsal, obtidos pelo Metron
 1375 Hoof-Pro4. Os resultados de maior relevância serão discutidos abaixo.

1376 Os animais avaliados no presente estudo apresentaram a média (\pm DPM) do ângulo de
 1377 pinça casco pela análise morfológica de 50,26° (\pm 2,62). Esse valor é próximo ao descrito
 1378 por Dyson et al. (2011) no Reino Unido, que encontraram média de 52,2° (\pm 3,7) na análise
 1379 morfológica de cascos de 25 equinos de diversas raças sem sinais de claudicação. Porém,
 1380 abaixo das médias (\pm EPM) de 55,6° \pm 0.3 verificadas para 75 equinos PSI em treinamento
 1381 na Nova Zelândia (Labuschagne et al., 2017) e das médias (\pm DPM) de 18 equinos
 1382 Standardbred (55.1° \pm 1.9) nos EUA (Faramarzi et al., 2018).

1383 Para ângulo de talão, a média encontrada foi de $30,51^\circ (\pm 7,69)$, chegando a apresentar
1384 um valor mínimo de $10,52^\circ$. Essa variável apresentou grande divergência do valor médio
1385 de $43,5^\circ (\pm 6,3)$ descrito por Dyson et al. (2011), como também dos descritos para PSI
1386 ($41,5 \pm 1,4$, Labuschagne et al., 2017) e Standardbred ($50,6 \pm 5,8$, Faramarzi et al., 2018).

1387 As médias para ângulo de pinça e para ângulo de talão também apresentam diferença de
1388 $19,75^\circ$ entre si, em valores bem superiores aos relatados nos estudos raças diversas ($8,7^\circ$)
1389 e Standardbred ($4,5^\circ$), respectivamente no Reino Unido e EUA (Dyson et al., 2011;
1390 (Faramarzi et al., 2018) e ainda bem superiores aos PSI ($14,1^\circ$) (Labuschagne et al., 2017).
1391 Sabendo que em variações acima de 5° os animais são classificados como apresentando
1392 talões escorridos (Kane et al., 1998; Eliashar et al., 2004), os achados do presente estudo
1393 são alarmantes e corroboram com o achado descrito anteriormente em cavalos de corrida
1394 dos Estados Unidos, onde tem sido descritas prevalências de até 97,2% de talões
1395 escorridos no PSI de corrida (Balch et al., 2001).

1396 Na população estudada, o comprimento da face dorsal da muralha foi de 7,5 cm ($\pm 0,52$).
1397 Valor abaixo do descrito em cavalos PSI de corrida por Labuschagne (2017) que
1398 encontrou média de 8,66 cm ($\pm 0,6$). Faramarzi et al. (2018) também encontraram médias
1399 superiores, tendo descrito comprimento médio da face dorsal da muralha de 8,5 cm ($\pm 0,5$)
1400 cavalos Standardbred.

1401 O comprimento de sola encontrado no presente estudo foi de 10,61 cm ($\pm 0,54$). Média
1402 também inferior ao descrito em cavalos de corrida. Faramarzi et al. (2018) encontraram
1403 uma média de 12,5 cm ($\pm 1,2$) como comprimento médio de sola em animais da raça
1404 Standardbred.

1405

1406

1407

1408

1409

1410

1411 **Tabela 2.** Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média (EPM), mínimo (mín), quartil 1
 1412 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação de variáveis radiográficas do casco de equinos PSI
 1413 do Jockey Club de São Paulo.

RADIOGRAFIA DO CASCO

MEDIDA	N	MÉDIA	DPM	EPM	MIN	Q1	MEDIANA	Q3	MAX	VARIAÇÃO
CORF3 (CM)	117	0,98	0,23	0,02	0,41	0,84	0,98	1,12	1,52	1,11
PARF3 P (CM)	117	1,44	0,13	0,01	1,06	1,35	1,44	1,52	1,81	0,75
PARF3 D (CM)	117	1,27	0,14	0,01	0,91	1,19	1,27	1,33	1,75	0,84
PROFSOL (CM)	117	1,66	0,28	0,03	1,19	1,47	1,64	1,81	2,50	1,31
SUPPINÇA (%)	117	67,59	3,41	0,32	59,56	65,17	67,18	69,74	75,88	16,32
ANGPINÇA (°)	117	48,76	2,32	0,21	43,74	46,99	48,50	50,59	54,21	10,47
ANGPALM(°)	117	-0,38	2,01	0,19	-7,07	-1,49	-0,37	0,85	3,72	10,79
ANGAIP (°)	117	8,13	3,28	0,30	0,13	6,03	8,19	10,57	18,15	18,02
ANGAID (°)	117	11,78	5,44	0,50	-2,58	8,87	11,98	15,42	23,92	26,50
COMPF2 (CM)	117	4,55	0,24	0,02	3,99	4,38	4,55	4,70	5,12	1,13
BREAKOVER (CM)	117	2,59	0,35	0,03	1,62	2,37	2,58	2,83	3,64	2,02
ANGROT (°)	117	-2,03	1,66	0,15	-3,7	1,04	1,98	3,31	5,4	9,10
ANG.TALÃO	117	32,81	5,66	0,52	21,03	29,74	32,65	35,65	55,49	34,46

1414 Distância entre banda coronária e processo extensor da falange distal (afundamento) (CORF3); distâncias
 1415 entre a parede dorsal do casco e a superfície dorsal da falange distal proximal (PARF3 P) e distal (PARF3
 1416 D); profundidade de sola (PROFSOL); suporte de pinça (SUPPINÇA), ângulo de pinça (ANGPINÇA);
 1417 ângulo palmar (ANGPAL); ângulo da articulação interfalangeana proximal (ANGAIP) e ângulo da
 1418 articulação interfalangeana distal (ANGAID); comprimento da falange média (COMPF2); distância de
 1419 breakover (BREAKOVER); ângulo de rotação da falange distal (ANGROT); ângulo do talão (ANGTAL).

1420 A tabela 2 demonstra a avaliação de 117 imagens radiográficas do casco devido perda de
 1421 parcela de três amostras. Destacam-se a distância entre banda coronária e processo
 1422 extensor da falange distal (afundamento, CORF3), distâncias entre a parede dorsal do
 1423 casco e a superfície dorsal da falange distal proximal (PARF3 P) e distal (PARF3 D),
 1424 profundidade de sola (PROFSOL), suporte de pinça (SUPPINÇA), ângulo de pinça
 1425 (ANGPINÇA), ângulo palmar (ANGPAL), ângulo da articulação interfalangeana
 1426 proximal (ANGAIP) e ângulo da articulação interfalangeana distal (ANGAID) obtidos
 1427 pelo método guiado pelo Metron Hoof-Pro4 e os seguintes parâmetros obtidos pela
 1428 mensuração livre: distância de breakover (BREAKOVER), ângulo de rotação da falange
 1429 distal (ANGROT) e ângulo do talão (ANGTAL). Os resultados de maior relevância serão
 1430 discutidos abaixo.

1431 Na população estudada, a média (\pm DPM) da distância entre banda coronária e processo
 1432 extensor (CORF3) foi de 0,98 cm (\pm 0,23). Os valores considerados normais para esse
 1433 parâmetro variam de 0,2 a 1,5 cm (Sherlock e Parks, 2013). No presente trabalho, nenhum
 1434 animal apresentou CORF3 abaixo de 0,2 cm e mais da metade da população (52%)

1435 apresentou CORF3 acima de 1cm, com apenas 1% dos animais apresentando distância
1436 acima do valor de normalidade de 1,5 cm, sendo 1,52 o maior valor encontrado.

1437 A medida de afundamento da terceira falange (CORF3) é uma importante mensuração
1438 para avaliação de laminite em equinos. E embora varie de acordo com as características
1439 individuais, raça e tamanho do cavalo, não sofre influência do casqueamento e, por isso,
1440 é considerada como uma das mais efetivas para avaliar o deslocamento da movimentação
1441 da falange distal (Kummer et al., 2006). Cripps e Eustace (1999) encontraram uma média
1442 de 0,52 cm para esse parâmetro em cavalos da raça PSI, enquanto Kummer et al. (2006),
1443 avaliando raças de cavalos de sangue quente encontrou média de 1,1 cm, estando essas
1444 médias, assim como no presente estudo, dentro dos parâmetros considerados normais para
1445 CORF3. Estudos realizados em raças nacionais, encontraram uma média de 0,98 cm
1446 ($\pm 0,32$ cm) para uma população de equinos Mangalarga Marchador de alta performance
1447 (Magalhães, 2022). Porém, quando comparado éguas Campolina adultas com e sem sinais
1448 de obesidade, Magalhães et al. (2019) encontraram uma média de 1,02 cm ($\pm 0,22$) em
1449 éguas com score corporal adequado, e 1,23 cm ($\pm 0,25$) para éguas obesas.

1450 As distâncias entre a parede dorsal do casco e a superfície dorsal da falange distal nas
1451 porções proximais e distais (PARF3 P e PARF3 D) fornecem importante informação sobre
1452 a espessura da parede dorsal do casco e rotação da falange distal. Nos equinos estudados,
1453 foi encontrada uma média de 1,44cm ($\pm 0,13$) para as distâncias entre a superfície dorsal
1454 da falange distal e a muralha do casco na região proximal (PARF3 P) e 1,27cm ($\pm 0,14$)
1455 na região distal (PARF3 D). As medidas de PARF3 P e PARF3 D devem variar de 1,4 a
1456 2,2 cm, podendo ser semelhantes entre si, ou, devido ao fato que o ângulo formado entre
1457 a falange distal e o solo é mais agudo que o ângulo formado entre a parede dorsal do casco
1458 com o solo, é também considerado normal a distância na região distal da terceira falange
1459 a muralha pode ser menor do que na região proximal (Sherlock e Parks, 2013).

1460 No PSI, Linford et al. (1993) encontraram médias de 1,51 cm para PARF3 P e 1,46 cm
1461 para PARF3 D. Em cavalos de sangue quente é relatado que essa espessura varia de 1,8 a
1462 2,0 cm (Sloet Van Oldruitenborgh-Oosterbaan, 1999), sendo que, no PSI essa espessura
1463 chega a 2,2 cm (Redden, 2003^a). Sendo assim, os valores encontrados no presente estudo
1464 estão dentro da normalidade e de acordo com pesquisas anteriores realizadas na raça.

1465 Os animais avaliados no presente estudo apresentaram uma profundidade de sola
1466 (PROFSOL) de 1,66cm ($\pm 0,28$). A profundidade de sola considerada normal varia de 1,1
1467 a 1,5 cm em cavalos sadios (Sherlock e Parks, 2013). Os cavalos PSI do presente estudo
1468 apresentaram média de PROFSOL superior ao normal, estando 70% com PROFSOL
1469 acima de 1,5 cm e os demais 30% com profundidade de sola entre 1,1 e 1,5 cm. Nenhum
1470 deles apresentou PROFSOL inferior a 1,1cm. A espessura da sola encontrada, além de
1471 sofrer influência do casqueamento, demonstra uma possível resposta adaptativa a um piso
1472 que mantém contato com toda a superfície solear. Uma sola espessa contribui para a saúde
1473 do casco do equino, pois sola, junto com a parede externa do casco, contribuem para
1474 suporte de peso, amortecimento e dissipação de força (Hampson et al., 2011).

1475 Uma pesquisa anterior avaliando radiografias de casco do PSI encontrou média de 1,11
1476 cm ($\pm 0,16$ cm), estando dentro da normalidade, diferente dos animais da raça no Brasil
1477 avaliados no presente estudo. Avaliações de animais de raças nacionais, também
1478 encontraram uma profundidade de sola superior ao normal. Em uma população de equinos
1479 Mangalarga Marchador de alta performance, Magalhães (2022) encontrou uma média de
1480 1,58 cm ($\pm 0,37$ cm). Em éguas Campolinas adultas sem sinais de obesidade, Magalhães
1481 et. Al. (2019) encontraram uma média de 1,74 cm ($\pm 0,39$) e nas éguas obesas, a
1482 PROFSOL encontrada foi 2,09 cm ($\pm 0,39$). Sendo essa, uma medida também influenciada
1483 pelo casqueamento (Bras e Redden, 2018), a detecção de valores acima da média em
1484 diferentes raças no Brasil pode indicar que a manutenção da sola mais espessa pode ser
1485 intencionalmente mantida por uma questão cultural entre os casqueadores do Brasil. Na
1486 população de PSI estudada, esse achado também pode estar correlacionado com a alta
1487 prevalência de ângulo palmar negativo.

1488 Quanto ao suporte de pinça (SUPPINÇA), embora anteriormente tenha sido descrito que
1489 a linha do centro de rotação do casco deveria dividir o casco em partes iguais na superfície
1490 de apoio no solo (O'Grady e Poupard, 2001), tem-se demonstrado que o suporte de pinça
1491 corresponde a, em média 67,06% ($\pm 5,41\%$) da superfície de apoio (Craig et al., 2005).
1492 No presente estudo, o valor médio para SUPPINÇA foi de 67,59% ($\pm 3,41$), estando
1493 semelhante aos valores médios encontrados em equinos sem claudicação.

1494 O ângulo de pinça considerado normal por Sherlock e Parks (2013) foi de 48 a 54°. Na
1495 população estudada, a média do ângulo de pinça do casco (ANGPINÇA) foi 48,76°
1496 ($\pm 2,32$), estando então dentro dos valores considerados ideais. Porém, 41% dos animais

1497 avaliados apresentaram ângulo dorsal inferior ao valor mínimo da normalidade (48°),
1498 sendo 43,74° o menor ângulo encontrado. Apenas 1% dos animais apresentaram um valor
1499 de ângulo de pinça acima do valor máximo (54°), sendo 54,21° o maior valor encontrado.
1500 Estudos realizados em cavalos de corrida fora do Brasil encontraram valores médios de
1501 ângulo de pinça superiores aos PSI de corrida avaliados em território nacional, sendo
1502 55,6° ($\pm 0,3$) em PSI de corrida na Nova Zelândia e 55,1° ($\pm 1,9$) em Standardbred nos
1503 EUA respectivamente (Labuschagne et al., 2017; Faramarzi et al., 2018). Enquanto
1504 estudos em raças nacionais encontraram médias semelhantes às da presente avaliação, de
1505 49,88° ($\pm 1,71$) em éguas Campolinas não obesas (Magalhães et al., 2019) e 49,87°
1506 ($\pm 3,18$) em equinos Mangalarga Marchador de alta performance (Magalhães, 2022).

1507 Embora Redden (2003b) tenha relatado que na sua rotina de trabalho com PSI de corrida
1508 os cascos frequentemente apresentam ângulo dorsal entre 50 e 58°, os animais da raça
1509 avaliados no presente estudo apresentaram média inferior. Outro estudo realizado em
1510 cavalos de sangue quente encontrou média de 52° para ângulo de pinça (Kummer et al.,
1511 2006). Com isso, cabe ressaltar que as médias encontradas para ângulo de pinça nos
1512 cavalos PSI do Jockey Clube de São Paulo, embora dentro dos parâmetros normais, se
1513 apresentam mais baixas que as médias frequentemente encontradas em animais da raça
1514 fora do Brasil, porém, as médias encontradas são muito semelhantes aos valores de ângulo
1515 dorsal encontrados nos animais de raças nacionais. Sabendo que esse ângulo pode sofrer
1516 grande interferência pelo casqueamento (Sherlock e Parks, 2013), podemos suspeitar que
1517 a manutenção do ângulo dorsal nessa faixa é cultural entre os casqueadores do Brasil. E
1518 embora baixos ângulos de pinça sejam frequentes, é importante compreender essa
1519 conformação está associada a enfermidades nas estruturas do casco, sobrecarga dos
1520 músculos e ligamentos, alteração da distribuição de peso ao longo do casco, aumento da
1521 tensão sobre o tendão flexor digital profundo e contribuição para a ocorrência de talões
1522 contraídos (Heymering, 2002). Importante também ressaltar que cascos com ângulos
1523 menores são conhecidos como “achinelados”, estando também associados com distorção
1524 de casco do tipo talões escorridos (Hunt, 2012).

1525 O ângulo palmar considerado normal por Sherlock e Parks (2013) é de 3 a 8°. Na
1526 população estudada, a média do ângulo palmar (ANGPALMAR) foi de 0,38° ($\pm 2,01$),
1527 estando muito abaixo do normal. Apenas 4% dos animais avaliados apresentaram ângulo
1528 palmar dentro da normalidade, sendo 3,72° o maior valor encontrado. Os demais animais
1529 (96%) apresentaram ângulo palmar inferior ao valor mínimo da normalidade (3°). Cabe

1530 ressaltar ainda, que entre os animais avaliados, apenas 44% apresentaram ângulo palmar
1531 positivo. A maior parte dos animais PSI em atividade esportiva no Jockey Club de São
1532 Paulo (56%) apresentou ângulo palmar negativo, chegando a um valor mínimo de $-7,07^\circ$.

1533 Estudo realizado em animais de diferentes raças inglesas encontrou ângulo palmar dentro
1534 da normalidade, com média de $6,1^\circ (\pm 2,84)$, enquanto estudos em raças nacionais
1535 encontraram médias mais baixas, porém, ainda dentro da normalidade. Foram
1536 encontradas médias de $4,51^\circ (\pm 2,78)$ em éguas Campolinas não obesas (Magalhães et al.,
1537 2019) e $4,97^\circ (\pm 2,88)$ em equinos Mangalarga Marchador de alta performance
1538 (Magalhães, 2022). Sabendo que o ângulo palmar sofre influência do casqueamento (Bras
1539 & Redden, 2018), os menores valores dessa variável em raças nacionais podem estar
1540 associados a uma cultura de manter distorções no casco que se observa em casqueadores
1541 brasileiros. Animais que apresentam ângulo palmar abaixo de 3° , ou ainda mais grave,
1542 ângulo palmar negativo, apresentam pouco ou nenhum coxim funcional, o que eleva a
1543 força exercida no osso navicular e tecidos moles associados e acarreta repetida sobrecarga
1544 das articulações e ligamentos de suporte, comprometendo assim sua função e elevando o
1545 risco de lesões no aparato podotroclear (Redden, 2003^a; Dyson et al., 2011).

1546 Para os ângulos das articulações interfalangeanas proximais (ANGAIP) e distais
1547 (ANGAID), o presente estudo encontrou uma média de $8,132^\circ (\pm 3,284)$ para ANGAIP e
1548 $11,78^\circ (\pm 5,44)$ para ANGAID. Animais com perfeito alinhamento entre as falanges,
1549 apresentam ANGAIP e ANGAID próximos de zero. Sendo assim, quanto mais próximos
1550 de zero forem os ângulos encontrados, melhor será o alinhamento entre as falanges
1551 (Stashak et al., 2002).

1552 Em éguas Campolina adultas a média geral foi de $2,1^\circ (\pm 4,14)$ para ANGAIP e $17,75^\circ$
1553 $(\pm 7,58)$ para ANGAID (Magalhães et al., 2019). Outro estudo avaliou os ângulos em
1554 equinos da raça Mangalarga Marchador de alta performance e a média geral foi de $5,81^\circ$
1555 $(\pm 3,99)$ para ANGAIP e $13,11^\circ (\pm 8,61)$ para ANGAID (Magalhães, 2022). Em um
1556 trabalho que envolveu a avaliação de 151 cascos dos membros torácicos de equinos de
1557 diferentes raças, a média do ANGAIP foi de $5,78^\circ (\pm 5,18)$ e a média do ângulo da
1558 ANGAID foi de $8,27^\circ (\pm 9,04)$ (Craig e Craig, 2005). Esses resultados sugerem que existe
1559 uma tendência de os ossos das falanges não serem perfeitamente alinhados e indica ainda
1560 que os animais avaliados no presente estudo apresentam ANGAIP maior que as demais

1561 raças avaliadas, logo com menor alinhamento. Para o ANGAID, os cavalos PSI
1562 apresentaram menor ângulo, logo, melhor alinhamento que os cavalos de raças nacionais.

1563 A distância média do breakover encontrada foi de 2,59 cm ($\pm 0,35$). Na população de PSI
1564 ela se apresentou menor que nas demais raças nacionais estudadas, que apresentaram
1565 distância média de breakover de 3,06 cm ($\pm 0,58$) no Mangalarga Marchador de alta
1566 performance (Magalhães, 2022), de 3,2 cm ($\pm 0,47$) em éguas Campolinas adultas
1567 (Magalhães et. al., 2019). Sabendo que essa medida é influenciada pelo casqueamento
1568 (Bras e Redden, 2018), Kummer et al. (2006) demonstraram que, em cavalos de sangue
1569 quente, a distância média de breakover era de 3,2 cm antes do casqueamento e passou
1570 para 2,5 cm após o casqueamento. O presente estudo não considerou a data de
1571 casqueamento dos animais avaliados, porém, sabendo que todos eram regularmente
1572 casqueados a cada 30 ou 45 dias, as médias encontradas estão de acordo com o descrito
1573 na raça.

1574 Outra variável avaliada foi o ângulo de rotação (ANGROT) entre a muralha dorsal e a
1575 terceira falange, que apresentou média de $-2,03^\circ$ ($\pm 1,66$) nos animais avaliados. Embora
1576 Pollitt (2008) tenha descrito que animais saudáveis devem apresentar as superfícies
1577 dorsais da muralha e da falange distal paralelas, mais recentemente tem sido descrito e
1578 aceito que a distância na região distal entre a terceira falange e a muralha dorsal pode ser
1579 menor do que a região proximal pelo fato de que o ângulo palmar não é linear, e sim entre
1580 3 e 8° , o que influencia no ANGROT (Sherlock e Parks, 2013). Parks e Belknap (2017)
1581 caracterizaram como normal o ANGROT entre 0 e 2° .

1582 Segundo Sherlock e Parks (2013), o ângulo do talão (ANGTAL) considerado normal é de
1583 $43,5^\circ$ ($\pm 6,3$). A população de PSI estudada apresentou média de $32,81^\circ$ ($\pm 5,66$), sendo
1584 que, em 85% deles foram encontrados ângulos abaixo de $37,2^\circ$, que é o menor valor
1585 dentro da normalidade. Esses achados corroboram com Redden (2003b), que descreveu
1586 que em equinos PSI de três anos criados para corrida, existe uma alta probabilidade de se
1587 encontrar um casco com talões escorridos.

1588 Conforme descrito anteriormente, os animais do presente estudo apresentaram valor
1589 médio para ângulo de pinça de $48,76^\circ$ ($\pm 2,32$), enquanto o valor médio para ângulo de
1590 talão foi de $32,81^\circ$ ($\pm 5,66$). Diferenças entre os ângulos da muralha dorsal do casco e do
1591 talão de mais de 5° já podem ser consideradas como talão escorrido (Kane et al., 1998;
1592 Eliashar et al. 2004). Observa-se então uma diferença de mais de 5° entre o valor médio

1593 de ângulo de muralha dorsal e talão. Esses resultados demonstram que, a maioria dos
1594 população de equinos PSI estudada apresenta talões escorridos.

1595 Esse achado corrobora com o que tem sido relatado, que essa distorção apresenta
1596 prevalência tão alta no PSI, que alguns veterinários chegam a crer que a condição é uma
1597 variação normal do casco, e não um desvio patológico. Contudo, talões escorridos geram
1598 mudanças biomecânicas. O aspecto palmar se torna sujeito a carga mais alta durante o
1599 suporte de peso e a falange distal frequentemente apresenta ângulo palmar negativo
1600 (Redden, 2003b; Wilson et al., 2009), alteração essa também com alta prevalência (56%)
1601 no presente estudo. Animais com essa conformação de casco tem ainda uma redução na
1602 resistência à compressão e deslocam a superfície de contato dorsalmente, gerando
1603 hiperextensão das articulações interfalangeanas (alteração presente em 100% da
1604 população aqui estudada). A hiperextensão das articulações eleva a tração na face palmar
1605 e aumenta a compressão na face dorsal da região distal do membro, podendo assim,
1606 predispor cavalos de corrida a falhas no aparato suspensório e doenças
1607 musculoesqueléticas. Ainda mais grave, talões escorridos têm sido associados a óbito
1608 após lesões catastróficas do aparato suspensor em cavalos de corridas (Balch et al., 2001;
1609 O'Grady e Poupard, 2001). Os cavalos PSI de corrida já são mundialmente famosos pela
1610 presença de distorções nos cascos dianteiros com alta prevalência de talões escorridos
1611 (Redden, 2003b). Os achados do presente estudo corroboram com essa percepção. É
1612 importante ressaltar que esses ângulos podem sofrer grande interferência pelo
1613 casqueamento (Sherlock e Parks, 2013). Entretanto, Redden (2003b) descreveu uma
1614 média de 50 a 58° para ângulo de pinça e um ângulo de talão de 20° ou menos nessa raça,
1615 enquanto a população avaliada no presente estudo apresentou menor ângulo de pinça e
1616 maior ângulo de talão do que o descrito pelo autor, tendo assim talões marcadamente
1617 escorridos, porém em menor proporção.

1618

1619

1620

1621

1622 **Tabela 3.** Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média (EMP), mínimo (MIN), quartil 1
 1623 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação da avaliação radiográfica do eixo podofalangeano
 1624 do dígito de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.

EIXO PODOFALANGEANO										
MEDIDA	N	MÉDIA	DPM	EPM	MIN	Q1	MEDIANA	Q3	MAX	VARIAÇÃO
ANGPODFAL (°) CENTF2	118	162,8	4,839	0,45	151,7	159,4	162,5	165,7	176,2	24,55
ANGPODFAL (°) CENTBC	118	164,7	5,202	0,48	152,9	161,6	164,3	167,8	178,3	25,45
ANGPODFAL (°) CENTBCMTEF	112	161,7	5,437	0,51	149,6	158,2	161,2	165	174,5	24,89

1625 Ângulo podofalangeano onde o ponto inicial, que marca o fulcro do eixo está posicionado no centro da
 1626 falange média, com a linha proximal progredindo até o centro da falange proximal e a linha distal
 1627 progredindo paralela à borda dorsal da falange distal (ANGPODFAL (°) CENTF2); ângulo podofalangeano
 1628 onde o ponto inicial, que marca o fulcro do eixo está posicionado no eixo central da falange média na altura
 1629 da banda coronária, com a linha proximal progredindo até o centro da falange proximal e a linha distal
 1630 progredindo paralela à borda dorsal da falange distal (ANGPODFAL (°) CENTBC) e ângulo
 1631 podofalangeano onde o ponto inicial, que marca o fulcro do eixo está posicionado no eixo central da falange
 1632 média na altura da banda coronária, com a linha proximal progredindo até o centro da articulação
 1633 metacarpofalangeana e a linha distal progredindo paralela à borda dorsal da falange distal (ANGPODFAL
 1634 (°) CENTBCMTEF).

1635 Conforme descrito anteriormente, foram utilizadas, além do ANGAIP e ANGAID, outras
 1636 três metodologias para avaliar o alinhamento entre as falanges (Tabela 03). Nas
 1637 metodologias ANGPODFAL (°) CENTF2 e ANGPODFAL (°) CENTBC) foram
 1638 avaliadas 118 imagens radiográficas do casco devido perda de parcela de duas amostras.
 1639 Já na metodologia ANGPODFAL (°) CENTBCMTEF, que engloba a região do boleto,
 1640 foram avaliadas 112 imagens, pois as demais imagens não contemplavam toda a área
 1641 necessária para realização da mensuração.

1642 Todas as três metodologias resultaram em 100% dos animais apresentando o eixo
 1643 podofalangeano quebrado para trás, ou seja, com o ângulo de alinhamento entre as três
 1644 falanges menor que 180°. Sendo assim, o método de avaliação visual que havia
 1645 classificado 44,8% dos animais avaliados como apresentando eixo podofalangeano linear,
 1646 foi extremamente ineficaz.

1647 As três metodologias se mostraram compatíveis e eficientes para avaliação do eixo, sendo
 1648 que, na opinião da autora, a metodologia mais eficaz foi a ANGPODFAL (°) CENTF2,
 1649 pois o fulcro do eixo posicionado no centro da segunda falange sofre menos influência
 1650 do comprimento da mesma, traçando assim um ângulo mais fidedigno ao eixo.

1651 Ângulos entre 170° e 180° seriam aceitáveis, porém, pelas diferentes metodologias,
 1652 apenas uma pequena porcentagem dos animais apresentou um ângulo superior a 170°,
 1653 sendo 10,08% dos animais com o ângulo acima de 170° tendo como ângulo máximo
 1654 176,2° pela metodologia ANGPODFAL (°) CENTF2; 15,13% dos animais com o ângulo
 1655 acima de 170° tendo como ângulo máximo 178,3° pela metodologia ANGPODFAL (°)

1656 CENTBC e 7,96% dos animais com o ângulo acima de 170° tendo como ângulo máximo
1657 174,5° pela metodologia ANGPODFAL (°) CENTBCMTF.

1658 Animais com o eixo quebrado para trás estão sujeitos a sobrecarrega das estruturas
1659 palmares como talões, osso navicular e a inserção do tendão flexor digital profundo
1660 (Crabbe, 2015). O presente estudo encontrou ainda médias de 162,8° ($\pm 4,839$), 164,7°
1661 ($\pm 5,202$) e 161,7° ($\pm 5,437$) pelas metodologias ANGPODFAL (°) CENTF2,
1662 ANGPODFAL (°) CENTBC e ANGPODFAL (°) CENTBCMTF respectivamente, com
1663 prevalências de 26%, 20% e 40% de ângulo podofalangeano inferior a 160° para cada
1664 metodologia. Estudos em raças nacionais encontraram média de 165° ($\pm 6,42$) em éguas
1665 Campolinas adultas (Magalhães et al., 2019) e 161,71° ($\pm 8,35$) em equinos Mangalarga
1666 Marchador de alta performance (Magalhães, 2022).

1667 **4. CONCLUSÃO**

1668 As avaliações realizadas no presente estudo demonstraram que dentro dessa população
1669 de cavalos PSI em corrida no Brasil, os cascos apresentam distorções, com alguns dos
1670 parâmetros avaliados se diferenciando do que tem sido descrito como ideal para a
1671 conformação do dígito.

1672 A análise visual do eixo podofalangeano não é eficiente em classificar adequadamente o
1673 alinhamento entre as falanges. Embora apenas um pouco mais da metade dos animais
1674 avaliados tenham sido classificados como apresentando um eixo quebrado para trás, a
1675 análise radiográfica por diferentes métodos diagnosticou de maneira consistente, que
1676 100% dos animais apresentavam essa alteração.

1677 Houve alta prevalência de talões escorridos no PSI e ângulo palmar abaixo do normal,
1678 sendo mais da metade deles negativo.

1679 **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1680 BACK, W.; PILLE, F. The role of the hoof and shoeing. In: Equine locomotion, BACK,
1681 W.; CLAYTON, H. 2 ed. Ed. Elsevier Saunders, St. Louis, p. 147-174, 2013.

1682 BALCH, O. K.; HELMAN, R. G.; COLLIER, M. A. Underrun Heels and Toe-Grab
1683 Length as Possible Risk Factors for Catastrophic Musculoskeletal Injuries in Oklahoma
1684 Racehorses. LAMENESS IN THE ATHLETIC HORSE, v. 47, 2001.

1685 BRAS, R. J.; REDDEN, R. Understanding the basic principles of podiatry. Veterinary
1686 Clinics: Equine Practice, v. 34, n. 2, p. 391-407, 2018.

- 1687 CRABBE, B. Reading Feet. 2015. Disponível em [https://horseandrider.com/how-](https://horseandrider.com/how-to/reading-horse-hooves)
1688 [to/reading-horse-hooves](https://horseandrider.com/how-to/reading-horse-hooves).
- 1689 CRAIG, J.; CRAIG, M.; WELTNER, T. Quantifying conformation of the equine digit
1690 from lateromedial radiographs. Proceedings Assoc. Equine Sports Med, v. 21, p. 20-25,
1691 2001.
- 1692 CRAIG, J. J.; CRAIG, M. F. Hoof and Bone Morphology of the Equine Digit: Challenges
1693 to Some Common Beliefs. 2005.
- 1694 CRIPPS, P. J. E EUSTACE, R. A. Radiological measurements from the feet of normal
1695 horses with relevance to laminitis. Equine Veterinary Journal, v. 31, n. 5, p. 427 – 432,
1696 1999.
- 1697 DYSON, S.; TRANQUILLE, C. A.; COLLINS, S. N. et al. External characteristics of the
1698 lateral aspect of the hoof differ between non-lame and lame horses. The Veterinary
1699 Journal 190, 364–371, 2011.
- 1700 ELIASHAR, E.; MCGUIGAN, M. P.; WILSON, A. M. Relationship of foot conformation
1701 and force applied to the navicular bone of sound horses at the trot. Equine Veterinary
1702 Journal, v. 36, n.5, p. 431 – 435, 2004.
- 1703 FARAMARZI, B.; KEPLER, A.; DONG, F. et al. Morphovolumetric Analysis of the
1704 Hoof in Standardbred Horses. Journal of Equine Veterinary Science, n. 71, p. 40 – 45,
1705 2018.
- 1706 HAMPSON, B. A.; CONNELLEY, A. D.; LAAT, M. A. et al. Sole depth and weight-
1707 bearing characteristics of the palmar surface of the feet of feral horses and domestic
1708 Thoroughbreds. American Journal Veterinary Research, v. 72, n. 6, p. 727 – 735, 2011.
- 1709 HEYMERING, H. O ângulo adequado do casco (on-line). Disponível em:
1710 www.thorobred.com.br. 2002.
- 1711 HUNT, R.J. Farriery for the Hoof with Low or Underrun Heels. Veterinary Clinics of
1712 North America: Equine Practice, v. 28, p. 351-364, 2012.

- 1713 KANE, A. J.; STOVER, S. M.; GARDNER, I. A. et al. Hoof size, shape, and balance as
1714 possible risk factors for catastrophic musculoskeletal injury of Thoroughbred racehorses.
1715 American Journal Veterinary Research, v. 59, n. 12, p. 1545 – 1552, 1998.
- 1716 KUMMER, M. et al. The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the
1717 front feet of normal Warmblood horses. The Veterinary Journal, v. 172, n. 1, p. 58-66, 10
1718 2006.
- 1719 LINFORD, R. L.; O'BRIEN, T. R.; TROUT, D. R. Qualitative and morphometric
1720 radiographic findings in the distal phalanx and digital soft tissues of sound Thoroughbred
1721 racehorses. American Journal Veterinary Research, v. 54, n. 1, p. 38 – 51. 1993.
- 1722 LABUSCHAGNE, W.; ROGERS, C. W.; GEE, E. K. et al. A cross-sectional survey of
1723 forelimb hoof conformation and the prevalence of flat feet in a cohort of Thoroughbred
1724 racehorses in New Zealand. Journal of Equine Veterinary Science, 2017.
- 1725 LUZ, D.V. Efeito do intervalo entre ferrageamentos em mensurações radiográficas dos
1726 cascos dos membros torácicos de equinos hípidos da raça crioula. Dissertação de
1727 mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.
- 1728 MAGALHÃES, J. F.; LIMA, I. R.; LIMA, L. R. et al. Estudo da correlação de medidas
1729 radiográficas indicadoras de laminite em éguas da raça Mangalarga Marchador com e
1730 sem sinais de sobrepeso. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 66,
1731 n. 4, p. 1023 – 1032, 2014.
- 1732 MAGALHÃES, J. F.; LIMA, L. R.; PAZ, C. F. R. et al. Relação espacial entre o estojo
1733 córneo e a falange distal em éguas Campolinas adultas com e sem obesidade. Arquivo
1734 Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 71, n. 6, p. 1773 – 1780, 2019.
- 1735 MAGALHÃES, J. F. Características corporais, adiposidade, morfometria radiológica do
1736 casco e avaliação radiográfica e ultrassonográfica do boleto de equinos Mangalarga
1737 Marchador de alto desempenho. Tese (Doutorado), Curso de Medicina Veterinária -
1738 Ciência Animal, Universidade Federal de Minas Gerais, 2022.
- 1739 O'GRADY, S. E.; POUPARD, D. A. Physiological horseshoeing: an overview. Equine
1740 Veterinary Education, v. 13, n. 6, p. 330 - 334, 2001.

- 1741 O'GRADY S. E.; POUPARD D. A. Proper physiologic horseshoeing. *The Veterinary*
1742 *Clinics of North America, Equine Practice*, v. 19, n. 2, p. 333-351, 2003.
- 1743 PARKS, A. Form and function of the equine digit. *Veterinary Clinics: Equine Practice*,
1744 v. 19, n. 2, p. 285-307, 2003.
- 1745 PARKS, A. The foot and shoeing. In: *Diagnosis and Management of Lameness in the*
1746 *Horse*, ROSS, M. W.; Dyson, S. J. 2 ed. Ed. Elsevier Saunders, St. Louis, p. 282 - 309,
1747 2011.
- 1748 PARKS, A. H.; BELKNAP, J. P. Diagnostic Imaging. In: BELKNAP, J. P.; GEOR, R.
1749 *Equine Laminitis*. New Dellhi. Wiley Blackwell, 2017, 454p.
- 1750 PAZ, C. F. R.; PAGANELA, J. C.; SANTOS, C. A. et al. Relação entre obesidade,
1751 insulina plasmática e posicionamento da falange distal em equinos da raça Crioula.
1752 *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 65, n. 6, p. 1699 – 1705, 2013.
- 1753 POLLITT, C. C. *Equine Laminitis – Current Concepts*. Australian Government – Rural
1754 Industries Research and Development Corporation. Camberra, 2008, 116p.
- 1755 REDDEN, R.F. Clinical and radiographic examination of the equine foot. *Proc. Am. Ass.*
1756 *Equine Practnrs*, v. 49, p. 169-185, 2003a.
- 1757 REDDEN, R. F. Hoof capsule distortion: understanding the mechanisms as a basis for
1758 rational management. *The veterinary clinics North America Equine Practice*, v. 19, n. 2,
1759 p. 443 – 462, 2003b.
- 1760 SHERLOCK, C.; PARKS, A. Radiographic and radiological assessment of laminitis.
1761 *Equine Veterinary Education*, v.25, n.10, p.524-535, 2013.
- 1762 SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M. M. Laminitis in the horse: a
1763 review. *The Veterinary Quarterly*, v. 21, n. 4, p. 121-127, 1999.
- 1764 SMITH, S. S.; DYSON, S. J.; MURRAY, R. C. et al. Is there an association between
1765 distal phalanx angles and deep digital flexor tendon lesions? *AAEP Annual Convention*,
1766 Denver, 2004.

1767 STASHAK, T. S. et al. Trimming and shoeing for balance and soundness. In: STASHAK,
1768 24 T.S. Adams' lameness in horses. 5. Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins,
1769 2002. 25 p. 1081-1142.

1770 XAVIER, V. F.; LIMA, I. R.; MARVAL, C. A. D. et al. Estudo radiográfico do
1771 posicionamento da falange distal e suas possíveis correlações com obesidade em equinos
1772 de patrulhamento da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais. Arquivo Brasileiro de
1773 Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 66, p. 672-680, 2014.

1774 WILSON, G. H.; MCDONALD, Kirsty; O'CONNELL, M. J. Skeletal forelimb
1775 measurements 20 and hoof spread in relation to asymmetry in the bilateral forelimb of
1776 horses. Equine Veterinary Journal, v. 41, n. 3, p. 238 - 241, 2009.

1777

1778

1779

1780

1781

1782

1783

1784

1785

1786

1787

1788

1789

1790

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DESCRITIVA E COMPARATIVA DAS MEDIDAS RADIOGRÁFICAS DOS BOLETOS DE MEMBROS TORÁDICOS DE EQUINOS PURO SANGUE INGLÊS EM COMPETIÇÃO NO JOCKEY CLUBE DE SÃO PAULO

1. INTRODUÇÃO

Considerando os animais PSI de dois e três anos que estão em treinamento e competição, as lesões envolvendo ossos e articulações parecem ter maior impacto no treinamento do que as lesões envolvendo ligamentos e tendões. Esses achados possivelmente ocorrem como resultado da imaturidade esquelética desses cavalos jovens (Bailey et al., 1999). Estresses biomecânicos excessivos são comumente considerados importantes na patogênese de vários distúrbios osteocondrais. Essas forças biomecânicas estão relacionadas com a tensão nos tecidos moles, com o cisalhamento entre as estruturas e também com a compressão durante a recepção de carga pelo membro (Brama et al., 2001).

A área central da articulação do boleto recebe de maneira constante cargas de baixa intensidade com o animal em estação. Com isso, embora as forças aumentem em até seis vezes no galope intenso, a prevalência de lesões osteocondrais nesta área da articulação é baixa, pois com as cargas constantes, o tecido se torna capaz de lidar com os desafios biomecânicos, tendo em vista que a cartilagem exposta a suporte de peso, apresenta maior eficiência metabólica (Brama et al., 2001).

A margem dorsal da articulação metacarpofalangeana é a região que recebe as forças mais intensas. As cargas nessa região chegam a ser 1,5 vezes maiores do que na área central, principalmente durante o galope. Como essas cargas ocorrem de maneira intermitente, essa região pode ser vista como menos responsiva em termos de metabolismo da cartilagem. A alta prevalência de lesões osteocondrais nessa região, apoia fortemente a hipótese de que as altas cargas impostas nessa superfície de maneira intermitentemente predisõem o desenvolvimento dessas lesões (Brama et al., 2001).

Uma variedade de alterações patológicas, incluindo fraturas em chip e alterações osteoartríticas, são frequentemente diagnosticadas na margem dorsal da superfície articular proximal da falange proximal (Brama et al., 2001). Lesões envolvendo essa região são de alta prevalência e provavelmente foram causados por lesão de

1821 hiperextensão, pois essa área não suporta peso em outros momentos (Brommer et al.,
1822 2005).

1823 Outra alteração de alta prevalência nos boletos dos cavalos Puro Sangue Inglês de corrida
1824 é a presença de fragmentos na articulação, sejam eles oriundos de anormalidades no
1825 desenvolvimento ou devido traumas (Olive et al., 2010).

1826 A avaliação dos sesamoides proximais também deve fazer parte do exame radiográfico
1827 do boleto (Bramlage, 2009). A sesamoidite indica uma inflamação no aspecto abaxial
1828 proximal do osso sesamoide proximal, região da inserção do ligamento suspensório. A
1829 relação íntima entre essas estruturas explica a presença de lesões coexistentes dos ramos
1830 do ligamento suspensor e sesamoides (Plevin et al., 2016).

1831 Aproximadamente 10% dos boletos acometidos por sesamoidite são caracterizados por
1832 defeitos lineares com mais de 1 mm de largura e margem mal definida, bem como
1833 associados à presença de outras lesões nos ossos sesamoides proximais e boletos.
1834 Examinando animais considerados como tendo ossos sesamoides proximais normais,
1835 18% deles apresentavam defeitos lineares de formato anormal e mais de 2 mm de largura
1836 (Kane et al., 2003).

1837 Os sesamoides proximais podem ainda ser classificados como alongados, caso exista uma
1838 diferença de mais de 2 mm quando comparado com o controlateral do mesmo membro,
1839 ou classificados como sesamoides com formato anormal, caso exista aumento proximal,
1840 distal ou abaxial dos ossos sesamoides proximais (Kane et al., 2003).

1841 Com a hipótese de que, à semelhança de estudos internacionais, a população de equinos
1842 PSI em atividade esportiva no Jockey Club de São Paulo possui alta prevalência de
1843 alterações patológicas no boleto, os objetivos do presente trabalho foram identificar as
1844 lesões radiográficas na articulação metacarpofalangeana e a prevalência de alterações nos
1845 sesamoides proximais.

1846 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

1847 Imagens radiográficas dos boletos foram obtidas e analisadas com objetivo de verificar
1848 alterações características de lesões do desenvolvimento ou degenerativas. Para adequação
1849 e confiabilidade do sistema, cada radiografia foi avaliada e classificada por dois
1850 avaliadores e os escores foram estabelecidos conforme consenso, conforme proposto por

1851 Trumble et al. (2008) e Plevin et al. (2016). Avaliação ultrassonográfica das estruturas
1852 relacionadas à sustentação do boleto seriam de grande contribuição. Porém, não foi
1853 possível realização no presente estudo, devido limitações pelo fato dos animais estarem
1854 em período esportivo. Os parâmetros radiográficos avaliados e seus respectivos escores
1855 de graduação foram estabelecidos de acordo com metodologia descrita abaixo.

1856 Kirker-Head et al. (2000) desenvolveram um sistema para graduação das lesões do boleto,
1857 no qual padronizaram a classificação de 0 a 5 para esclerose do osso subcondral,
1858 irregularidades ósseas, redução do espaço articular e fragmento osteocondral, sendo:
1859 graduação da esclerose do osso subcondral (0 = não detectada; 1 = suspeita de placa
1860 subcondral mais densa ou mais extensa; 2 = zonas de esclerose irregulares ou localizadas;
1861 3 = reação esclerótica envolvendo a maior parte da placa subcondral; 4 = esclerose se
1862 estendendo de forma desigual pela epífise; 5 = extensa esclerose envolvendo toda a placa
1863 subcondral e estendendo-se por grande parte da epífise) (Tabela 4); graduação das
1864 irregularidades ósseas (0 = ausência de irregularidades ósseas; 1 = leve irregularidade na
1865 margem subcondral; 2 = erosão superficial do osso subcondral sem esclerose; 3 = erosão
1866 superficial do osso subcondral com áreas restritas de esclerose; 4 = erosão irregular
1867 proeminente ou lise cística do osso subcondral e epífise, com ou sem esclerose; 5 = severa
1868 lise ou erosão estendendo-se para a epífise, com esclerose e periostite) (Tabela 5);
1869 graduação da redução do espaço articular (0 = espaço articular normal; 1 = alteração leve
1870 ou irregular da orientação do espaço articular; 2 = estreitamento, porém com espaço
1871 articular ainda observado entre as extremidades ósseas; 3 = extremidades ósseas se
1872 tocando em alguns lugares; 4 = redução do espaço acompanhada por esclerose
1873 subcondral; 5 = anquilose ou ponte trabecular na articulação) (Tabela 6) e graduação
1874 quanto a evidência de fragmento osteocondral (0 = ausência de fragmento osteocondral;
1875 1 = fragmento osteocondral discreto e não deslocado; 2 = fragmento osteocondral
1876 pequeno e bem definido, deslocado ou não; 3 = fragmento osteocondral grande; 4 =
1877 fragmento osteocondral acompanhado de resposta proliferativa moderada; 5 = múltiplos
1878 fragmentos osteocondrais ou fragmentação com resposta proliferativa avançada) (Tabela
1879 7).

1880

1881

1882

1883 **Tabela 4.** Sistema para graduação das lesões de esclerose do osso subcondral da região do boleto.

ESCLEROSE SUBCONDAL	
Grau 0	Não detectada
Grau 1	Suspeita de placa subcondral mais densa ou mais extensa
Grau 2	Zonas de esclerose irregulares ou localizadas
Grau 3	Reação esclerótica envolvendo a maior parte da placa subcondral
Grau 4	Esclerose se estendendo de forma desigual pela epífise

1884 **Tabela 5.** Sistema para graduação das irregularidades ósseas do osso subcondral da região do
1885 boleto.

IRREGULARIDADES ÓSSEAS	
Grau 0	Ausência de irregularidades ósseas
Grau 1	Leve irregularidade na margem subcondral
Grau 2	Erosão superficial do osso subcondral sem esclerose
Grau 3	Erosão superficial do osso subcondral com áreas restritas de esclerose
Grau 4	Erosão irregular proeminente ou lise cística do osso subcondral e epífise, com ou sem esclerose
Grau 5	Severa lise ou erosão estendendo-se para a epífise, com esclerose e periostite

1886 **Tabela 6.** Sistema para graduação da redução do espaço articular boleto.

REDUÇÃO DO ESPAÇO ARTICULAR	
Grau 0	Espaço articular normal
Grau 1	Alteração leve ou irregular da orientação do espaço articular
Grau 2	Estreitamento. Porém, com espaço articular ainda observado entre as extremidades ósseas
Grau 3	Extremidades ósseas se tocando em alguns lugares
Grau 4	Redução do espaço acompanhada por esclerose subcondral
Grau 5	Anquilose ou ponte trabecular na articulação

1887

1888

1889

1890 **Tabela 7.** Sistema para graduação de fragmentos osteocondrais na região do boleteo.

FRAGMENTOS OSTEOCONDRAIS	
Grau 0	Ausência de fragmento osteocondral
Grau 1	Fragmento osteocondral discreto e não deslocado
Grau 2	Fragmento osteocondral pequeno e bem definido, deslocado ou não
Grau 3	Fragmento osteocondral grande (> 10% da largura total da articulação)
Grau 4	Fragmento osteocondral acompanhado de resposta proliferativa moderada
Grau 5	Múltiplos fragmentos osteocondrais ou fragmentação com resposta proliferativa avançada

1891 A graduação da osteofitose e enteseofitose articular foi realizada por diferentes
 1892 metodologias, sendo utilizada uma classificação padronizada de acordo com o tamanho
 1893 dos osteófitos estabelecida por Trumble et al. (2008), e outras classificações estabelecidas
 1894 a partir de uma análise subjetiva quanto ao tamanho e aspecto dos osteófitos e enteseófitos
 1895 padronizadas por Trumble et al. (2008) e Kirker-Head et al. (2000), sendo: graduação da
 1896 osteofitose e enteseofitose articular quanto ao tamanho (0 = ausência de osteófito ou
 1897 enteseófito na articulação avaliada; 1 = osteófito ou enteseófito pequeno; 2 = osteófito ou
 1898 enteseófito médio; 3 = osteófito ou enteseófito grande) (Tabela 8).

1899 **Tabela 8.** Sistema para graduação da osteofitose e enteseofitose na região do boleteo.

OSTEOFITOSE E ENTESEOFITOSE	
Grau 0	ausência de osteófito na articulação avaliada
Grau 1	osteófito ou enteseófito pequeno
Grau 2	osteófito ou enteseófito médio
Grau 3	osteófito ou enteseófito grande

1900 A osteólise supracondilar na cortical do metacarpo III foi classificada como: 0 = osteólise
 1901 ausente ou 1 = osteólise presente, conforme descrito por Olive et al. (2010) (Tabela 9).

1902

1903

1904

1905

1906 **Tabela 9.** Sistema para graduação da osteólise supracondilar na cortical do metacarpo III na
1907 região do boleto.

OSTEÓLISE SUPRACONDILAR

Grau 0 Osteólise ausente

Grau 1 Osteólise presente

1908 Para avaliação dos canais vasculares nos sesamoides proximais, deve-se considerar todas
1909 as radiolucências lineares e classificá-las como canais vasculares regulares ou irregulares.
1910 Canais vasculares regulares foram definidos como radiolucências lineares que tinham
1911 lados paralelos em todo o seu comprimento e apresentavam menos que 2 mm de largura.
1912 Canais vasculares irregulares foram definidos como radiolucências lineares que tinham
1913 lados não paralelos em qualquer porção de seu comprimento ou mais que 2 mm de largura
1914 (Kane et al., 2003). Na avaliação dos sesamoides proximais foi considerada uma
1915 classificação proposta por Plevin et al. (2016), onde: (0 = não apresenta alterações; 1 =
1916 canais vasculares paralelos, porém $\leq 2\text{mm}$; 2 = 1 canal vascular divergente $\geq 2\text{mm}$; 3 = 2
1917 ou mais canais vasculares divergentes $\geq 2\text{mm}$; 4 = sesamoide com lucidez abaxial; 5 =
1918 alteração de borda abaxial). Os sesamoides graduados como 2 ou acima, foram
1919 considerados alterados (Tabela 10).

1920 **Tabela 10.** Sistema para graduação dos canais vasculares nos sesamoides proximais.

CANAIS VASCULARES NOS SESAMOIDES PROXIMAIS

Grau 0 Não apresenta alterações

Grau 1 Canais vasculares paralelos, porém $\leq 2\text{mm}$

Grau 2 1 canal vascular divergente $\geq 2\text{mm}$

Grau 3 2 ou mais canais vasculares divergentes $\geq 2\text{mm}$

Grau 4 Sesamoide com lucidez abaxial

Grau 5 Alteração de borda abaxial

1921 Realizou-se análise descritiva de todas as variáveis numéricas e categóricas. Para as
1922 variáveis numéricas, foram calculados os principais índices de estatística descritiva (e.g.
1923 média, mediana, desvio-padrão, coeficiente de variação e quartis). Para as variáveis
1924 categóricas foram calculadas as frequências relativas e absolutas para cada classe. Foram
1925 utilizados o pacote estatístico Prism 9.3.0 (GraphPad Software LCC), considerando-se
1926 um nível de significância de $P < 0,05$.

1927 **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

1928 Inicialmente foram analisadas as radiografias do boleto para avaliação da frequência de
1929 osteófitos e enteseófitos.

1930 A utilização de métodos de diagnóstico por imagem não invasivos é essencial para o
1931 diagnóstico precoce de doença articular degenerativa e avaliação da gravidade das lesões.
1932 A radiografia é um método acessível e eficiente para avaliação das estruturas ósseas e
1933 suas alterações em cavalos de esporte (Dyson et al., 2008). A osteoartrite (OA) é
1934 caracterizada radiograficamente pela esclerose do osso subcondral, osteófitos
1935 periarticulares e em alguns casos redução do espaço articular (McIlwraith, 1982; Olive et
1936 al., 2010).

1937 **Tabela 11.** Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média (EPM), mínimo (mín),
1938 quartil 1 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação de variáveis relativas a
1939 ocorrência de osteófitos e enteseófitos no boleto de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.

RADIOGRAFIA DO BOLETO: OSTEÓFITOS E ENTESEÓFITOS

MEDIDA	N	MÉDIA	DPM	EPM	MIN	Q1	MEDIANA	Q3	MAX	VARIAÇÃO
ODORSOMMC	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ODORSOLMC	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ODORSOMF1	120	1,18	0,89	0,08	0	1	1	2	3	3
ODORSOLF1	120	0,96	0,78	0,07	0	0	1	2	2	2
OPALMARMC	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPALMARF1	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OLATERALMC	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OLATERALF1	120	0,03	0,27	0,03	0	0	0	0	3	3
OMEDIALMC	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OMEDIALF1	120	0,03	0,27	0,03	0	0	0	0	3	3
OSESAPROX	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OSESADIST	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1940 Graduação da osteofitose e enteseofitose articular quanto ao tamanho, sendo: Osteófito ou
1941 enteseófito no aspecto dorsomedial do metacarpo (ODORSOMMC); Osteófito ou enteseófito no
1942 aspecto dorsolateral do metacarpo (ODORSOLMC); Osteófito ou enteseófito no aspecto
1943 dorsomedial da primeira falange (ODORSOMF1); Osteófito ou enteseófito no aspecto
1944 dorsolateral da primeira falange (ODORSOLF1); Osteófito ou enteseófito no aspecto palmar do
1945 metacarpo (OPALMARMC); Osteófito ou enteseófito no aspecto palmar da primeira falange
1946 (OPALMARF1); Osteófito ou enteseófito no aspecto lateral do metacarpo (OLATERALMC);
1947 Osteófito ou enteseófito no aspecto lateral da primeira falange (OLATERALF1); Osteófito ou

1948 enteseófito no aspecto medial do metacarpo (OMEDIALMC); Osteófito ou enteseófito no aspecto
1949 medial da primeira falange (OMEDIALF1); Osteófito na porção proximal do sesamóide
1950 (OSESAPROX) e Osteófito na porção distal do sesamóide (OSESADIST).

1951 Na tabela 11 destacam-se a intensidade da presença de osteófitos ou enteseófitos no
1952 aspecto dorsomedial da primeira falange (ODORSOMF1), no aspecto dorsolateral da
1953 primeira falange (ODORSOLF1), no aspecto lateral da primeira falange (OLATERALF1)
1954 e, no aspecto medial da primeira falange (OMEDIALF1). Os resultados de maior
1955 relevância serão discutidos abaixo.

1956 A formação de osteófitos é um aspecto da patogênese inicial da OA. Embora os osteófitos
1957 possam se apresentar inicialmente sem efeitos negativos, com a evolução, passam a ser
1958 uma fonte de dor, chegando a levar até a perda de função da articulação (Van der Kraan
1959 e Van den Berg, 2007). Nos animais do presente estudo não foram detectados osteófitos
1960 ou enteseófitos no metacarpo ou sesamoides proximais. Porém apresentaram uma
1961 frequência muito alta no aspecto proximal da primeira falange, sendo essa a alteração
1962 mais prevalente das articulações metacarpofalangeanas avaliadas, com 76% dos animais
1963 apresentando osteófito ou enteseófito no aspecto dorsomedial da falange proximal na
1964 região do boleto, sendo 41% deles classificados como pequenos e os demais como médio
1965 ou grandes. Quanto ao aspecto dorsolateral da falange proximal na região do boleto, 67%
1966 dos animais apresentaram osteófito ou enteseófito, com 39% deles classificados como
1967 pequenos e os demais como médio ou grandes. Já nos aspectos laterais e mediais da
1968 primeira falange, apenas 1 animal apresentou osteófito ou enteseófito, tendo sido esse
1969 classificado como grave.

1970 A esclerose subcondral é um sinal de remodelação óssea secundária a estímulos, que pode
1971 preceder ou acompanhar o desenvolvimento da OA (Olive et al., 2010), embora alguns
1972 animais com OA apresentam as demais alterações no diagnóstico por imagem, sem
1973 apresentar esclerose (Bertoni et al., 2020). Radiograficamente ela é identificada como um
1974 aumento da radiopacidade do osso subcondral, porém, sabe-se que a tomografia
1975 computadorizada e a ressonância magnética são os métodos mais sensíveis para a
1976 avaliação do aumento de densidade óssea. A radiografia pode subestimar a esclerose na
1977 articulação metacarpofalangeana (Olive et al., 2010). No presente estudo, a avaliação do
1978 boleto foi feita pelo método radiográfico e não se encontrou esclerose do osso subcondral
1979 nos animais avaliados. Sabendo ainda que a esclerose subcondral está correlacionada com

1980 maior grau de dano a cartilagem (Olive et al., 2010) é importante ressaltar que no presente
1981 estudo também não houve redução do espaço articular em nenhum dos boletos avaliados.

1982 A lise supracondilar, embora seja descrita como uma afecção de alta prevalência em
1983 populações de cavalos de corrida em todo o mundo (Davis et al., 2017), não foi
1984 encontrada nos animais avaliados no presente estudo. Essa afecção indica que uma
1985 inflamação grave, crônica e progressiva está ou esteve presente na articulação do boleto
1986 (Bramlage, 2009; Davis et al., 2017). Então, a jovialidade dos animais e o fato dos
1987 achados radiográficos serem compatíveis com os sinais iniciais de OA, pode justificar a
1988 ausência dessa alteração.

1989 **Tabela 12.** Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média, mínimo (mín), quartil
1990 1 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação de variáveis relativas a ocorrência de
1991 irregularidades e fragmentos no boleto de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.

RADIOGRAFIA DO BOLETO: IRREGULARIDADES E FRAGMENTOS

MEDIDA	N	MÉDIA	DPM	EPM	MIN	Q1	MEDIANA	Q3	MAX	VARIAÇÃO
IRREMC	120	0,04	0,33	0,03	0	0	0	0	3	3
IRREF1	120	0,09	0,49	0,04	0	0	0	0	4	4
IRREGMTCM	120	0,15	0,53	0,05	0	0	0	2	2	2
IRREGMTCL	120	0,00	0,00	0,00	0	0	0	2	0	0
IRREGMTCD	120	0,62	0,89	0,08	0	0	1	0	3	3
IRREGMTCDL	120	0,13	0,43	0,04	0	0	0	0	2	2
IRREGMTCDM	120	0,11	0,45	0,04	0	0	0	0	3	3
IRREGF1D	120	0,21	0,52	0,05	0	0	0	0	2	2
IRREGF1M	120	0,02	0,18	0,02	0	0	0	0	2	2
IRREGF1DM	120	0,07	0,36	0,03	0	0	0	0	3	3
IRREGF1DL	120	0,08	0,35	0,03	0	0	0	0	2	2
IRREGF1PM	120	0,02	0,18	0,02	0	0	0	0	2	2
IRREGF1PL	120	0,03	0,26	0,02	0	0	0	0	2	2
FRAGMENTOS	120	0,05	0,31	0,03	0	0	0	0	2	2

1992 Graduação das irregularidades e fragmentos, sendo: irregularidade na superfície articular do
1993 metacarpo III (IRREMC); irregularidade na superfície articular da primeira falange (IRREF1);
1994 irregularidade na superfície medial do metacarpo III (IRREGMTCM); irregularidade na
1995 superfície lateral do metacarpo III (IRREGMTCL); irregularidade na superfície dorsal do
1996 metacarpo III (IRREGMTCD); irregularidade na superfície dorsolateral do metacarpo III
1997 (IRREGMTCDL); irregularidade na superfície dorsomedial do metacarpo III (IRREGMTCDM);
1998 irregularidade na superfície dorsal da primeira falange (IRREGF1D); irregularidade na superfície
1999 medial da primeira falange (IRREGF1M); irregularidade na superfície dorsomedial da primeira

2000 falange (IRREGF1DM); irregularidade na superfície dorsolateral da primeira falange
2001 (IRREGF1DL); irregularidade na superfície palmaromedial da primeira falange (IRREGF1PM);
2002 irregularidade na superfície palmarolateral da primeira falange (IRREGF1PL) e fragmentos na
2003 superfície articular do boleto (FRAGMENTOS).

2004 Na tabela 12 destacam-se a ocorrência de irregularidades e fragmentos na articulação do
2005 boleto. Os resultados de maior relevância serão discutidos abaixo.

2006 Tem sido relatado que o exame radiográfico apresenta baixa sensibilidade para detectar
2007 irregularidades ósseas devida sobreposição gerada por essa técnica. As técnicas de
2008 imagem mais eficientes para esse diagnóstico são a ressonância magnética e a tomografia
2009 computadorizada. Essas técnicas demonstram que a irregularidade subcondral geralmente
2010 está acompanhada de dano a cartilagem (Zubrod et al, 2004; Olive et. al., 2010). Porém,
2011 embora a radiografia frequentemente subestime irregularidades do osso subcondral, esse
2012 estudo encontrou irregularidades tanto no Metacarpo III quanto na Primeira Falange,
2013 sendo que a região com maior prevalência foi a face dorsal do metacarpo
2014 (IRREGMTCD), com 39% dos animais apresentando irregularidades nessa região,
2015 seguido da face dorsal da primeira falange (IRREGF1D), alterada em 16% dos animais.

2016 Os achados relativos à osteoartrite encontrados nos cavalos PSI de 3 a 4 anos em atividade
2017 esportiva avaliados no presente estudo estão de acordo com Neundorf et al., (2010), que
2018 descreveu que 1 a cada 3 cavalos PSI de 2 e 3 anos de idade podem ter doença articular
2019 bem estabelecida, porém, as lesões mais graves e manifestações clínicas geralmente são
2020 observadas em cavalos de 5 anos de idade ou mais. A radiografia auxilia no diagnóstico
2021 precoce, momento em que ainda é possível estabelecer medidas para que se evite a
2022 progressão da patologia e claudicação.

2023 Fragmentos osteocondrais na articulação podem ser oriundos de osteocondrose ou podem
2024 ter origem traumática, como nas fraturas em “chip”. A presença desse fragmento gera uma
2025 reação na articulação e está associada ao desenvolvimento de osteoartrite (Bramlage,
2026 2009; Olive et al., 2010). Embora tenha sido relatado que a osteocondrose é uma alteração
2027 frequentemente detectada nos boletos de cavalos PSI jovens, com prevalência de
2028 fragmentos variando de 7 a 19% nessa articulação (Kane et al., 2003), no presente
2029 trabalho, apenas 3 animais apresentaram (2,5% dos membros avaliados) apresentaram
2030 fragmentos osteocondrais, sendo em todos, o fragmento classificado como nível 2, que
2031 indica fragmento osteocondral pequeno e bem definido.

2032 **Tabela 13.** Média, desvio padrão da média (DPM), erro padrão da média, mínimo (mín), quartil
 2033 1 (Q1), mediana, quartil 3 (Q3), máximo (máx) e variação de variáveis relativas a ocorrência de
 2034 alterações radiográficas nos sesamoides de equinos PSI do Jockey Club de São Paulo.

RADIOGRAFIA DO BOLETO: SESAMOIDES PROXIMAIS

MEDIDA	N	MÉDIA	DPM	EPM	MIN	Q1	MEDIANA	Q3	MAX	VARIAÇÃO
CANALICULOSM	120	2,75	1,00	0,09	0	2	3	3	5	5
CANALICULOSL	120	2,21	1,24	0,11	0	2	3	3	5	5

2035 Graduação dos canalículos nos sesamoides proximais, sendo: canalículos nos sesamoides
 2036 proximais mediais (CANALICULOSM) canalículos nos sesamoides proximais laterais
 2037 (CANALICULOSL).

2038 A tabela 13 destaca a ocorrência de canais vasculares nos sesamoides proximais. Os
 2039 canalículos foram classificados de 0 a 5, tendo sido considerados como alterados os
 2040 classificados com score acima de 2.

2041 Na avaliação dos sesamoides proximais, foi encontrada uma prevalência muito alta de
 2042 alterações, com 79% dos sesamoides mediais classificados como grau 2 ou mais, que são
 2043 os que indicam irregularidades dos canais vasculares. Em relação aos sesamoides laterais,
 2044 os achados foram ainda mais graves, com 92% classificados como grau 2 ou mais. Foi
 2045 observada também que 6% dos sesamoides laterais e 3% dos mediais foram classificados
 2046 como grau 5, que indica alteração de borda abaxial (Plevin et al., 2016).

2047 Kane et al. (2003) avaliou uma população de cavalos PSI de um ano e relatou que 44%
 2048 dos animais apresentavam canais vasculares irregulares em pelo menos um dos ossos
 2049 sesamoides proximais do membro torácico, demonstrando uma alta prevalência de
 2050 sesamoidite antes mesmo do início do treinamento. Plevin et al. (2016) também encontrou
 2051 uma alta prevalência de alterações no sesamoide de PSI jovem, relatando 66% de
 2052 sesamoidite em potros PSI de corrida. Sabendo que o ligamento suspensório se insere no
 2053 aspecto abaxial proximal do osso sesamoide proximal, frequentemente se encontra lesões
 2054 coexistentes dos sesamoide com os ramos do ligamento suspensório (Plevin et al., 2016).

2055 4. CONCLUSÃO

2056 Equinos PSI de corrida no Jockey Club de São Paulo apresentam alta prevalência de
 2057 alterações radiográficas indicativas de lesões iniciais do processo de osteoartrite. Embora
 2058 todos os animais estivessem em atividade esportiva e sem indícios de lesões envolvendo

2059 o sistema locomotor, foram encontrados osteófitos ou enteseófitos em 76% das
2060 articulações metacarpofalangeanas avaliadas, sendo a maioria classificados como
2061 pequenos e estando 100% desses na primeira falange. Outro achado relevante foi a alta
2062 prevalência de irregularidades subcondrais, envolvendo principalmente o metacarpo
2063 dorsal (39%). Sabendo que a irregularidade subcondral geralmente está acompanhada de
2064 dano a cartilagem e que a radiografia frequentemente subestima irregularidades do osso
2065 subcondral, podemos inferir que essa alteração seja ainda mais prevalente e grave que o
2066 encontrado nesse estudo radiográfico.

2067 Os resultados envolvendo os sesamoides proximais são ainda mais marcantes, com até
2068 92% dos sesamoides avaliados apresentando sesamoidite, indicando sobrecarga do
2069 aparato suspensor do boleto.

2070 **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

2071 BAILEY, C. J.; REID, S. W.; HODGSON, D. R. et al. Impact of injuries and disease on
2072 a cohort of two- and three-year-old thoroughbreds in training. *The Veterinary Records*, v.
2073 145, n. 17, p. 487 – 493, 1999.

2074 BERTONI, L.; JACQUET-GUIBON, S.; BRANLY, T. et al. An experimentally induced
2075 osteoarthritis model in horses performed 8 on both metacarpophalangeal and
2076 metatarsophalangeal joints: Technical, clinical, imaging, biochemical, macroscopic and
2077 microscopic characterization. *PloS one*, v. 15, n. 6, 2020.

2078 BRAMLAGE, L. R. Part I: Operative orthopedics of the fetlock joint of the horse:
2079 Traumatic and developmental diseases of the equine fetlock joint. *Proc. American*
2080 *Association Equine Practitioners*, v. 55, p. 96 – 143, 2009.

2081 BRAMA, P. A.; KARSSENBERG, D.; BARNEVELD, A. et al. Contact areas and
2082 pressure distribution on the proximal articular surface of the proximal phalanx under
2083 sagittal plane loading. *Equine Veterinary Journal*, v. 33, n. 1, p. 26 – 32, 2001.

2084 BROMMER, H.; LAASANEN, M. S.; BRAMA, P. A.; et al. Functional consequences of
2085 cartilage degeneration in the equine metacarpophalangeal joint: quantitative assessment
2086 of cartilage stiffness. *Equine Veterinary Journal*, v. 37, n. 5, p. 462 – 467, 2005.

- 2087 DAVIS, A. M.; FAN, X.; SHEN, L. et al. Improved radiological diagnosis of palmar
2088 osteochondral disease in the Thoroughbred racehorse. *Equine veterinary journal*, v. 49, p.
2089 454 - 460, 2017.
- 2090 DYSON, P. K.; JACKSON, B. F.; PFEIFFER, D. U. et al. Days lost from training by two-
2091 and three-year-old Thoroughbred horses: a survey of seven UK training yards. *Equine*
2092 *Veterinary Journal*, v. 40, n. 7, p. 650 – 657, 2008.
- 2093 KANE, A. J., PARK, R. D., MCLLWRAITH, C. W., et al. Radiographic changes in
2094 Thoroughbred yearlings. Part 1: Prevalence at the time of the yearling sales. *Equine*
2095 *veterinary journal*, v. 4, p. 354 – 365, 2003.
- 2096 KIRKER-HEAD, C. A.; CHANDNA, V. K.; AGARWAL, R. K. et al. Concentrations of
2097 substance P and prostaglandin E2 in synovial fluid of normal and abnormal joints of
2098 horses. *American Journal of Veterinary Research*, v. 61, n. 6, p. 714-718, 2000.
- 2099 MCLLWRAITH, C. W. Current concepts in equine degenerative joint disease. *Journal of*
2100 *the American Veterinary Medical Association*, v. 180, n. 3, p. 239 – 250, 1982.
- 2101 OLIVE, J.; D'ANJOU, M. A.; ALEXANDER, K. et al. Comparison of magnetic
2102 resonance imaging, computed tomography and radiography for assessment of
2103 noncartilagnious changes in equine metacarpophalangeal osteoarthritis. *Veterinary*
2104 *Radiology & Ultrasound*, v. 51, n. 3, p. 267 – 279, 2010.
- 2105 PLEVIN, S.; McLELLAN, J.; O'KEEFFE, T. Association between sesamoiditis,
2106 subclinical ultrasonographic suspensory ligament branch change and subsequent clinical
2107 injury in yearling Thoroughbreds. *Equine Veterinary Journal*, n.48, p. 543 – 547, 2016.
- 2108 TRUMBLE, T. N.; BROWN, M. P.; MERRITT, K. A. et al. Joint dependent
2109 concentrations of bone alkaline phosphatase in serum and synovial fluids of horses with
2110 osteochondral injury: an analytical and clinical validation. *Osteoarthritis Cartilage*, v. 16,
2111 n. 7, p. 779 – 786, 2008.
- 2112 VAN DER KRAAN, P. M.; VAN DEN BERG, W. B. Osteophytes: relevance and biology.
2113 *Osteoarthritis and cartilage*, v. 15, n. 3, p. 237-244, 2007.

2114 ZUBROD, C. J. et al. Use of magnetic resonance imaging for identifying subchondral
2115 bone 6 damage in horses: 11 cases (1999–2003). Journal of the American Veterinary
2116 Medical 7 Association, v. 224, n. 3, p. 411-418, 2004.

2117

2118

2119

2120

2121

2122

2123

2124

2125

2126

2127

2128

2129

2130

2131

2132

2133

2134

2135

CONSIDERAÇÕES FINAIS

2136

2137 O presente trabalho se mostra de extrema importância para a medicina esportiva da
2138 indústria equestre no Brasil e no mundo, pois além de corroborar com a descrição de altas
2139 prevalências de cascos distorcidos no cavalo PSI de corrida, demonstra de maneira
2140 alarmante que no Brasil, essas distorções ocorrem de maneira ainda mais expressivas.

2141 Os talões escorridos se destacam por ser uma alteração de grande impacto biomecânico
2142 para o aparato de sustentação e sistema flexor do dígito, que afeta quase a totalidade dos
2143 animais avaliados. Essa alteração também tem sido descrita e já foi relatada anteriormente
2144 em estudos do grupo Equinova em raças nacionais. Sabendo da influência do casqueador
2145 nessa variável, supõe-se que essa característica esteja sendo impressa ou propositalmente
2146 ou por falhas de conhecimento biomecânico dos profissionais da área. Somado aos talões
2147 escorridos, foram encontradas também altas prevalências de ângulo palmar negativo,
2148 alteração que também é influenciada pelo casqueamento e se relaciona a menor eficiência
2149 biomecânica e desenvolvimento de lesões. Como provável consequência dos prejuízos
2150 biomecânicos causados pelas distorções de casco, os animais apresentaram significativa
2151 prevalência de lesões de boleto e sesamoides proximais. Embora até a data da entrega da
2152 presente tese, não tenha sido possível realizar as correlações entre as alterações de casco
2153 e boleto, elas serão estabelecidas e publicadas posteriormente.

2154 Diante da compreensão dos intensos prejuízos causados pelas distorções do casco, sugere-
2155 se que esforços sejam direcionados ao auxílio da compreensão da biomecânica do dígito
2156 e técnicas para expansão e alinhamento dos ângulos de talão e pinça pelos profissionais
2157 responsáveis pelo manejo do casco, para dessa forma, potencializar eficiência
2158 biomecânica, preservar integridade das estruturas e promover longevidade esportiva.