

GONÇALO MATOS ROLA

**PADRONIZAÇÃO DOS PONTOS DE *BREAKOVER* TENDO EM
CONTA A DISTÂNCIA ENTRE A LINHA BRANCA E O ÁPEX DA
RANILHA**

Orientador: Professora Doutora Clarisse Coelho

**Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Faculdade de Medicina Veterinária**

Lisboa

2022

GONÇALO MATOS ROLA

**PADRONIZAÇÃO DOS PONTOS DE *BREAKOVER* TENDO EM
CONTA A DISTÂNCIA ENTRE A LINHA BRANCA E O ÁPEX DA
RANILHA**

Dissertação defendida em provas públicas para a obtenção do Grau de Mestre em Medicina Veterinária no curso de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária conferido pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, no dia 7 de Abril de 2022, com o Despacho de Nomeação de Júri nº 108/2022, de 28 de Março de 2022, com a seguinte composição:

Presidente: Prof. Doutor David Ramilo por delegação da Professora Doutora Laurentina Pedroso

Arguente: Professora Doutora Joana Simões

Orientador: Professora Doutora Clarisse Coelho

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Medicina Veterinária

Lisboa

2022

'No foot, no horse!'

(Davies, 2002)

Agradecimentos

A presente dissertação, vem marcar o final de seis anos de trabalho e dedicação no Mestrado Integrado de Medicina Veterinária, por outro lado, dá início a uma nova etapa da minha vida. Escusado será dizer, que nada disto era possível sem o apoio de muitas pessoas e algumas instituições, às quais venho por este meio prestar o meu reconhecimento, pelo que agradeço profundamente:

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, pelas condições de aprendizagem e trabalho proporcionados, desde o excelente corpo docente, aos conteúdos lecionados e ao equipamento disponibilizado.

À Diretora da FMV, Professora Doutora Laurentina Pedroso, pelo exemplar e continuo esforço para garantir que os alunos do Mestrado de Medicina Veterinária acedam aos conteúdos e métodos mais credenciados no mercado.

À Orientadora e Coorientadores desta dissertação, Prof. Doutora Clarisse Coelho, Dra. Daniela Teixeira e Dr. João Borges pelo incondicional apoio, disponibilidade, incentivo e orientação que me deram, transmitindo-me os seus amplos conhecimentos e que sem os quais a realização deste trabalho seria impossível.

Um especial obrigado ao Dr. João Borges que é o principal responsável pela existência deste projeto, uma vez que idealizou e orientou todo o processo.

Ao Hospital de Medicina e Cirurgia de Equinos, pela disponibilidade do espaço e em especial pela sabedoria que foi transmitida pelo Dr. João Borges e pelo Dr. José Prazeres, a eles um muito obrigado.

Ao Hospital Veterinário de Equinos da Guarda Nacional Republicana, pela disponibilização do espaço, e em especial à Dra. Daniela Teixeira e ao restante staff do HVE, pela ajuda na recolha de dados e permanente disponibilidade para me apoiarem no que fosse necessário.

Ao staff da oficina de siderotecnia do quarto esquadrão, pela constante disponibilidade e pelo conhecimento que me foi transmitido pelos próprios.

Às minhas amigas de curso: Alexandra Fernandes, Mafalda Silva, Matilde, Carolina C. e Carolina O., sempre presentes em todos os momentos, constantemente disponíveis para ajudar e trocar ideias. Foram essências para a conclusão deste capítulo.

À minha família, especialmente às duas senhoras da minha vida, a minha amada mãe por tudo e à minha extraordinária namorada, pela força, carinho, paciência e apoio económico que me proporcionaram ao longo de todos estes anos, sem elas este sonho não teria passado de um sonho.

Estou ciente que não mencionei todas as pessoas que fizeram parte deste meu caminho, mas que de forma direta ou indireta contribuíram para este objetivo, assim, termino com o meu ‘obrigado’ a todos os que comigo se cruzaram e estiveram presentes, especialmente aos meus amigos e familiares que não foram anteriormente mencionados.

Resumo

Na medicina desportiva de equinos a podologia tem ganho cada vez mais importância na gestão e prevenção de lesões, uma vez que uma ferração adequada previne lesões dos tecidos moles e reduz a incidência de respostas inflamatórias a nível articular.

O objetivo deste estudo é avaliar se é possível padronizar a localização dos pontos de *breakover*, tendo em conta a distância da linha branca ao ápex da ranilha na face palmar do casco, sem recorrer à radiologia. Para tal, utilizando marcadores radiopacos e o aparelho de raio x, fizeram-se várias medições. que posteriormente foram analisadas com o auxílio do programa SPSS. O intuito seria padronizar o ponto de *breakover* sem recorrer a aparelhos tecnológicos auxiliares.

No estudo, foram fixados dois marcadores radiopacos, um no ápex da ranilha e outro na linha branca, sendo esta a distância de referência para o posterior estudo de padronização. Após a fixação dos marcadores, tiraram-se duas radiografias lateromediais a cada casco dos membros anteriores. De seguida, procederam-se as medições com o intuito de padronizar os pontos de *breakover*.

Apesar do estudo demonstrar que há uma heterogeneidade relevante de animal para animal, as ilações obtidas não são desmotivadoras, uma vez que toda a informação é essencial.

Palavras-chave: *breakover*, casco, ferração, equilíbrio do casco

Abstract

In equine sports medicine, podiatry has gained increasing importance in the management and prevention of injuries, since proper shoeing prevents soft tissue injuries and reduces the incidence of inflammatory responses at the joint level.

The aim of this study is to assess whether it is possible to standardize the location of breakover points, taking into account the distance from the white line to the apex of the frog on the palmar surface of the hoof, without resorting to radiology. To this end, using radiopaque markers and the x-ray machine, several measurements were made. which were later analyzed with the help of the SPSS program. The aim would be to standardize the breakover point without resorting to auxiliary technological devices.

In the study, two radiopaque markers were fixed, one at the apex of the frog and the other at the white line, this being the reference distance for the subsequent standardization study. After fixing the markers, two lateromedial radiographs were taken of each hoof of the forelimbs. Then, measurements were carried out in order to standardize the breakover points.

Although the study demonstrates that there is a relevant heterogeneity from animal to animal, the conclusions obtained are not discouraging, since all information is essential.

Keywords: Breakover, hoof, Shoe, hoof balance

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

% – por cento

δ – desvio padrão

\bar{x} – média

AP – Ângulo palmar

APIII – Ápex da terceira falange

AR – Ápex da Ranilha

AST – Ângulo da Superfície do Tendão

BO – *Breakover*

cm - Centímetros

CP – Centro de pressão

CPG – *Central pattern generator*

CR – Centro de Rotação

CV- Coeficiente de Variação

DPLSB – Desmite Proximal do Ligamento Suspensor do Boletto

GNR – Guarda Nacional Republicana

GRF – Força de reação do solo, do inglês *Ground Reaction Force*

Km/h – Quilómetros por hora

LA – Ligamento Acessório

LADD – Ligamento Anular Digital Distal

LAP – Ligamento Anular Palmar

LADP – Ligamento Anular Digital Proximal

LATFDP – Ligamento Acessório Do Tendão Flexor Digital Profundo

LATFDS – Ligamento Acessório Do Tendão Flexor Digital Superficial

LB – Linha branca

LSB – Ligamento Suspensor do Boletto

m – Metros

m/s – Metros por segundo

MAD – Membro Anterior Direito

MAE – Membro Anterior Esquerdo

mm – Milímetros

ms – Milissegundos

MTC II – Osso Metacarpo II

MTC III – Osso Metacarpo III

MTC IV – Osso Metacarpo IV

ON – Osso navicular

OSP – Ossos sesamoides proximais

PBO1 – Ponto de *Breakover* 1

PBO2- Ponto de *Breakover* 2

PI – Primeira Falange

PII – Segunda falange

PIII – Terceira falange

TEDC – Tendão Extensor Digital Comum

TEDL – Tendão Extensor Digital Lateral

TEDL – Tendão Extensor Digital Lateral

TFDP – Tendão Flexor Digital Profundo

TFDS – Tendão Flexor Digital Superficial

Índice

Agradecimentos	3
Resumo	5
Abstract	5
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos	6
Descrição do Estágio.....	11
Revisão da Literatura	14
1. Anatomia do Membro Torácico	14
1.1 Ossos do Carpo	15
1.2 Ossos do Metacarpo e Sesamóides Proximais	15
1.3 Falanges e Osso Navicular.....	15
1.4 Articulações	16
1.4.1 Articulações do Carpo	16
1.4.2 Articulação Metacarpofalângica (Boleto)	17
1.4.3 Articulações Interfalângicas	17
1.5 Tendões e Ligamentos.....	17
1.5.1 Tendões Extensores.....	18
1.5.2 Tendões Flexores	18
1.5.3 Ligamento Suspensor do Boleto	19

1.5.4	Aparelho Suspensor.....	19
1.6	Casco	20
1.6.1	Parede do Casco (Taipa).....	20
1.6.2	Sola.....	21
1.6.3	Ranilha.....	22
1.6.4	Bulbo dos Talões.....	22
1.6.5	Córion.....	23
1.6.6	Vascularização do Casco	25
1.6.7	Drenagem Linfática do Casco.....	26
1.6.8	Inervação do Casco	26
1.6.9	Propriocepção do Casco	27
2.	Fases da Passada.....	27
2.1	Fase de Suspensão/Balanço	28
2.1.1	Fase Caudal (Retração).....	28
2.1.2	Fase Intermédia.....	28
2.1.3	Fase Cranial (Protração).....	29
2.2	Fase de Apoio	30
2.2.1	Contacto Inicial com o Solo	30
2.2.2	Fase de Impacto	30
2.2.3	Fase de Carga/Loading Fase (Intermédia).....	31
2.2.4	Propulsão (Caudal).....	32
2.2.5	<i>Breakover</i>	32
3.	Mecanismo do Casco em Estação	34
3.1	Eixo Podofalângico	34
3.2	Equilíbrio do Casco.....	35
3.2.1	Equilíbrio Crânio-caudal	35
3.2.2	Equilíbrio Médio-lateral	37

4. Mecanismo do Casco em Movimento	38
4.1 Mecanismos do Casco	38
5. Centro de Pressão	39
6. Angulo da Superfície do Tendão do Osso Navicular	40
7. Centro de Rotação	41
8. Angulo Palmar ou Angulo da PIII.....	41
8. Ferração	42
8.1 Importância e Benefícios de Ferração/Corte do Casco	42
8.2 Corte do Casco	43
8.3 Aplicação da Ferradura.....	43
8.4 Ferração como Tratamento Auxiliar	44
9. Radiologia	44
10. Justificação	45
11. Objetivo.....	45
Material e métodos.....	45
Critérios de inclusão	46
Material e métodos	46
Análise de dados e resultados.....	52
Validação das medições.....	52
Porcentagem de distância face a LB- AR	54
Referenciais de média \pm 1 desvio padrão	57
Discussão.....	59
Conclusão	60
Bibliografia.....	61
Anexos.....	I

Índice Tabelas

Tabela 1. Caracterização da Amostra do estudo.....	45
Tabela 2. Diferença inter-medições de Raio X e distância entre AR, PB01 e PB02 a LB.....	52
Tabela 3. Proporção da distância de LB-PBO1 e LB-PBO2 face a LB-AR (%) Descritivos e comparação de médias MAE*MAD e de variância PBO1*PBO2.....	54
Tabela 4. Coeficiente de variação e comparação de variância entre PBO1*PBO2 para MAE e MAD.....	56
Tabela 5. Teste de Shapiro-Wilk.....	58

Índice de Figuras

Figura 1. Frequência relativa em percentagem da casuística acompanhada durante ambos os estágios.....	14
Figura 2. Osteologia do membro anterior.....	16
Figura 3. Articulações distais do membro anterior.....	17
Figura 4. Ligamentos e Tendões do Membro Torácico.....	19
Figura 5. Face palmar/plantar do casco.....	23
Figura 6. Estrutura da parede do casco e derme.....	24
Figura 7. Vascularização do casco.....	26
Figura 8. Fase de suspensão.....	29
Figura 9. Ilustração do <i>Breakover</i> no decorrer da passada.....	33
Figura 10. Ponto de <i>breakover</i> 1.....	34
Figura 11. Ponto de <i>breakover</i> 2.....	34
Figura 12. Diferentes ângulos do eixo podofalângico.....	35
Figura 13. Equilíbrio crânio-caudal.....	37
Figura 14. Equilíbrio médio-lateral.....	38
Figura 15. Centro de rotação do casco com má divisão dorso-palmar.....	41

Figura 16. Exemplo de uma ferradura fechada.....	44
Figura 17. Radiografia lateromedial do casco do anterior esquerdo.....	44
Figura 18. Material utilizado para as radiografias.....	47
Figura 19. Vista palmar do casco.....	48
Figura 20. Imagem ilustrativa da preparação do membro anterior esquerdo para uma radiografia lateromedial do casco.....	49
Figura 21. Revelador.....	50
Figura 22. Vista palmar do casco.....	51
Figura 23. Ilustração das medidas obtidas a partir da imagem de raio x da projeção lateromedial do casco.....	52
Figura 24. Distribuição das medidas dos 20 cavalos para o MAE e MAD.....	54

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Proporção da distância de LBO1 e LBO2 face a LB-AR em MAE e MAD.....	55
Gráfico 2. Proporção de distância de LB - POB1 e LB - POB2 face a LB-AR por cavalo em estudo.....	57

Descrição do Estágio

Para a conclusão do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária foram realizados dois estágios curriculares. O primeiro, no estabelecimento do Hospital de Medicina e Cirurgia de Equinos, sob a orientação do Doutor João Borges, realizado de setembro de 2020 a janeiro de 2021; e um segundo estágio complementar, realizado entre janeiro de 2021 e agosto de 2021 no Hospital Veterinário de Equinos da Guarda Nacional Republicana (GNR).

No decorrer dos estágios foram realizadas inúmeras atividades em diferentes especialidades, com maior ênfase na área da ortopedia. Nesta, foram registados inúmeros casos de claudicação devido a tendinites dos tendões flexores, desmítes do ligamento suspensor do boleto, osteoartrite, entre outras alterações. Para se obter um diagnóstico definitivo foram realizados variados exames complementares, como radiografias, ecografias e bloqueios anestésicos. Dependendo da situação, o mesmo cavalo poderia ser submetido a estes três exames, consoante a decisão dos médicos veterinários assistentes.

No âmbito da medicina interna, foram observadas cólicas, casos de neonatologia e dermatites. Relativamente à especialidade de oftalmologia, foram observados casos de ulceração da córnea, cataratas, uveítes e carcinoma de células escamosas.

O estágio que decorreu no hospital da GNR, foi complementar ao estágio anterior uma vez que recaiu mais sobre a área de podologia, enfatizando a importância do bom funcionamento dos cascos dos equinos.

Apesar das imposições provocadas pela pandemia, nomeadamente ao nível da circulação e limitação dos estágios, com a boa vontade dos intervenientes foi possível realizar o estágio nas melhores condições possíveis assim como o estudo apresentado.

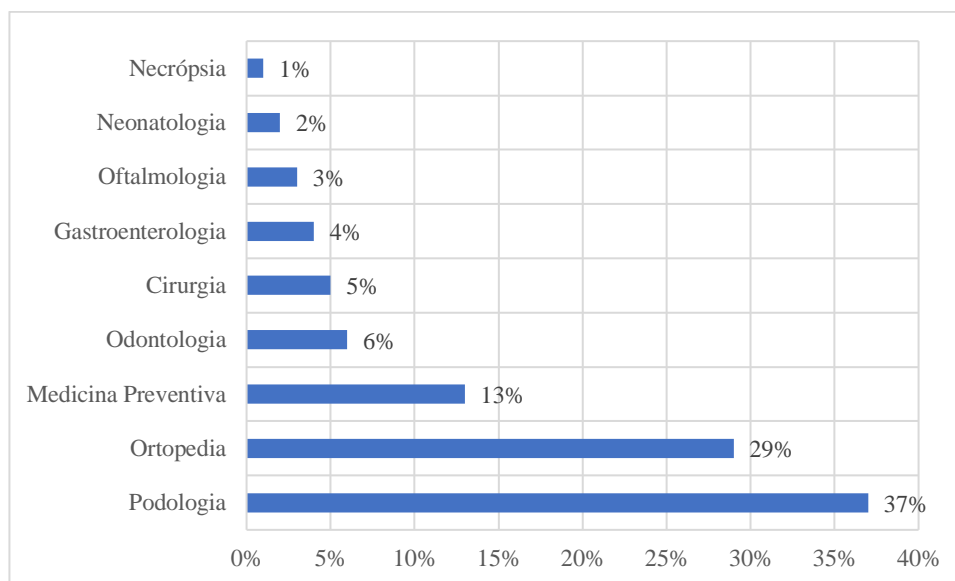


Figura 1: Frequência relativa em percentagem da casuística acompanhada durante ambos os estágios.

Revisão da Literatura

1. Anatomia do Membro Torácico

Os membros dos equinos evoluíram ao longo do tempo de forma a otimizar a sua capacidade de correr rápido. Cerca de 55-60% do peso do cavalo é suportado pelo membro torácico (Budras *et al.*, 2011).

Os ossos que constituem o membro torácico são a escápula, o úmero, o rádio, a ulna, os ossos do carpo e do metacarpo, as falanges e o osso navicular (Budras *et al.*, 2011; Fails, 2020.) Devido à importância para este trabalho, irão ser abordados com maior pormenor as estruturas distais ao carpo, incluindo este.

1.1 Ossos do Carpo

Os ossos do carpo, de proximal para distal e de lateral para medial, são o osso acessório, o ulnar, o intermédio e o radial, respetivamente. Na fileira distal os ossos são numerados de uma quatro, de medial para lateral. O osso um nem sempre está presente e quando está, é rudimentar. Em suma, os equinos podem ter sete ou oito ossos do carpo, dependendo da presença ou ausência do primeiro osso do carpo (Budras *et al.*, 2011).

1.2 Ossos do Metacarpo e Sesamóides Proximais

No equino apenas o MTC II, MTC III e MTC IV estão presentes (Figura 2). Os MTC II e MTC IV caracterizam-se por serem bastantes reduzidos – cerca de um terço mais pequenos que o MTC III. O MTC III é um osso muito desenvolvido, sendo o principal responsável por sustentar o peso. Os MTC II e MTC IV encontram-se aderidos ao MTC III por tecido fibroso. As pontas distais arredondadas dos MTC II e MTC IV são palpáveis e são duas referências anatómicas bastante importantes para se fazer bloqueios anestésicos (Budras *et al.*, 2011).

1.3 Falanges e Osso Navicular

O membro distal do cavalo é composto por três falanges (Figura 2). A falange proximal, ou primeira falange (PI), é a mais longa das três. Nesta destaca-se uma área rugosa em formato triangular na superfície palmar, local de inserção dos ligamentos sesamoides (Barone, 2000). A falange intermédia, ou segunda falange (PII), tem cerca de metade do comprimento da PI e no seu aspeto próximo-palmar apresenta a tuberosidade flexora, que *in vivo* é composta também por uma estrutura fibrocartilaginosa complementar que auxilia na fixação dos ligamentos e do tendão flexor digital superficial. A falange distal, terceira falange (PIII) é constituída por osso esponjoso na sua totalidade, possui orifícios solares e sulcos parietais que servem de suporte aos vasos sanguíneos. Na sua face articular, articula com a PII e com o osso navicular (ON) ou sesamoide distal (Figura 2). É ainda composta por duas cartilagens acessórias, a medial e a lateral, que se sobrepõem aos respetivos processos palmares. As cartilagens acessórias possuem uma ligeira curvatura para se adaptarem à conformação do casco e os seus bordos proximais podem ser sentidos acima do bordo coronário caudalmente. Na face palmar da PIII, encontra-se a superfície flexora do osso, zona essa que corresponde à zona de inserção do tendão flexor digital profundo (TFDP) (Budras *et*

al., 2012).



Figura 2: Osteologia do membro anterior (adaptado de Budras *et al.*, 2011).

1.4 Articulações

As articulações são compostas por cápsula articular fibrosa, uma membrana sinovial, por líquido sinovial, cartilagem articular, ligamentos e ossos. Uma articulação sinovial é composta por duas ou mais extremidades ósseas cobertas por cartilagem articular, possibilitando mobilidade articular suave e sem fricção. A membrana sinovial e a cápsula fibrosa têm como função envolver a cartilagem e unirem-se ao osso em ambos os lados da articulação, formando uma cavidade para o fluído sinovial e promovendo estabilidade articular (van Weeren, 2015).

As articulações são classificadas em três tipos, consoante a sua mobilidade: sinoartroses – articulações imóveis (ex: crânio); anfiartroses – articulações com mobilidade parcial (ex: vértebras); e diartroses – articulações móveis, responsáveis pela locomoção (ex: carpo) (van Weeren, 2015).

1.4.1 Articulações do Carpo

A articulação do carpo é do tipo diartrose uma vez que é uma articulação de alta mobilidade. Proximalmente os ossos do carpo articulam com o rádio e ulna e distalmente articulam com os ossos do metacarpo. O carpo é composto por quatro articulações distintas, a radiocarpal (tróclea do radio com os ossos do carpo), intercárpicas (fileira proximal com a

fileira distal dos ossos do carpo), carpometacárpicas (ossos do carpo com os metacarpos) e articulações intercarpais (entre os ossos do carpo da mesma fileira) (Budras *et al.*, 2011; van Weeren, 2015).

1.4.2 Articulação Metacarpofalângica (Boleto)

É classificada como uma diartrose, pois possui alta mobilidade. A porção mais distal do MTCIII contém uma crista sagital que articula com o sulco da PI, apesar da maior superfície articular ser entre a PI e o MTCIII. Na porção palmar distal do MTCIII encontram-se dois ossos, denominados sesamoides proximais (Figura 3) (Budras *et al.*, 2011; van Weeren, 2015).

1.4.3 Articulações Interfalângicas

Apesar de terem menor mobilidade que as duas articulações anteriormente referidas, as articulações interfalângicas também são diartroses. Existem duas articulações interfalângicas: a proximal, que consiste na articulação da PI com a PII, e a articulação interfalângica distal formada pelas superfícies articulares da PII com a PIII. Apesar da superfície articular da PIII contactar essencialmente com a PII, na sua face palmar também faz contacto com o osso navicular (Figura 3) (Budras *et al.*, 2011; van Weeren, 2015).



Figura 3: Articulações distais do membro anterior (adaptado de Parks, 2003).

1.5 Tendões e Ligamentos

Os ligamentos são estruturas que, salvo exceções, unem dois ossos entre si e têm a função de reforçar e estabilizar as articulações. Já os tendões unem músculos a ossos e têm como função exercer movimentos de extensão, flexão e rotação. Conforme a localização dos tendões nas faces dorsal e palmar, estes realizam funções de extensão e flexão respetivamente.

A nível articular, a posição destas estruturas é assegurada por bandas de tecido conjuntivo, nomeadamente, retináculos e ligamentos. São exemplos os retináculos do carpo e o ligamento anular palmar (LAP) a nível do bolete e os ligamentos anulares digitais proximale distal (LADP e LADD) ao nível da quartela. Para além dessas estruturas, ainda existem as bainhas sinoviais, que têm como função evitar a fricção entre o tendão e a articulação correspondente (Fails, 2020).

1.5.1 Tendões Extensores

Na extremidade distal do membro localizam-se os tendões extensores, nomeadamente o tendão extensor digital comum (TEDC) e o tendão extensor digital lateral (TEDL). O TEDC tem origem no músculo digital comum junto à extremidade distal do úmero, passa ao longo das faces dorsais do MTC III e das três falanges inserindo-se distalmente na face dorsal da PIII. Apresenta ainda inserções ao nível das extremidades proximais da PI e PII. Junto ao carpo e ao bolete é revestido por uma bainha sinovial. O TEDL origina-se no músculo digital lateral, ao nível da extremidade distal do úmero, passa ao longo do MC III, e insere-se na extremidade proximal da PI lateralmente ao TEDC. O TEDL possui uma posição lateralna metade proximal da diáfise do MTC III, e na metade distal une-se ao TEDC na facedorsal do MTC III. À semelhança do TEDC, ao nível do carpo e do bolete, é revestido por uma bainha sinovial (Fails, 2020).

1.5.2 Tendões Flexores

Existem dois tendões flexores no membro distal: o tendão flexor digital superficial (TFDS) e o tendão flexor digital profundo (TFDP). O TFDS origina-se no músculo flexor digital superficial, caudomedialmente à extremidade distal do úmero, inserindo-se na face palmar das extremidades distal da PI e proximal da PII. Este tendão divide-se em dois ramos: um ramo medial e outro lateral junto à face palmar da primeira metade da PI, proximalmente às suas zonas de inserção na PI e PII. É revestido por duas bainhas, uma na face palmar do carpo e outra, bainha digital, na face palmar do bolete e da quartela. O TFDS possui um ligamento acessório (LA), também conhecido como LA proximal, que se origina na face caudal do rádio e une-se ao tendão ao nível da região inferior do antebraço (Fails, 2020). O TFDP origina-se no músculo flexor digital profundo, que se encontra caudomedialmente à extremidade distal do úmero e insere-se na face palmar da PIII. O TFDP localiza-se entre o

TFDS e a face palmar do MTC III. Ao nível do bolete, o TFDP atravessa a manica flexora, que consiste numa estrutura circular originada do TFDS e que envolve o TFDP. Na zona da quartela, passa a bifurcação do TFDS antes de se inserir na face palmarodistal da PIII. À semelhança do TFDS, também é revestido por duas bainhas, uma bainha sinovial na face palmar do carpo e outra bainha digital na face palmar do bolete e da quartela. O LA do TFDP (LATFDP), também conhecido por LA distal, ou *check ligament*, origina-se numa cápsula fibrosa localizada na face palmar da articulação do carpo, e insere-se no TFDP sensivelmente a meio da canela (Figura 4) (Fails, 2020; Budras *et al.*, 2011).

1.5.3 Ligamento Suspensor do Boletto

O ligamento suspensor do boletto (LSB), também conhecido por músculo interósseo, origina-se na face palmar da fileira distal dos ossos do carpo e da extremidade palmaropróxima do MTC III. Na extremidade distal do MTC III, divide-se em dois ramos extensores (lateral e medial), ramos estes que passam pela superfície abaxial dos sesamoides proximais e unem-se com o TEDC na sua inserção no processo extensor da PI (Figura 4) (Fails, 2020; Budras *et al.*, 2011).

1.5.4 Aparelho Suspensor

O aparelho suspensor permite que os equinos permaneçam em estação por longos períodos de tempo com um esforço muscular reduzido. O aparelho suspensor do membro anterior é composto pelo TFDS e o LATFDS, o TFDP e o LATFDP e por fim o LSB (Figura 4) (Budras *et al.*, 2011).

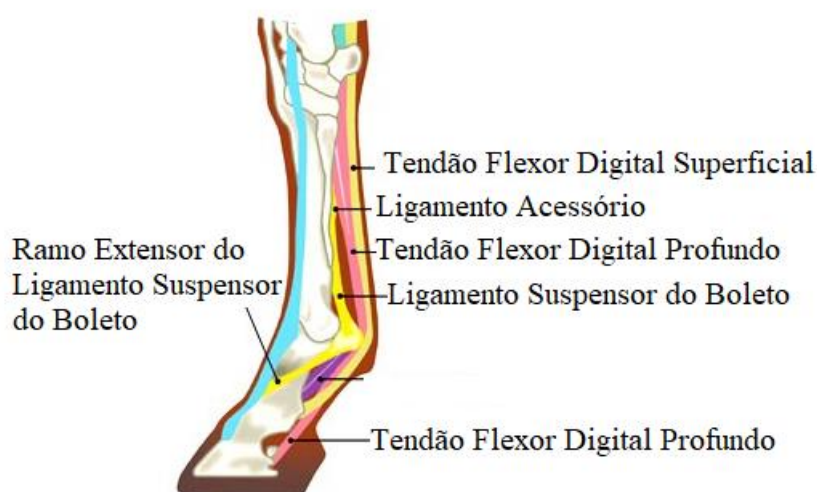


Figura 4: Ligamentos e Tendões do Membro Torácico (adaptado de Phillips, 2019).

1.6 Casco

O casco encontra-se na extremidade distal do membro e é formado a partir da queratinização do epitélio que cobre a derme. Esta complexa estrutura permite o apoio no solo e desempenha eficientemente outras funções, nomeadamente biomecânicas, de tração, proteção, circulação venosa, termorregulação e propriocepção. A superfície de apoio do cavalo é bastante pequena tendo em conta a sua dimensão (Budras *et al.*, 2011).

Apesar da pequena área, o casco é uma estrutura bastante complexa – designado em certas partes do mundo de órgão digital. Este divide-se em várias porções, nomeadamente, parede (ou taipa ou muralha), perióple (limbo), sola e ranilha. A sola divide-se em quatro parcelas, designadas, de cranial para caudal: pinça ou ponta do pé, ombros ou encontros, quartos e talões. A união da sola com os talões é realizada pela ranilha, a qual se divide em ponta, corpo e ramos, sendo a ponta a porção mais anterior e os ramos mais posteriores. A ranilha encontra-se separada da sola pelos sulcos paracuneais (Budras *et al.*, 2011).

O casco está aderente à derme que envolve a PIII e cresce a partir da derme coronária em direção distal. Por mês, cresce cerca de um centímetro, ou seja, em teoria, ao final de oito meses a porção formada na zona proximal atinge o solo. Outras particularidades apresentadas pelo casco incluem a ausência de glândulas sebáceas e sudoríparas (exceto em algumas associações com a ranilha) e também é livre de pelos (Budras *et al.*, 2011).

1.6.1 Parede do Casco (Taipa)

A parede é a estrutura que reveste todo o casco, desde a face palmar à plantar, da lateral à medial e palmarmente onde se inflete nas barras. É composta por túbulos córneos que se encontram rodeados e abrangidos por uma substância córnea intertubular. Os diferentes estratos distinguíveis de exterior para o interior são os estratos externo, médio e interno (Budras *et al.*, 2011).

1.6.1.1 Estrato Externo ou Perióple

O estrato externo é a camada mais fina e é composto por células queratinizadas, células essas conferem à parede do casco o seu aspeto liso e brilhante. É produzido

proximalmente à derme coronária, pelo epitélio de uma fina banda de derme perióplica. Esta camada de tecido córneo, devido ao seu alto teor lipoproteico, tem uma consistência mole semelhante à da cola. Progride no sentido distal, contudo, visto ser uma camada muito fina, limita-se a recobrir a porção proximal, uma vez que sofre rápida deterioração (Figura 5) (Grady, 2002; Stashak, 2006).

1.6.1.2 Estrato Médio

O estrato médio é geralmente pigmentado e é a camada mais espessa das três, produzido pela epiderme coronal e caracteriza-se pela sua estrutura tubular. É o principal responsável pelo suporte da carga e exerce funções de transferência da força de reação do solo para o esqueleto. A queratina é a principal proteína estrutural do estojo córneo. A queratina, consoante a sua constituição estrutural, divide-se em: dura, que é extremamente forte e resistente devido à sua grande riqueza em pontes de dissulfeto e amole, que é pobre em pontes de dissulfeto, mas abundante em grupos sulfidrilo, que lhe confere menor resistência. A parede do casco e a sola são formados por queratina dura, de maior resistência. É também neste estrato insensível, que se colocam os cravos que fixam as ferraduras. São exemplos de estruturas formadas pela queratina mole a ranilha, o perióplo, os bulbos e a linha branca (Budras *et al.*, 2012).

1.6.1.3 Estrato Interno

O estrato interno é composto por cerca de 600 lâminas córneas (epidérmicas), insensíveis, que se interdigitam com as lâminas sensíveis (dérmicas) da derme laminar. Cada uma destas lâminas córneas subdivide-se em cerca de 100 lamelas secundárias que ~~unem~~ interligam com as lamelas do córion. Na região mais interna está localizada a derme (cório coronário), que consiste num tecido conjuntivo denso, rico em colagénio e altamente irrigado e enervado que recobre a PIII e está fortemente interligado com as lâminas epidérmicas (Stashak, 2006; Budras *et al.*, 2012).

1.6.2 Sola

A sola, devido ao seu formato concavo, não assenta no solo, deixando essa função para o bordo distal da parede do casco e para a ranilha. É composta por tecido córneo intertubular e túbulos córneos. Apesar de ser formada por queratina dura à semelhança da

parede, a sua consistência é mais macia em comparação com a taipa. A linha branca (linha plantar) é formada pela junção da sola com a parede, compreende tecido córneo não pigmentado produzido distalmente ao terço distal das lâminas dérmicas. O bordo interno da linha branca é onde devem ser aplicados os cravos que seguram a ferradura, sendo inseridos obliquamente de modo que a sua saída se faça pela parede do casco (Figura 5) (Stashak, 2006).

1.6.3 Ranilha

A ranilha é uma estrutura em forma de cunha que se encontra entre os talões, dando origem à porção palmar do casco juntamente com os talões. É composta por tecido córneo tubular, macio e elástico, mantém-se flexível não só pela secreção adiposa de glândulas presentes na almofada digital (*digital cushion*), como também devido à sua percentagem de água. A ranilha é composta por 56% de queratina e 42% de água, já a taipa, é composta por 82% de queratina e 16% de água. A ranilha está separada das barras por dois sulcos, lateral e medial, denominados sulcos paracuneais. A lacuna média ou sulco central (fenda da ranilha) divide a ranilha na sua porção caudal. Esta estrutura exerce funções importantíssimas na circulação sanguínea distal e no mecanismo do casco (Figura 5) (Stashak, 2006; Budras *et al.*, 2012).

1.6.4 Bulbo dos Talões

Os bulbos dos talões localizam-se dorsalmente aos talões. Profundamente aos bulbos, está localizada a almofada digital. A almofada digital é uma estrutura bem desenvolvida composta por tecido fibroelástico-adiposo e localiza-se entre as duas cartilagens ungulares. É essencial para o afastamento das porções medial e lateral do casco quando o mesmo assenta no solo. A expansão do casco é denominada por diástole do casco e ocorre devido à pressão exercida aquando do contacto do casco com o solo; já a sístole do casco, corresponde ao processo inverso, ou seja, o alívio da pressão que permite que as estruturas retomem a sua posição. A distensão da almofada digital é essencial para o bom funcionamento do casco, pois, para além da função de amortecimento que possui, é responsável pela circulação do sangue venoso e linfa. Assim sendo, é essencial que a ranilha contacte com o solo a cada passada. Uma correta ferração torna-se desta maneira essencial para que a ranilha possa contactar com o solo, evitando uma circulação deficiente (Stashak, 2006; Budras *et al.*, 2012).



Figura 5: Face palmar/plantar do casco (adaptado de www.lancerural.com)

1.6.5 Córion

O córion (derme) é uma estrutura altamente vascularizada que está fixo às estruturas mais profundas, como a terceira falange, as cartilagens ungulares, e os tendões. O tecido subcutâneo é o responsável por essa união, visto que cria a ponte entre a derme e as estruturas anteriormente referidas. O córion aumenta a sua espessura profundamente à derme da ranilha e à derme coronária - essas são as zonas onde se localizam a almofada digital (*digital coushin*) e à almofada coronária, respetivamente. Estas últimas são compostas por cartilagem, tecido adiposo, fibras elásticas e colagénio (Stashak, 2006; Budras *et al.*, 2012).

O córion divide-se em:

1.6.5.1 Derme Perióplica

Composta por papilas dérmicas curtas, está localizada na zona que une a pele ao tecido córneo do casco. Produz um fino estrato córneo que progride distalmente e tende a ser despigmentado, ficando branco. Esse estrato córneo por norma não atinge o solo pois desgasta-se antes de atingir o ponto mais distal do casco, devido à erosão que vai sofrendo (Figura 6) (Budras *et al.*, 2012).

1.6.5.2 Derme Coronária

Encontra-se proximalmente à derme perióplica. Profundamente à dermecoronária, encontra-se a almofada coronária. À semelhança da derme perióplica, cresce de proximal para distal e é formada por papilas que ficam mais longas distalmente. O seu estrato córneo é grosso, duro e pigmentado. O seu epitélio é responsável pela produção de tecido córneo que compõe em grande maioria a parede do casco (Figura 6) (Stashak, 2006; Budras *et al.*, 2012).

1.6.5.3 Derme Laminar

São cerca de 600 lâminas dérmicas (sensíveis) que se interdigitam com outras 600 lâminas córneas (insensíveis) na face profunda da parede do casco. Tanto as lâminas dérmicas como as córneas, compõem lamelas secundárias que colaboram na fixação da parede do casco à derme e, mais profundamente, à PIII. Devido à proliferação do epitélio que cobre as lâminas dérmicas, a parede tem a capacidade de deslizar, contudo, se necessário, também produz tecido córneo cicatricial. O alinhamento perfeito da PIII com a parede do casco e a aderência das estruturas deve-se à coesa interdigitação entre as lâminas dérmicas e da parede. Exemplo da perda dessa interdigitação é o caso da laminite, que em processos mais graves, resulta na rotação da falange distal (Figura 6) (Stashak, 2006; Budras *et al.*, 2012).

1.6.5.4 Derme da Sola

Encontra-se aderente à face palmar da falange distal. É considerada uma zona de alta sensibilidade (sensibilidade epicrítica) devido à sua elevada inervação, sendo classificada como a zona mais sensível da extremidade dos equinos (Stashak, 2006; Budras *et al.*, 2012).

1.6.5.5 Derme da Ranilha

Localiza-se entre a almofada digital, também denominada de pulvinoungular, e a ranilha (Stashak, 2006; Budras *et al.*, 2012).

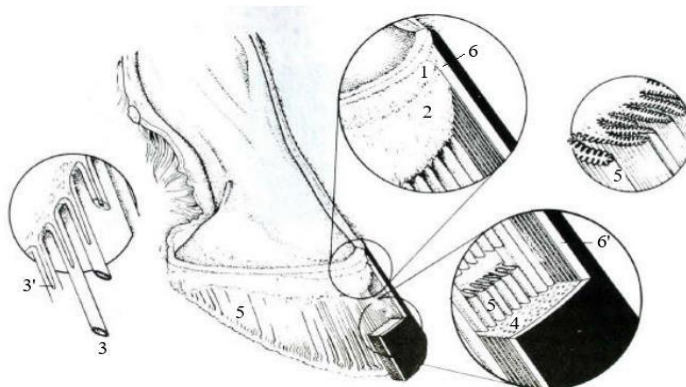


Figura 6: Estrutura da parede do casco e derme. 1) Derme perióplica; 2) Derme coronária; 3) Túbuloscórneos; 3') Papilas da derme coronária; 4) Estrato médio; 5) Lâminas dérmicas que se interdigitam com as lâminas córneas da parede do casco; 6) Periople; 6') Extrato externo da parede (Adaptado de Dyce *et al.*, 1999).

1.6.6 Vascularização do Casco

A irrigação sanguínea do casco é efetuada pelas artérias digitais medial e lateral, as quais têm a sua origem na artéria digital comum. Os ramos originários das artérias digitais lateral e medial, junto à articulação interfalângica, são os responsáveis pela irrigação palmar da almofada digital, ranilha e derme dos talões. Os ramos dorsais unem-se a meio da PII onde formam dois semicírculos, dando origem à artéria circunflexa coronária, que rodeia o bordo coronário e a PII. A artéria circunflexa coronária é a responsável pela irrigação da articulação interfalângica distal e do TEDC. Esta emite ramos que irrigam ainda a derme coronária e derme laminar proximal ao nível da pinça e quartos. As terminações das artérias digitais continuam por canais presentes na PIII, até se unirem no seu interior, dando origem ao arco terminal, do qual nascem pequenos ramos que atravessam os forâmenes dorsais da PIII, irrigam a derme laminar e, após a formação da artéria circunflexa da sola, a derme solar (Figura 7) (Parks, 2003).

Relativamente à circulação venosa, passa por três plexos que terminam na veia digital palmar: plexo coronário da almofada coronária, plexo venoso dorsal da derme e plexo venoso palmar da derme solar. O retorno venoso do casco depende essencialmente da ação mecânica resultante do apoio do casco no solo. Quando o casco assenta no solo (período de carga/diástole do casco), ocorre a expansão do casco e o aumento da pressão interior, o que leva ao movimento do sangue de distal para proximal; quando o membro está elevado (período de contração/sístole do casco), ocorre um movimento do sangue arterial mais facilitado no sentido da periferia entrada de sangue para as mesmas. A ranilha é uma estrutura extremamente importante para auxiliar a irrigação do casco (Parks, 2003; Stashak, 1998).

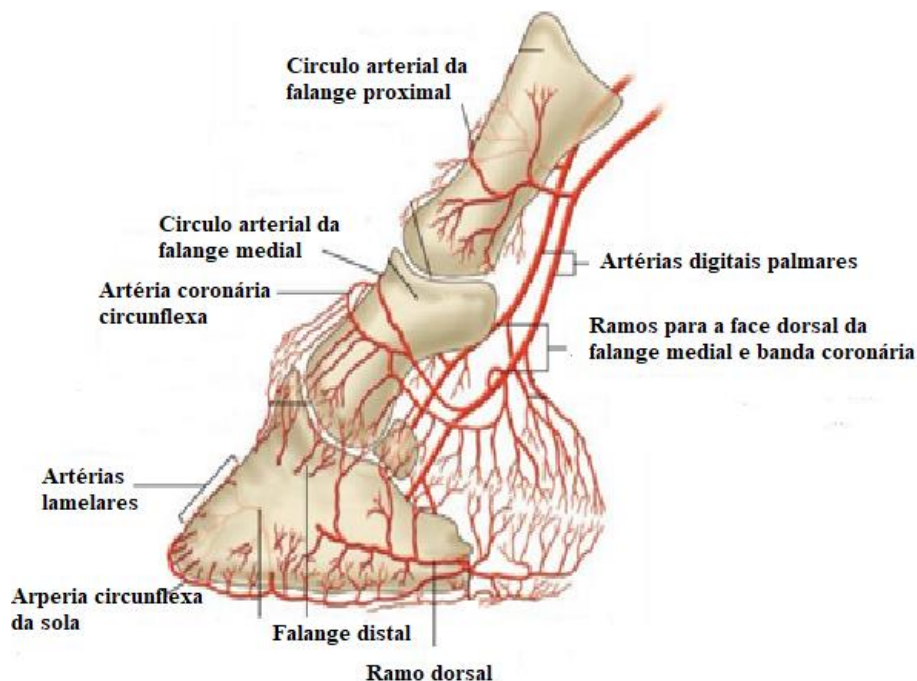


Figura 7: Vascularização do casco (adaptado de Back & Clayton, 2013).

1.6.7 Drenagem Linfática do Casco

O linfocentro axilar e o linfocentro cervical superficial são os responsáveis pela drenagem linfática do membro torácico. A linfa é conduzida ao gânglio linfático axilar pelo sistema profundo, trajeto que acompanha as artérias e as veias e drena a linfa presente nos tecidos profundos do membro torácico. Já o gânglio linfático pré-escapular ou cervical superficial, recebe a linfa de toda a pele do membro torácico (Stashak, 2006; Budras *et al.*, 2012).

1.6.8 Inervação do Casco

A inervação do casco é realizada pelos nervos digitais palmares, que passam na quartela caudalmente à veia e à artéria digital palmar. Os nervos acompanham lateral e medialmente o TDFP, onde juntamente com as artérias digitais respetivas, percorrem profundamente o casco até ao aspeto axial da cartilagem unguear, distalmente ao ligamento de *ergot*. Ao chegar à face palmar da entrada do casco, o nervo digital emite um ramo para a

almofada digital (*ramus toriungulae*). Após a ramificação, o nervo digital segue no sentido dorsodistal mantendo o plano axial para o processo palmar da PIII, emitindo ramos para a articulação interfalângica distal. Ao penetrar o forâmen solar, alcança o canal solar da falange distal. Aqui, são emitidos ramos nervosos proximais e distais no seu percurso semicircular no canal solar que, juntamente com as artérias e veias, penetram no osso. Na superfície parietal da falange distal os ramos nervosos penetram na derme parietal proximal e distalmente. Aqui, ramificam-se em ramos proximal e distal, ramos esses que são responsáveis por originar uma rede dérmica profunda. Os ramos da rede dérmica profunda, ramificam-se novamente na base da lamela. Os corpúsculos táteis ou glóbulos terminais nervosos, localizam-se essencialmente na região subcutânea da ranilha e dos talões. Contudo, também estão presentes na almofada subcutânea do périplo e na derme coronária (Back & Clayton, 2013; Budras *et al.*, 2012).

1.6.9 Propriocepção do Casco

A propriocepção do casco é realizada pelos nociceptores que se localizam na zona palmar da ranilha e na zona proximal do osso navicular. Os nociceptores são também chamados de corpos lamelares, e são os responsáveis pelo fornecimento de informação proprioceptiva ao sistema nervoso central e ao cérebro, dando a localização do corpo no espaço. Esta informação é essencial para controlar o gerador de padrão central (*central pattern generator* (CPG)), ou seja, a coordenação intra e inter-membro (Bowker *et al.*, 1993; Bowker *et al.*, 1995; Back & Clayton, 2013).

2. Fases da Passada

A passada compreende ciclos repetitivos de movimento e divide-se em duas fases: a fase de apoio, que corresponde à fase em que o membro está assente no solo, e a fase de suspensão, que corresponde à fase em que o membro está suspenso no ar (Pilliner, Elmhurst & Davies, 2002; Back & Clayton, 2013).

Tendo uma linha vertical como referência, as posições do membro são denominadas de cranial (mais próximo da cabeça), intermédia (junto à linha vertical) e caudal (mais perto da cauda).

A primeira parte da fase de suspensão (caudal) denomina-se de retração, uma vez que todas as articulações se flexionam, atingindo o seu pico máximo de flexão na fase intermédia de suspensão. De seguida, na última parte da fase de suspensão (cranial), as articulações

estendem-se preparando-se para o contacto com o solo e para a passada seguinte (Denoix, 2014).

2.1 Fase de Suspensão/Balanço

Nesta fase, o membro move-se cranialmente e de seguida caudalmente (como pêndulos) antes do contacto inicial com o solo. Esse movimento caudal na fase final da suspensão tem como objetivo reduzir a velocidade do casco no contacto inicial com o solo. Os membros anteriores giram em torno do seu centro de rotação que se encontra na parte superior da escápula. Já o centro de rotação do casco, encontra-se no centro da porção distal da segunda falange (Pilliner, Elmhurst & Davies, 2002; Baxter, 2011).

A fase de suspensão pode ser dividida em três subfases: a fase caudal (retração), que começa no instante em que o membro deixa de ter contacto com o solo; fase intermédia; e a fase cranial (protração) que termina no instante em que o casco entra em contacto com a superfície (Denoix, 2014).

2.1.1 Fase Caudal (Retração)

Nesta fase, a escápula faz um movimento pendular resultante da contração concêntrica de quatro músculos (Denoix, 2014). A porção torácica do músculo trapézio retrai a parte superior da escápula para trás, já os músculos braquiocefálico, omotransverso e peitoral descendente deslocam a extremidade inferior da escápula para a frente, resultando no movimento do membro. Durante este processo, todas as articulações do membro flexionam-se através de movimentos concêntricos resultante da contração dos músculos anteriormente referidos (Denoix, 2014). Os músculos deltoideos e redondo maior são responsáveis pela flexão da articulação do ombro, o músculo bíceps braquial é responsável por fechar a articulação do cotovelo e por fim, os músculos caudais do antebraço, são responsáveis por flexionar as articulações do carpo e digitais (Denoix, 2014).

2.1.2 Fase Intermédia

O movimento cranial da escápula é resultante da contração do músculo trapézio, que retrai caudalmente a extremidade superior da escápula, e da contração dos músculos braquiocefálico e omotransverso, que exercem tração cranial na extremidade inferior da

omoplata. Já a flexão do cotovelo é resultado da ação do músculo bíceps braquial. Uma vez alcançada a flexão máxima, as articulações do ombro, carpo e digitais sofrem extensão, preparando o membro para a próxima fase da suspensão (Denoix, 2014).

2.1.3 Fase Cranial (Protração)

O membro distal desloca-se cranialmente devido à contração dos músculos extensores supraespal e tríceps braquial, que levam também à extensão das articulações do ombro e cotovelo. É importante referir que os músculos supraespinhoso e braquiocefálico potenciam a ação do tríceps, promovendo a extensão das articulações. Já os músculos extensores do antebraço, são responsáveis pela extensão completa do membro, levando à abertura da articulação do carpo e articulações digitais (Denoix, 2014).

A fase cranial da passada corresponde ao momento em que o membro que está suspenso, encontra-se cranial à marca deixada no solo pelo membro contralateral (Figura 8) (Baxter, 2011).

Os equinos, quando apresentam uma claudicação, podem apresentar alteração tanto da fase cranial como da fase caudal da passada, promovendo um encurtamento das mesmas, o que leva a uma diminuição da passada em comparação com o membro contralateral. A existência de um encurtamento da fase cranial pode levar a um mecanismo de compensação, com aumento da fase caudal e vice-versa. É importante referir que essas anomalias são observadas de uma forma mais compreensível numa vista lateral. Patologias, como síndrome navicular, podem ser causa da alteração de comprimento entre passadas (Figura 8) (Baxter, 2011).

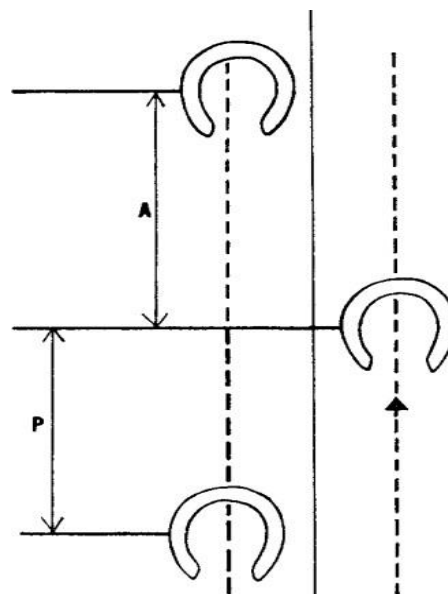


Figura 8: fase de suspensão. A) fase cranial; P) fase caudal (adaptado de Baxter, 2011)

2.2 Fase de Apoio

A fase de apoio, como o próprio nome indica, é a fase que em que o membro está assentado no solo. Existe uma fase de apoio em cada passada (Pilliner, Elmhurst & Davies, 2002).

Durante a fase de apoio, há um deslocamento do membro caudalmente. Assim sendo, esta fase pode ser dividida em três subfases: fase de impacto (cranial); fase de carga (intermédia); e fase de propulsão (caudal) (Denoix, 2014).

No entanto, segundo Pilliner *et al* (2002), a fase de apoio divide-se em quatro fases: contacto inicial com o solo; fase de impacto; fase de carga; e breakover.

2.2.1 Contacto Inicial com o Solo

Quando observado numa vista lateral, o contacto inicial com o solo pode ser feito de três formas: pinça primeiro, talões primeiro ou assenta o casco todo de uma só vez. Os membros posteriores têm mais tendência a fazer o contacto inicial primeiro com os talões em comparação com os membros anteriores. Este tipo de contacto está associado a andamentos com maior velocidade, bastante frequente nos cavalos de corrida. Em movimentos como o *piaffe* (exercício da modalidade do ensino/dressage), o contacto inicial com a pinça é normal. Este tipo de contacto também está associado a cavalos nos quais os cascos são aparados com ângulos agudos, ou seja, pinças compridas e talões curtos. Em animais com ângulos de casco maiores, ou seja, talões altos e pinças curtas, a tendência é inversa, isto é, contacto inicial primeiro com os talões. Em suma, a forma como é feito o contacto inicial com o solo depende da velocidade, do andamento (passo, trote ou galope), do ferrador e da conformação do casco (Back & Clayton, 2013; Ramsey, 2011).

2.2.2 Fase de Impacto

Apenas alguns milissegundos após o contacto inicial com o solo, o casco é rapidamente desacelerado pelas forças verticais de apoio e pela força horizontal de travagem, levando a sua velocidade ao zero. A fase de impacto é tão curta que os músculos não têm capacidade de resposta (Back *et al.*, 2006; Oosterlinck *et al.*, 2010). A onda de choque associada ao impacto é atenuada pelas articulações interfalângicas e pelo casco. É na interface entre a parede do casco e a PIII que se dá o amortecimento da maioria das vibrações relacionadas com o impacto, cerca de 67%. Já as articulações interfalângicas e a metacarpofalângica, são responsáveis por

amortecer cerca de 12% e 9%, respetivamente, das vibrações causadas pelo impacto, valores consideravelmente mais baixos em comparação com a interface entre a parede do casco e a PIII. Apenas aproximadamente 12% das vibrações de impacto são detetadas ao nível dos metacarpos (Willemen *et al.*, 1999a).

Quanto maior a velocidade, menor o tempo que essas forças têm para ser absorvidas. Por exemplo, o tempo obtido para absorver o impacto a passo (1.6 m/s) é o dobro do obtido para absorver o impacto a galope (0.7 m/s), consequência da redução do tempo em que o membro está em apoio (Back *et al.*, 1995). A resposta neurofisiológica define-se como o tempo necessário para o músculo responder a um estímulo e está estimado para cerca de 30 m/s tanto em cavalos como em humanos, o que sugere que a resposta muscular durante a fase de apoio é essencialmente controlada por fatores passivos, tais como, coordenação, propriocepção e propriedades do solo (Back & Clayton, 2013; Ramsey, 2011).

Durante a fase de apoio, os músculos contribuem para o encerramento controlado das articulações desempenhando um papel na absorção de choque. A contração excêntrica dos músculos tem um papel ativo na absorção das ondas de choque: A contração dos músculos flexores juntamente com apoio dos tendões e do ligamento suspensor do boleto limitam a queda do boleto, a contração do músculo bíceps braquial previne o colapso da articulação do cotovelo e a contração excêntrica do músculo supraespinal limita o encerramento da articulação do ombro (Denoix, 2014).

2.2.3 Fase de Carga/Loading Fase (Intermédia)

O peso corporal do cavalo é transferido para o membro após o mesmo entrar em contacto com o solo. O momento em que o peso passa sobre o membro chama-se fase intermédia. Desde que o casco assenta no solo até à fase intermédia, ocorre uma desaceleração (ou fase de desaceleração). A fase intermédia ocorre quando o metacarpo se encontra na vertical e o boleto baixa até ao seu ponto mais baixo. Até então, o LSB, o TFDP e o TFDS encontram-se tensionados. Após esse momento, a tensão do LSB e dos tendões flexores diminui e começa a haver um retrocesso que elasticamente auxilia na flexão do membro distal durante a fase de suspensão (Figura 9) (Pilliner, Elmhurst & Davies, 2002).

A contração intensa durante o alongamento dos músculos anteriormente referidos é fundamental para evitar o colapso do membro, com particular ênfase nos músculos flexores do

antebraço que são responsáveis por suportar o boleto. De seguida o membro continua o seu movimento caudal dando início à fase que se segue.

2.2.4 Propulsão (Caudal)

Nesta fase, dá-se uma retração poderosa do membro que resulta na distensão de todas as articulações. Retração que é resultado da contração muscular concêntrica e da energia armazenada nos ligamentos e tendões nas duas fases anteriores do apoio. Com o intuito de potenciar a ação do músculo bíceps braquial que estende o cotovelo, o músculo supraespal distende a articulação do ombro. Por último, o boleto é elevado devido à ação elástica dos tecidos tendinosos (TFDP e TFDS) e ligamentosos (LSB e LATFDP) no membro distal e também devido à contração dos músculos flexores do antebraço (Denoix, 2014).

2.2.5 Breakover

O *breakover* tem início quando os talões começam a rodar sobre a pinça e termina no momento em que a pinça perde o contacto com o solo. A superfície onde se dá o *breakover* influencia diretamente a pressão exercida na pinça. Numa superfície mole a pinça começa a rodar antes dos talões descolarem do solo, o que reduz a pressão exercida na mesma, ou oposto também se verifica numa superfície dura (Pilliner, Elmhurst & Davies, 2002).

A rotação dos talões sobre a pinça deve-se à tensão exercida pelo TFDP, pelo LATFDP e pelos ligamentos naviculares. Como recorrendo a técnicas de corte e ferração, os ferradores possuem a capacidade de influenciar o *breakover* (Clayton *et al.*, 1991; van Heel *et al.*, 2006). As técnicas de corte e ferração aplicadas num casco para facilitar este momento podem diminuir a tensão dos ligamentos naviculares, do LATFDP e reduzir a pressão exercida pelo TFDP contra o osso sesamoide distal. O início e a duração da fase de *breakover* são diretamente influenciados pelas mudanças de equilíbrio no casco, sobretudo pelo ângulo do casco e comprimento da pinça. Os cascos com talões baixos e pinças compridas têm uma duração da fase de *breakover* claramente superior, contudo, existem variáveis que não sofrem alterações significativas como por exemplo a duração da passada. Está demonstrado que cavalos com ferraduras *rocker*, *rolled* e *square toe* mantiveram tempos de duração da fase de *breakover* semelhantes a trotar numa superfície dura ou a trotar num piso de borracha (Clayton *et al.*, 1991; van Heel *et al.*, 2006). Contudo, quando com as ferraduras referidas anteriormente, o *breakover* tendeu a ser mais cedo, mais suave e com um pico de carga mais baixo (van Heel *et*

al., 2006). Por sua vez, cavalos com talões altos ao usarem ferraduras que facilitam o *breakover*, não diminuem a força absoluta exercida sobre o sesamoide distal nem o momento de maior pressão da articulação interfalângica distal (Eliashar *et al.*, 2002). A existência de *breakover* descentralizado está associado a anomalias de oscilação do membro, anomalias essas que influenciando membro contralateral. Efetuar o *rolling* na ferradura ou no casco de forma a facilitar o *breakover* são técnicas utilizadas para corrigir essas anomalias (Figura 9) (Pilliner, Elmhurst & Davies, 2002; Back & Clayton, 2013).

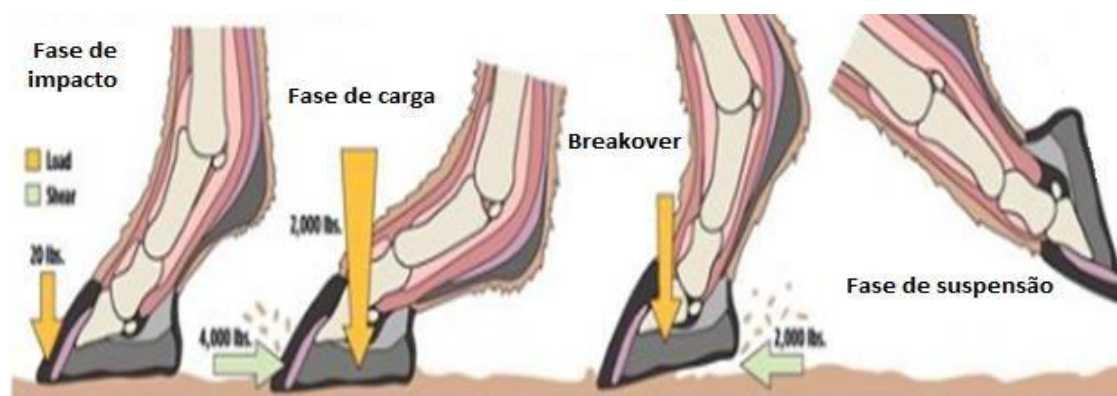


Figura 9: Ilustração do *Breakover* no decorrer da passada (adaptado de www.pinterest.pt)

2.2.5.1 Ponto de *Breakover*

Define-se como ponto de *breakover* (PBO) o ponto a partir do qual os talões iniciam a sua rotação sobre o casco. Para determinar o ponto de *breakover*, temos de recorrer a radiografias. A forma como se determina o ponto de *breakover* ainda gera alguma discórdia na comunidade científica. Uma das teorias diz que para encontrar o PBO, temos de traçar uma linha tangente à facedorsal da PIII, prolongando-a até passar a linha solar do casco - o ponto onde essa mesma linha trespassa o casco, denomina-se de ponto de *breakover*(PBO1) (Figura 10) (Ramsey, 2018).



Figura 10: Ponto de *breakover* 1 (Adaptado de <https://blog.easycareinc.com/roll-with-it/>)

Outra teoria diz que o PBO, encontra-se entre duas linhas, sendo que a primeira é uma linha vertical tangente ao ápex da PIII e perpendicular ao solo, a outra linha, paralela à primeira, localiza-se entre 0.4 e 0.6 cm consoante o peso do animal. (Figura 11) (Page *et al.*, 2002).

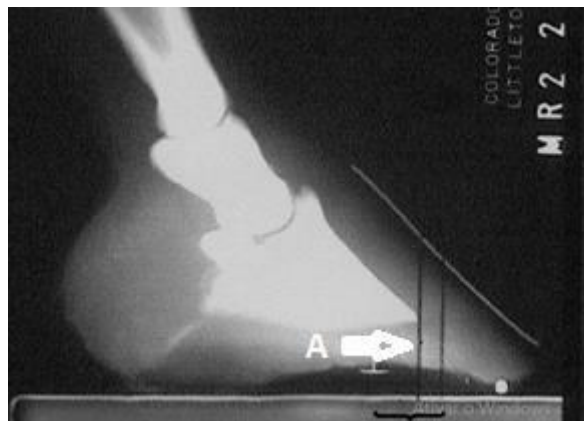


Figura 11: Ponto de *breakover* 2 A) PBO2 (Adaptado de Page *et al.*, 2002)

3. Mecanismo do Casco em Estação

3.1 Eixo Podofalângico

O eixo podofalângico, consiste numa linha imaginária que se origina no centro do côndilo lateral do metacarpo III e atravessa as três falanges pelo seu centro longitudinal. Idealmente as falanges estão todas alinhadas, no entanto, quando o ângulo dorsal é menor do que o palmar, denomina-se *broken-back*; quando ocorre o oposto, denomina-se *broken-forward*. Existindo o alinhamento dos ângulos da quartela, a

distribuição das forças é efetuada de forma equilibrada. Em condições ideais, o corte do casco melhora a interação com solo durante a locomoção. O casco é uma estrutura tridimensional, assim, torna-se fundamental queo mesmo se encontre equilibrado nos planos crânio-caudal (frontal) e médio-lateral (lateral) (Figura 12) (Ramsey, 2011; Back & Clayton, 2013).

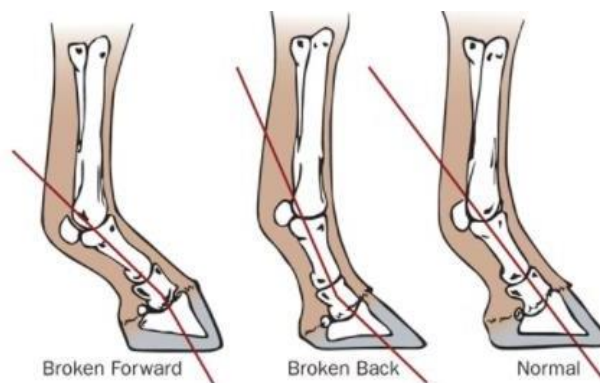


Figura 12: Diferentes ângulos do eixo podofalângico: *Broken Foward*, *Broken Back* e *Normal* (adaptado de Myristol, 2018)

3.2 Equilíbrio do Casco

O equilíbrio do casco é fundamental para que a mecânica da passada seja efetuada de forma correta, permitindo uma distribuição das forças mais equitativa. A sua avaliação é efetuada segundo dois planos: o lateral, que serve para avaliar o equilíbrio crânio-caudal e o plano dorso-palmar que serve para avaliar o equilíbrio médio-lateral (Back & Clayton, 2013).

3.2.1 Equilíbrio Crânio-caudal

O equilíbrio crânio-caudal é avaliado na vista lateral com o cavalo em estação numa superfície nivelada. O alinhamento do eixo podofalângico é conseguido através do ajuste do comprimento dos cascos na zona dos talões, quartos e pinça. Idealmente a parede dorsal do casco forma uma linha paralela ao eixo podofalângico. Um casco equilibrado dessa forma tende a entrar em contacto com o solo com o casco chato, ou seja, de uma só vez ou com os talões ligeiramente primeiro. Quando o casco tem um ângulo mais agudo do que os metacarpos, o eixo podofalângico está *broken back*. O inverso também ocorre, ou seja, quando o ângulo do casco é mais reto do que o ângulo dos metacarpos, o eixo podofalângico está

broken forward, tal como explicado anteriormente. Estudos radiográficos demonstram que a PI é sempre mais vertical do que a PII e PIII, e ainda que as três falanges estão mais alinhadas quando o casco é aparado tendo em conta o paralelismo da parede dorsal com o eixo podofalângico (Bushe et al., 1987). Nestas circunstâncias, o ângulo entre a superfície palmar da PIII e o solo é aproximadamente 5° em Warmbloods, já a distância entre a face dorsal da PIII e a parede do casco ronda os 19 +/- 0.5 mm (Back, 2001).

A forma dos cascos posteriores e anteriores é diferente. O casco anterior é mais largo e tende a ter um ângulo de casco mais agudo (menor), já os cascos posteriores são mais estreitos e geralmente têm um ângulo maior. Recentemente, foram relatados ângulos médios dos cascos anteriores superiores a 50° e superiores a 55° nos membros posteriores (Oosterlinck *et al.*, 2010). Estudos realizados demonstraram que cavalos de corrida apresentavam ângulos menores, provavelmente resultado de começarem os exercícios de corrida bastante jovens (Peel et al., 2006). Existem relatos de alguns estudos radiográficos, em que 70% dos cavalos têm a cápsula do casco e o osso navicular do membro anterior esquerdo eram significativamente mais largas em comparação ao membro contralateral, estudo esse realizado com cavalos Warmblood (Kummer *et al.*, 2006; White et al., 2008). Essas diferenças entre os cascos podem ser explicadas com uma distribuição do peso assimétrica, o que pode contribuir para lesões e uma redução da performance (Kroekenstoel *et al.*, 2006). Existem ainda estudos que demonstraram que poldros que nascem com assimetrias podais têm cargas assimétricas nas articulações interfalângicas (Lejeune *et al.*, 2006). Outra forma de avaliar o equilíbrio crânio-caudal é observar a superfície de apoio do casco em relação ao eixo de sustentação de peso através do MTCIII.

Segundo o plano sagital, os bulbos dos talões devem estar no alinhamento vertical do eixo central do MTCIII. Por vezes, embora haja um bom alinhamento do eixo podofalângico, toda a cápsula articular encontra-se localizada muito cranialmente, o que leva a que os bulbos dos talões estejam cranialmente ao eixo central do MTCIII. Esta situação leva a que haja uma má distribuição de carga, levando a mais peso nos talões, o que pode resultar na alteração com encurvações dos túbulos dos cascos na zona dos talões, diminuindo a sua capacidade de resistir a compressões, levando a cavalos com talões baixos. Idealmente, a parede do casco na pinça é paralela à parede do casco nos talões, havendo uma proporção de dois para um nos membros anteriores e de dois para um e meio nos membros posteriores. Os cavalos com poucos talões estão descritos como tendo uma diferença de ângulos da parede do casco na pinça

em comparação aos talões, diferença essa que em estudos está referida como sendo superior a cinco graus (Figura 13) (Back & Clayton, 2013).

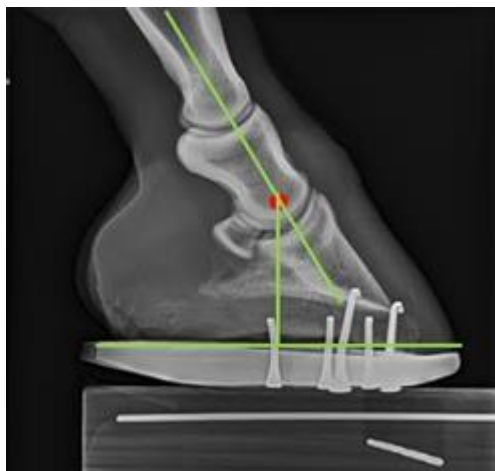


Figura 13: Equilíbrio crânio-caudal (adaptado www.theequinedocumentalist.com)

3.2.2 Equilíbrio Médio-lateral

O equilíbrio medio-lateral é avaliado num plano frontal e pretende otimizar o equilíbrio do casco na avaliação estática como também na avaliação dinâmica. Para avaliar o equilíbrio estático, é necessário que o cavalo esteja “quadrado” (com os membros anteriores e posteriores alinhados e paralelos de forma a formar um “quadrado” com os cascos), de forma que uma linha que corte o membro longitudinalmente seja intersectada por outra que passa na zona dos talões. A intersecção destas linhas deve resultar num ângulo de 90° (eixogeométrico do membro). São usadas as radiografias para avaliar e melhorar as anomalias encontradas (Back & Clayton, 2013).

O intuito da avaliação dinâmica é perceber de que forma o casco assente no chão e fazer as correções necessárias para melhorar o equilíbrio. O casco é aparado de forma que os lados medial e lateral entrem em contacto como solo em simultâneo. Num cavalo com boas conformações, os métodos estático e dinâmico obtêm resultados similares, contudo quando os animais apresentam anomalias conformacionais, os dois vão apresentar resultados diferentes.

Quando um cavalo está em estacão, a força da gravidade é compensada pela força de reação do solo (*ground reaction force* (GRF)), força essa que atua junto ao centro de pressão (CP, será definido de seguida nesta dissertação) do casco. Este último localiza-se junto ao ápex da ranilha. O casco roda em torno do centro de rotação (CR) da articulação interfalângica distal, CR este que se localiza na porção distal da PII. O equilíbrio encontra-se quando, o momento

(torque) da GRF sobre a articulação interfalângica distal é igual ao momento do TFDP (Figura 14) (Back & Clayton, 2013).

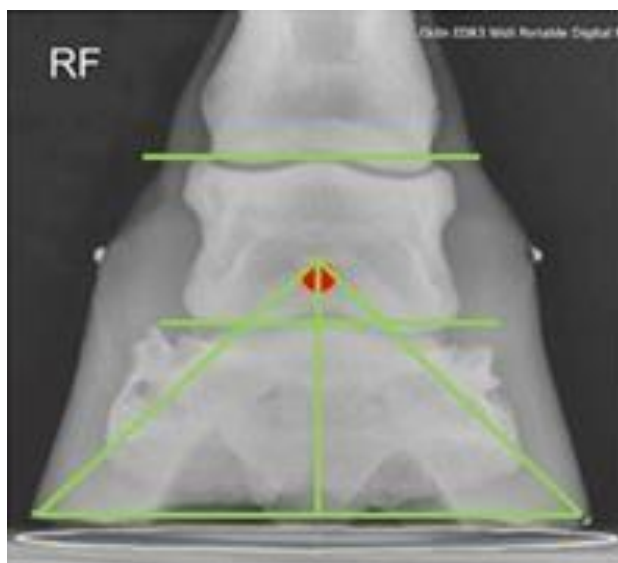


Figura 14: Equilíbrio médio-lateral (adaptado www.theequinedocumentalist.com)

4. Mecanismo do Casco em Movimento

4.1 Mecanismos do Casco

O casco é uma estrutura com mais elasticidade nos talões em comparação à pinça, isso leva a que a sua geometria se altere quando está em carga (ou seja, assente no solo), levando a que: a parede proximal mova-se caudalmente, os quartos dilatam lateralmente e medialmente respetivamente e a ranilha juntamente com a sola fazem um movimento ventral. Este mecanismo anteriormente descrito é conhecido como o mecanismo do casco. No impacto, os talões alargam mais do que o resto do casco do que aquando do *breakover* pois aí os talões encontram-se mais estreitos visto a pressão estar a ser exercida na zona da pinça.

O casco pode ser dividido em três áreas funcionais: os talões que têm função de amortecer, a parede, ranilha e sola têm função de suporte e por último a pinça que tem a função de propulsão. As deformações que ocorrem no casco durante a fase de estação otimizam as funções anteriormente referidas e também permitem que o casco atue como uma bomba na circulação sanguínea. O mecanismo do casco foi estudado e compreendido com o auxílio de medidores de tensão, materiais fotoelásticos, sistemas óticos, doppler e botas específicas para cavalos. Em situações em que não se podem usar placas de força para estimar a GRF, a mesma pode ser estimada através do uso de redes neurais artificiais no casco, uma vez que a

deformação do casco está diretamente relacionada com a carga de cada passada. O uso da ferração pode levar a estabilização ou até diminuir os movimentos do casco. As ferraduras que possuam um ângulo de cinco graus superior nos talões, tendem a diminuir as deformações nos cascos em comparação com ferraduras que possuam a superfície de contacto com o casco igual por si. Num estudo encontra-se demonstrado que o uso de ferraduras em coração, ou seja, com pressão positiva na ranilha, não influenciam a expansão do casco (Colles, 1989). No entanto, está demonstrado que o aumento da pressão na ranilha e na sola promove a expansão dos talões, sendo que alguma dessa expansão ocorre mesmo sem o membro estar em apoio. A almofada digital não exerce nenhuma função na expansão dos talões. As ferraduras com três arpões, dois laterais e o terceiro à pinça (usadas em situações de fratura da PIII), diminuem o mecanismo do casco, pois limitam a sua normal expansão (Kersjes *et al.*, 1985; Hinterhofer *et al.*, 2001).

No trote, as tensões na parede do casco são notavelmente maiores, em comparação como passo e também a galope, e são maiores nos membros posteriores do que nos anteriores. As deformações no casco vão alterando consoante os movimentos que o cavalo desempenha e se está a ser montado ou não, por exemplo: quando o cavaleiro se senta no arrego, aumenta em 20% as tensões no lado medial, já quando a cavalo está a ser montado a direito, aumenta em 20% as deformações no lado lateral, inesperadamente, quando está a ser montado, as deformações nas porções dos quartos dos cascos, diminuem em 30% e por último, quando um cavalo está em círculo, aumenta em 40% a deformação no quarto interno da volta. Mesmo que o tamanho da pinça seja proporcional ao animal, um aumento da mesma e um ângulo do casco maior, levam a aumento da pressão na pinça (Back & Clayton, 2013; Ramsey, 2011).

5. Centro de Pressão

O centro de pressão é o ponto onde atuam o somatório de todas as GRFs (Gomes-Costa *et al.*, 2015). Ao seguir o centro de pressão (CP), num plano craniocaudal, é observável que o mesmo se move do ponto de contacto inicial para uma posição junto ao ápex da ranilha imediatamente após o contacto inicial do casco com o solo e permanece nessa posição durante a maior parte da fase de estação da passada. No momento exatamente antes da pinça perder o contacto com o solo, o CP coincide com o *breakover point*, que se encontra caudalmente à parede dorsal do casco. Nos estudos realizados para determinar as alterações que ocorrem no CP e no padrão de desenrolamento do casco num intervalo de oito semanas de ferração, constatou-se que os cavalos têm capacidade para compensar as alterações de conformação que

ocorrem no decorrer desse intervalo (Van Heel *et al.*, 2005). Porém, a capacidade de compensação é limitada e menor nos membros anteriores, o que resulta num aumento relativo superior da carga nos membros anteriores, em comparação com os membros posteriores (Van Heel *et al.*, 2005). Numa vista médio-lateral, o CP quando um cavalo se encontra em estação equadrado (com os membros anteriores e posteriores alinhados), encontra-se nos quartos mediais. Com a utilização de ferraduras e placas de força, concluiu-se que durante a locomoção, o cavalo tende a fazer mais força na porção medial do casco (Back & Clayton, 2013).

Ao longo da locomoção, verificou-se que as forças transversais não são constantes, tantonos membros anteriores como nos membros posteriores. Ocorrem variações bilaterais nos movimentos extra-sagittais das articulações dos membros anteriores pois os movimentos horizontais junto ao CP não são simétricos. A tensão exercida nos tecidos moles palmares durante a fase de apoio pode ser alterada devido a mudanças angulares das articulações dos boletos e interfalângicas distais. Importante realçar que o LSB como o TFDS, são influenciados pelo ângulo da articulação do boleto, ou seja, à medida que a articulação estende a tensão dessas estruturas aumenta. Já o LA TFDP e o TFDP são afetados pelo ângulo da articulação interfalângica distal, em suma, a tensão destes tecidos aumento consoante a articulação estende. O equilíbrio do casco influencia a tensão exercida nas estruturas tendinosas e ligamentosas. A diminuição da tensão de um tendão, pode levar ao aumento da tensão de outro tendão ou estrutura. O cavalo possui a capacidade para compensar os desequilíbrios do casco, até certo ponto, ajustando o comprimento dos músculos que originam o TFDS e o TFDP ou alterando os ângulos das articulações no membro proximal e no caso de haver dor navicular, também alterama configuração angular no membro distal (Back & Clayton, 2013; Ramsey, 2011; Pilliner, Elmhurst & Davies, 2002).

6. Angulo da Superfície do Tendão do Osso Navicular

Para que seja possível avaliar o ângulo da superfície do tendão (AST) do osso navicular é necessária uma radiografia de referência do casco (definida posteriormente). De seguida, traça-se uma linha tangente à metade distal do osso navicular que se estende até à superfície do casco que assenta no solo. Esse ângulo tende a ser bastante baixo (10-15°), ou extremamente alto (35-45°). A maior parte das patologias associadas ao osso navicular ocorrem na sua metadistal, por esse motivo, a capacidade de manipular o AST torna-se uma excelente ferramenta para o manejo da dor associada (Redden, 2010).

7. Centro de Rotação

O centro de rotação (CR) é um ponto de referência importante para cortar os cascos devidamente. Denomina-se CR pois é uma linha que demarca o centro de rotação da articulação interfalângica distal. Encontra-se ao traçar uma linha vertical do centro do côndilo distal lateral da segunda falange ao solo, dividindo o casco em duas porções, a dorsal e a palmar. Idealmente essas duas porções devem ser iguais (50:50), havendo assim um equilíbrio das forças das estruturas que envolvem o casco. Segundo Bowker (2019), as patologias no osso navicular são causadas por mau corte do casco, e a maioria dos equinos que apresentam patologia navicular, segundo a experiência do mesmo autor, apresentam maus equilíbrios tendo como referência o CR. Bowker (2019) também descreveu o casco de um cavalo com síndrome navicular como tendo tendencialmente talões baixos e pinça comprida, o que indica um mau equilíbrio do CR, nomeadamente, a porção dorsal mais extensa que a palmar (Bowker, 2019). A correção do equilíbrio do casco é a melhor forma de tratamento e prevenção, diminuindo ainda a força exercida pelo TFDP no osso navicular (Figura 15) (Willeman *et al.*, 2010).

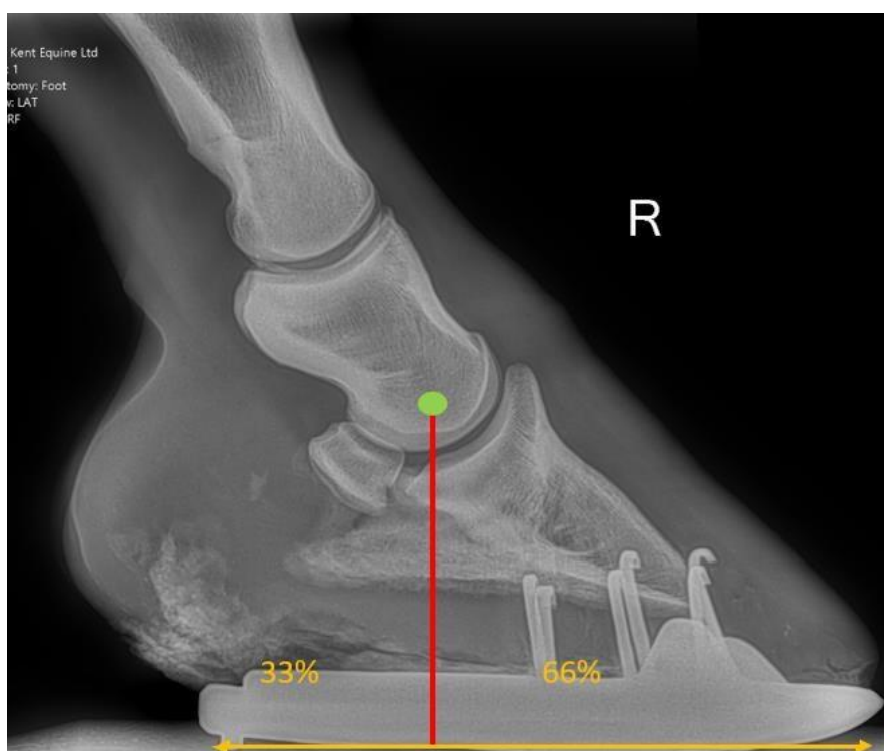


Figura 15: Centro de rotação do casco com má divisão dorso-palmar (adaptado de www.theequinedocumentalist.com)

8. Angulo Palmar ou Angulo da PIII

O ângulo palmar (AP) consiste no ângulo que a face palmar da PIII realiza com o solo. Ainda existe algum debate sobre qual o ângulo palmar ideal, sendo que alguns autores admitem o ângulo de zero como um ângulo ideal. No entanto, a maioria assume que os ângulos normais variam entre os dois e sete graus. Contudo, o mais importante consiste em perceber como é que o ângulo palmar influencia o equilíbrio do casco (Figura 15). O AP afeta o alinhamento da falange e é afetado diretamente pelo ângulo do casco. É aceite que existe um intervalo de valores de AP que são aceitáveis na comunidade científica. O AP é ideal sempre que houver um bom alinhamento das falanges, eixo podofalângico e equilíbrio do CR (Parkes, 2003). Estudos radiográficos demonstram uma correlação negativa entre o PA e sinais patológicos na navicular, ou seja, quanto menor o AP, maior a tendência para sinais radiográficos de patologia de navicular (Dorner *et al.*, 2017).

8. Ferração

Historicamente os cavalos começaram a ser domesticados por volta de 4000 a.C. sendo que a sua domesticação se popularizou em 3000 a.C. Os Romanos foram os primeiros a usar uma espécie de bota de couro para proteger os cascos dos cavalos no caminho para os campos de batalha. Acha-se que o faziam para diminuir a prevalência de claudicações por dor palmar e para prevenir o desgaste do casco. Esta última que começou por ser a principal razão para a ferração dos solípedes. As primeiras ferraduras de ferro com cravos foram inventadas pelos celtas há cerca de 2000 anos atrás. Na realidade, as ferraduras inventadas pelas celtas, são bastante semelhantes às de hoje em dia (Back & Clayton, 2013).

Para que o cavalo otimize a sua performance ao máximo, é essencial que o mesmo tenha um bom equilíbrio. Grande parte do equilíbrio é influenciado por fatores relacionados com o casco. “*No foot, no horse*” é uma frase excelente que demonstra e enfatiza a importância do casco. Cada passada envolve forças que subcarregam o aparelho locomotor. Forças com direção de ação anormal podem levar ao desenvolvimento de várias patologias. O bom conhecimento da anatomia, do equilíbrio e das forças que atuam no casco, juntamente com o conhecimento das técnicas de ferração e ferraduras adequadas, ajuda não só a prevenir e tratar patologias, como também a otimizar os movimentos e forças exercidas pelas estruturas no que diz respeito ao casco e ao membro distal (Back & Clayton, 2013; Davies, 2002; Johnston & Back, 2006).

8.1 Importância e Benefícios de Ferração/Corte do Casco

Historicamente, a ferração e a veterinária estão intimamente ligadas, uma vez que estão descritas na sua origem como sendo uma só. Com o passar dos anos, evoluir da tecnologia e da medicina ambas, seguiram percursos diferentes, dando origem a estas duas profissões (Grady, 2003).

Como referido anteriormente, a ferração teve origem com o intuito de mitigar e prevenir o desgaste do casco, diminuindo dessa forma as claudicações por dor palmar ou sensibilidade solar. Animais com anomalias de aprumos, podem ser assistidos com o intuito de melhorar os seus aprumos e diminuir o risco de lesão. No entanto, é importante referir que a conformação natural de um cavalo deve ser respeitada, nem sempre pode ser alterada e muitas vezes nem deve. Em suma, a ferração é essencial para a prevenção e tratamento de patologias, aumentando desta forma a longevidade desportiva e de lazer dos animais (Parks, 2011).

8.2 Corte do Casco

A base de qualquer ferração corretiva é o corte. Se o corte não for o indicado, qualquer ferradura será inapropriada ou ineficiente. Só existem três variáveis possíveis de ser alteradas com o corte, nomeadamente a profundidade palmar/plantar, o ângulo da parede dorsal e a simetria latero-medial. O comprimento da pinça, é influenciado pela profundidade da sola, a parede é mais longa ou nivelada com a sola adjacente dependendo do corte. O comprimento dos talões é baseado consoante o comprimento da pinça e o eixo podofalângico. Se existirem distorções da cápsula do casco podem ser exigidas medidas adicionais (Baxter, 2011; Parks, 2011).

8.3 Aplicação da Ferradura

A ferradura consegue melhorar o equilíbrio do casco, permitindo prevenir e tratar certas patologias, recorrendo a alteração de alguns dos seguintes princípios, nomeadamente mover o CP, melhorar absorção de choque (palmilhas), facilitar o *breakover*, alterar a distribuição de forças (ex: ferraduras fechadas) e a alterar o movimento do casco durante a fase de suspensão. Para alcançar os princípios que se pretendem, existem várias ferramentas, no entanto, o foco no método muitas vezes é o mais importante. Dois cavalos com a mesma patologia podem ter resultados diferentes usando a mesma ferração, logo a tentativa e erro aumenta a probabilidade de sucesso (Baxter, 2011).

8.4 Ferração como Tratamento Auxiliar

Dor, isquémia de tecidos, déficit mecânico ou patologias neurológicas, são os causadores de claudicação. Através do corte e ferração dos cascos o grau de claudicação pode diminuir devido à diminuição da dor ou à influência na biomecânica (Figura 16).



Figura 16: Exemplo de uma ferradura fechada (adaptado de www.mustadlatam.com)

9. Radiologia

A radiologia com o passar dos anos tornou-se uma ferramenta essencial para o diagnóstico de lesões. Apesar de estar mais associada aos tecidos duros (ossos) também é essencial para diagnosticar patologias no foro dos tecidos moles, quer no âmbito musculoesquelético, como no âmbito visceral. Apesar da evolução tecnológica de todos os sistemas de raio-x, continuam a ser aplicadas as mesmas medidas de proteção contra a radiação (Figura 17) (Díaz *et al.*, 2018; Baxter, 2011).



Figura 17: Radiografia lateromedial do casco do anterior esquerdo (adaptado de Díaz *et al.*, 2018).

10. Justificação

Este estudo testa se é possível determinar os pontos de *breakover* a partir de referências anatómicas.

Desta forma, se se comprovar que de facto é possível identificar os pontos de *breakover* tendo em conta a distância da LB ao AR, seria bastante mais fácil, quer para o ferrador, quer para o veterinário fazer correções na ferração tendo em conta os PBO. É importante perceber que a ferração influencia todas as estruturas musculoesqueléticas e articulares. Assim sendo, um animal com uma ferração adequada previne lesões e processos inflamatórios prematuros. O contrário também se verifica, um animal com uma ferração desadequada tendo em conta a sua conformação, aumenta relativamente a hipótese de lesão dos tecidos moles e de iniciar processos inflamatórios articulares prematuramente.

11. Objetivo

Este trabalho visa compreender se é possível padronizar os pontos de *breakover* em animais diferentes sem recorrer ao raio x, tendo como referência a distância da LB ao AR.

Material e métodos

Todos os dados recolhidos para o presente estudo foram obtidos no decorrer do estágio curricular da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, realizado no estabelecimento da Hospital Veterinário de Equinos da GNR, na Ajuda, no período de fevereiro de 2021 a julho de 2021. É importante referir que a coleta de dados (Tabela 1) foi realizada por completo nas instalações do Hospital Veterinário de Equinos do Quarto Esquadrão da GNR, a partir de procedimentos rotineiros e com autorização dos responsáveis pelos animais.

Tabela 1: Caracterização da amostra do estudo.

	Raça	Idade	Sexo*	Nº da ferradura
Cavalo 1	PSL	9	Macho	1
Cavalo 2	CP	27	Macho	2
Cavalo 3	CP	21	Macho	2
Cavalo 4	CP	14	Fêmea	3
Cavalo 5	CP	14	Fêmea	2

Cavalo 6	CP	7	Fêmea	1
Cavalo 7	CP	12	Macho	1
Cavalo 8	PSL	7	Fêmea	0
Cavalo 9	PSL	5	Fêmea	1
Cavalo 10	PSL	21	Macho	4
Cavalo 11	PSL	7	Macho	2
Cavalo 12	PSL	11	Macho	1
Cavalo 13	PSL	5	Fêmea	0
Cavalo 14	PSL	9	Fêmea	0
Cavalo 15	PSL	21	Macho	3
Cavalo 16	PSL	19	Fêmea	2
Cavalo 17	PSL	9	Macho	2
Cavalo 18	PSL	5	Fêmea	0
Cavalo 19	W	8	Macho	2
Cavalo 20	PSL	14	Fêmea	1

Critérios de inclusão

Foram incluídos neste grupo todos os animais acompanhados radiograficamente para controlo da ferração que não apresentassem laminite, queratomas, doença da linha branca nem deformações do casco ou/e da PIII. E que não apresentassem qualquer tipo de dor ou de claudicação que pusesse em causa a manipulação desse animal tendo em conta o bem-estar animal.

Material e métodos

Tendo como principal objetivo encontrar uma hipotética correlação da distância entre o AR à LB com os PBO1 e PBO2 passamos a especificar os materiais e métodos utilizados para a obtenção dos dados.

Para este estudo foram utilizados dois marcadores radiopacos em cada casco, um no ápex da ranilha (AR) e outro no ponto mais exterior da linha branca (LB) que coincide com a linha média do casco. Também foram utilizados dois blocos de madeira com dimensões de

20x20x6cm, de forma que o casco estivesse mais elevado, e com o membro bem apoiado na vertical. Para medir a distância real entre a LB e o AR, utilizou-se uma régua graduada a milímetros, numa escala de 1/1000. A obtenção das radiografias foi feita através de uma ampola portátil de raio x, da marca Xprime que produz feixes de raio x, feixes esses que são captados por 4 placas de raio x indireto da marca Fujifilm cujas dimensões são de 24x30cm. Estas foram reveladas num revelador da marca Fujifilm e modelo PRIMA T.

Para a devida proteção de todos os intervenientes contra a radiação x, os mesmo estavam equipados com coletes e colarinhos de chumbo da marca Kiran. Aos coletes estavam aderidos dosímetros, aparelhos estes que servem para medir a radiação a que os coletes foram expostos (Figura 18).



Figura 18: Material utilizado para as radiografias 1) placa de raio x; 2) bloco de madeira; 3) colete de chumbo; 3.1) dosímetro; 4) ampola de raio x.

1º passo: Com uma régua, traçou-se a linha média da sola, ou seja, uma linha que vem de caudal para cranial e passa a meio do casco. Após a localização da linha média, faz-se a marcação no ponto exterior da linha branca (LB) que é interseção pela linha média e o mesmo

procedimento no ápex da ranilha (AR) (Figura 19).



Figura 19: Vista palmar do casco 1) linha média.

2º passo: Após identificados os dois pontos, fazem-se a introdução dos dois marcadores radiopacos.

3º passo: Colocação dos membros anteriores em cima dos dois blocos. Os blocos de madeira são essenciais para posicionar corretamente o casco do cavalo. Uma vez que o feixe central de raio x não é baixo o suficiente, é necessário elevar o casco do cavalo. Uma vez que se vai fazer uma avaliação do casco do cavalo é essencial que o peso esteja bem distribuído entre os dois cascos, daí ser preferível que ambos os membros anteriores estejam assentes nos blocos de madeira. Para avaliar o equilíbrio do casco também é importante que os membros estejam bem alinhados e na vertical (Figura 20).



Figura 20: Imagem ilustrativa da preparação do membro anterior esquerdo para uma radiografia lateromedial do casco (adaptado de Díaz *et al.*, 2018).

4º passo: Radiografar ambos os cascos dos membros anteriores:

- 1º - Cascos limpos, casqueados e sem ferraduras;
- 2º - Ambos os cascos posicionados em cima dos podó blocos e cada casco está assente no bordo medial do bloco de madeira;
- 3º - Cavalos quietos e quadrados com o MTCIII vertical em relação ao chão e com os quatro membros bem assentes no chão e boa distribuição de pesos (nenhum membro em descanso);
- 4º - A placa apoiada no chão, no lado medial do casco, abaixo da sola do casco, perpendicular ao solo e o mais próximo possível do casco;
- 5º - A ampola de raio x ficou posicionada no lado lateral do casco; 6º - A uma distância de +/- 90cm da placa;
- 7º - O feixe de radiação perpendicular ao membro e à placa, paralelo aos bulbos dos talões;
- 8º - Feixe de raio x apontado a aproximadamente 1cm abaixo da banda coronária, ao

meio entre a parede dorsal do casco e os talões;

9º - Primeira radiografia: 65 kVp 8 mAs;

10º - Segunda radiografia: 70 kVp 3,2 mAs;

11º - Repetir o processo para no membro contralateral.

5º passo: Revelação das radiografias.

As radiografias foram reveladas num revelador da marca Fujifilm e modelo PRIMA T (Figura 21).



Figura 21: Revelador.

6º passo: Remoção dos marcadores.

A medição era feita após a remoção dos marcadores pois dessa forma a medição era mais fidedigna, uma vez que as os pontos onde os marcadores estavam assentes ficavam marcados nos cascos e os mesmos permitiam que se fosse mais preciso na medição. Esta medição “real”, tinham como intuito perceber se estava ou não a haver algum efeito de ampliação nas distâncias obtidas no raio x.

7º passo: Medição da distância real entre a LB e o AR (Figura 22).

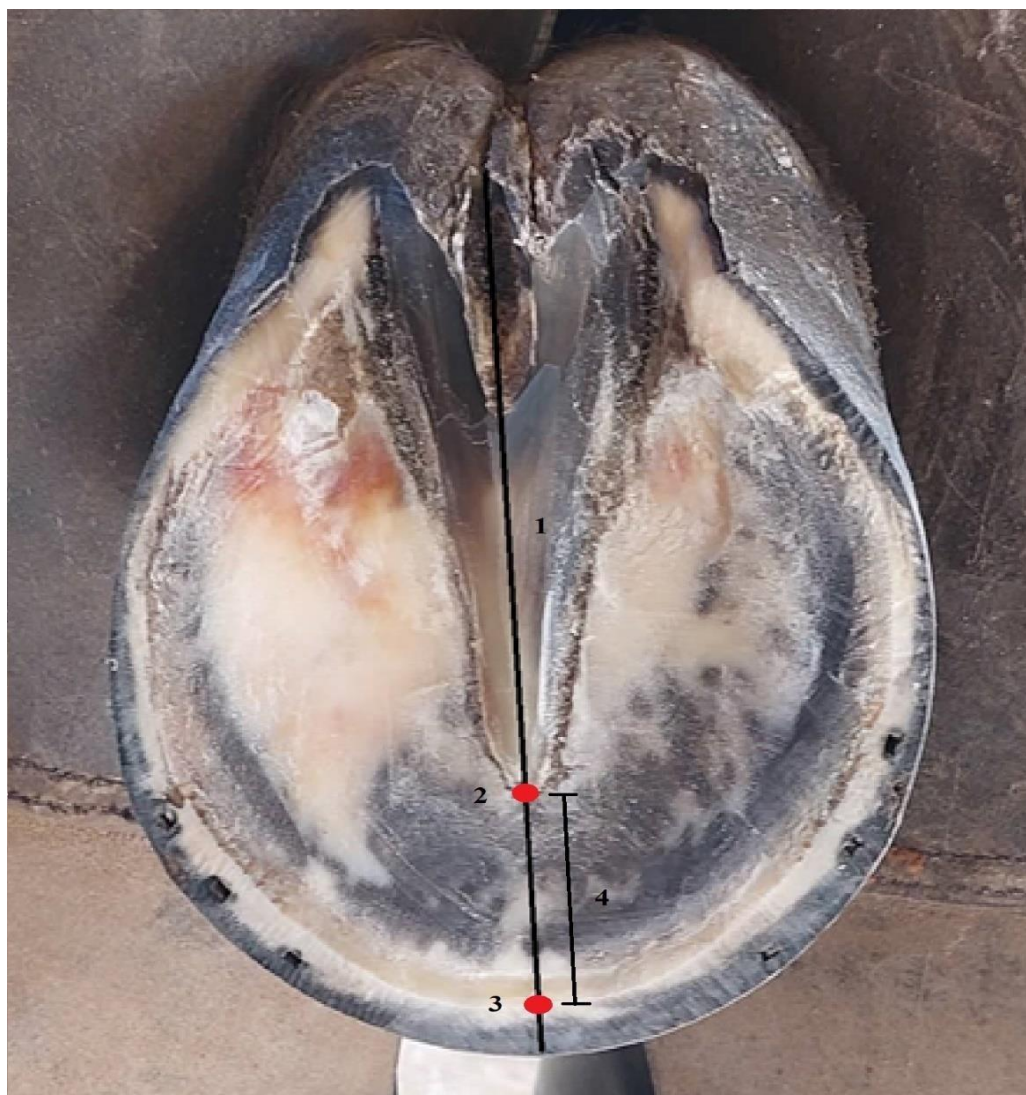


Figura 22: Vista palmar do casco 1) linha média; 2) AR; 3) ponto mais exterior da LB que é intersecção pela linha média; 4) distância entre LB e AR. (Imagem original do autor).

8º passo: Edição das radiografias:

As radiografias foram editadas num software de processamento de imagens denominado FCR PRIMA V Console.

9º passo: Medição das distâncias pretendidas nas radiografias:

Para a medição das distâncias, utilizou-se o software de processamento de imagens FCR PRIMA V Console. Mediu-se as distâncias entre a LB e o PBO1, LB e o PBO2, LB e AR e percentagem cranial e caudal do rebatimento do CR na sola do casco (Figura 23).



Figura 23: Ilustração das medidas obtidas a partir da imagem de raio x da projeção lateromedial do casco, LB-PBO1) 0,83cm; LB-PBO2) 2,22cm; LB-AR) 4,06cm; Círculo azul) CR; porção cranial do CR) 8,20cm = 66,5%; porção caudal do CR) 4,13cm = 35%. (Imagem original do autor)

Análise de dados e resultados

Validação das medições

Tabela 2. Diferença inter-medições de Raio X e distância entre AR, PB01 e PB02 a LB

Pontos	Membro	Diferença RX1- RX2 (cm)		Distância (cm)	
		Min.- Máx.	M ± DP	Min.-Máx.	Média
LB-AR	MAE	0,00-0,11	0,04 ± 0,03	3,52-4,69	4,24 ± 0,36
	MAD	0,00-0,12	0,05 ± 0,04	3,26-5,10	4,16 ± 0,46

LB-PBO1	MAE	0,00-0,60	0,09 ± 0,13	0,08-1,18	0,82 ± 0,31
	MAD	0,00-0,43	0,09 ± 0,10	0,00-1,39	0,73 ± 0,35
LB-PBO2	MAE	0,01-0,24	0,08 ± 0,06	1,55-2,68	2,09 ± 0,35
	MAD	0,00-0,39	0,06 ± 0,09	1,30-2,78	1,99 ± 0,45

M-Média; DP-Desvio Padrão

A diferença das medições de LB-AR para os dois Raio X realizados apresentaram-se entre 0,00e 0,11 cm para o MAE e entre 0,00 e 0,12 cm para o MAD como se pode verificar na Tabela 2. Do conjunto de medidas realizadas, a distância entre LB e AR foi a que apresentou com menor disparidade intermedidas, sendo a média da diferença de 0,04 cm (DP=0,03) para o MAE e de 0,05 cm (DP=0,04) para o MAD (Tabela 2).

Tem-se assim que os cavalos do estudo apresentam em média uma distância LB-AR para o MAE de 4,24 cm (DP=0,36), oscilando entre 3,52-4,69 cm e uma média para o MAD de 4,16 cm (DP=0,46), com valores entre 3,26-5,10 cm (Tabela 2).

Já a diferença das medições entre LB-PBO1 apresentaram-se entre 0,00 e 0,60 cm (a maior amplitude registada) para o MAE e entre 0,00 e 0,43 cm para o MAD. Do conjunto de medidas realizadas, a distância LB-PBO1 foi a que apresentou com maior disparidade intermedidas, sendo a média da diferença de 0,09 cm (DP=0,13) para o MAE e igualmente de 0,09 cm (DP=0,10) para o MAD (Tabela 2).

Decorrente, tem-se que os cavalos do estudo apresentam em média uma distância LB-PBO1 para o MAE de 0,82 cm (DP=0,31), oscilando entre 0,08-1,18 cm e uma média para o MAD de 0,73 cm (DP=0,35), com valores entre 0,00-1,39 cm (Tabela 2).

Relativamente à diferença das medições entre LB-PBO2, estas apresentaram-se entre 0,01 e 0,24 cm para o MAE com uma média da diferença de 0,08 cm (DP=0,06), e entre 0,00 e 0,39 mm para o MAD, com uma média da diferença de 0,06 cm (DP=0,09) (Tabela 2).

Decorrente, tem-se que os cavalos do estudo apresentam em média uma distância LB-PBO2 para o MAE de 2,09 cm (DP=0,35), oscilando entre 1,55-2,68 cm e uma média para o MAD de 1,99 cm (DP=0,45), com valores entre 1,30-2,78 cm (Tabela 2).

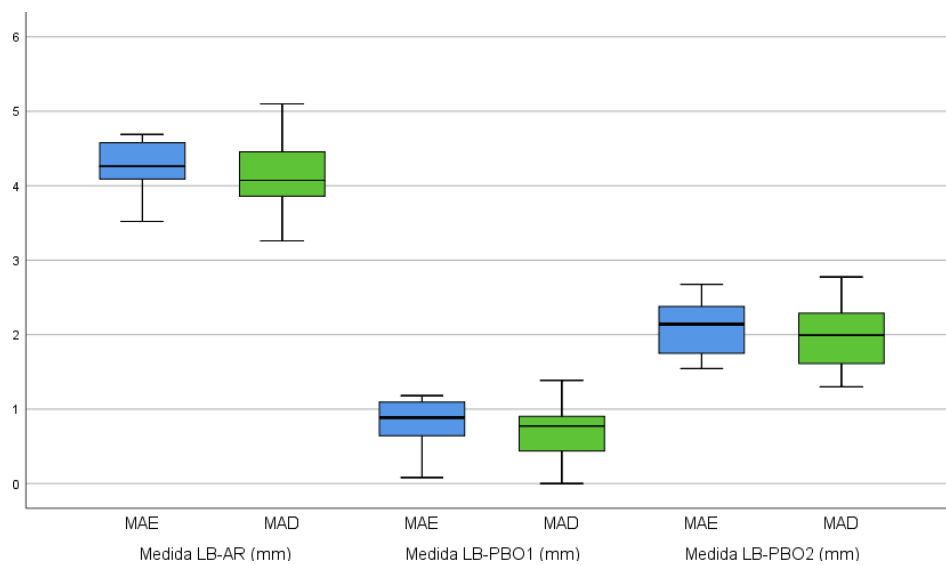


Figura 24: Distribuição das medidas dos 20 cavalos para o MAE e MAD

Genericamente, a figura 24 revela que para qualquer das distâncias, os cavalos apresentam maior amplitude de distâncias no MAD (Nota: amplitude de valores - Diferença entre valor máximo e mínimo - é maior no MAD), assim como 50% dos animais apresentam distâncias inferiores no MAE face ao MAD (Nota: a mediana é sempre mais baixa no MAE).

Percentagem de distância face a LB- AR

Tabela 3. Proporção da distância de LB-PBO1 e LB-PBO2 face a LB-AR (%)

Descritivos e comparação de médias MAE*MAD e de variância PBO1*PBO2

Medida	Membro	Min.-Máx	M ± DP	»68%	t(19)	p
LB-PBO1 (%)	MAE	2.27-27.39	19,00±6,54	12,46-25,54	1,202	0,244
	MAD	0.00-27.16	17,16±7,16	10,00-24,32		
LB-PBO2 (%)	MAE	35.88-64.14	49,32±7,65	41,67-56,97	0,906	0,376
	MAD	33.53-68.15	48,08±10,08	38,00-58,16		

NOTA: Comparação entre médias pelo teste-t com nível de significância de 0,05. M-Média;DP-Desvio Padrão, CV-Coeficiente de variação

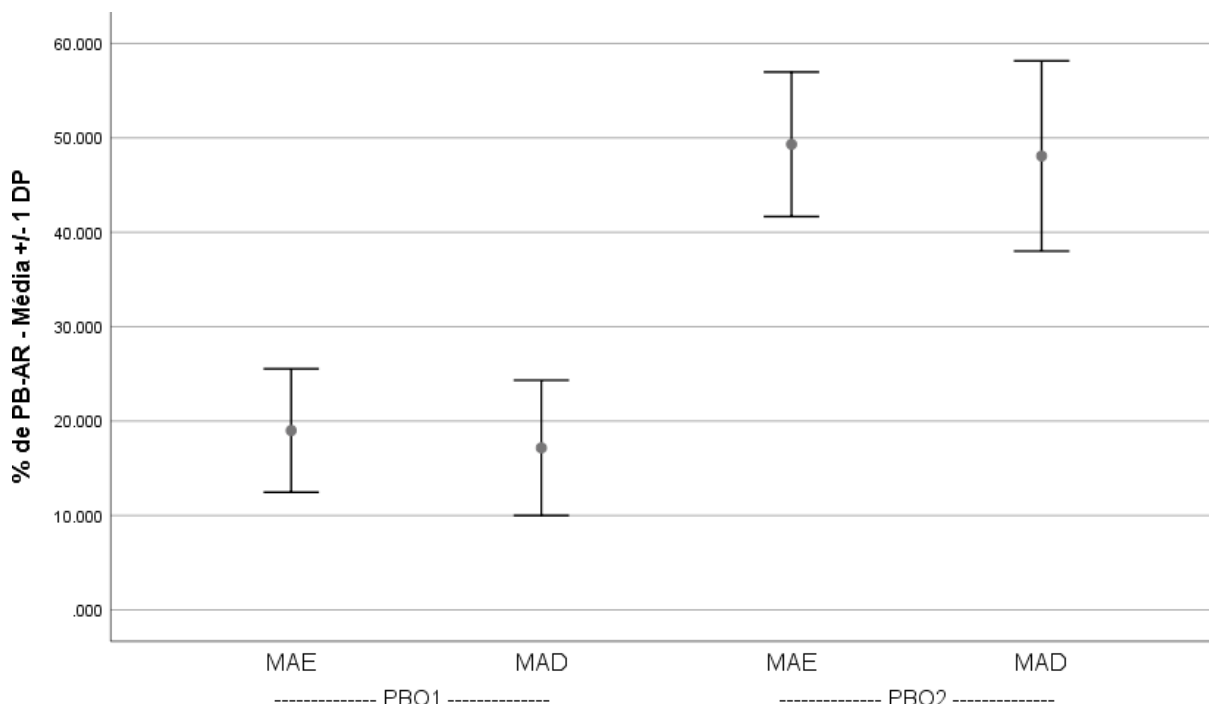


Gráfico 1. Proporção da distância de LBO1 e LBO2 face a LB-AR em MAE e MAD

A distância LB-PBO1 face a LB-AR para o MAE dos cavalos da amostra oscila entre 2,27% e 27,39%, sendo em média de 19,00% (DP=6,54). Para o MAD esta distância oscila entre 0,00% e 27,16%, sendo em média de 17,16% (DP=7,16). A proporção das diferenças observadas entre os MAE e MAD não se apresentam estatisticamente significativa ($t(19)=1,202$, $p=0,244$), não havendo evidências de que as mesmas sejam diferentes (tabela 3).

Tomando como referência 1 desvio padrão abaixo da média e 1 desvio padrão acima da média, verifica-se que no MAE, aproximadamente 68% dos cavalos do estudo tem uma proporção de distância LB-PBO1 face a LB-AR entre 12,46% e 25,54% (gráfico 1) e entre 10,00% e 24,32% no MAD (gráfico 2). Estes resultados revelam uma elevada heterogeneidade na amostra, da proporção da distância LB-PBO1 face a LB-AR ($CV > 30\%$).

Já na distância LB-PBO2 face a LB-AR, no MAE esta oscila entre 35,88% e 64,14%, sendo em média de 49,32% (DP=7,65). No MAD a proporção oscila entre 33,53% e 68,15%, com uma média de 48,08% (DP=10,08). A proporção das diferenças observadas para MAE e MAD não se apresentam estatisticamente significativa ($t(19)=0,906$, $p=0,376$), não havendo evidência de que as mesmas sejam diferentes.

Os resultados apontam também para uma homogeneidade na proporção da distância LB-PBO2 face a LB-RA ao nível do MAE (CV=15,51 \square 15) apresentando aproximadamente 68% dos cavalos proporções entre 41,67% e 56,97%, ou seja, com amplitude máxima de diferença de 15,3%. Já para o MAD, não emerge a mesma homogeneidade de proporções (CV=20,96 >15 e <30) apresentando aproximadamente 68% dos cavalos proporções de distâncias entre 38,00% e 58,16%.

Tabela 4. Coeficiente de variação e comparação de variância entre PBO1*PBO2 para MAE e MAD

Membro	Medida	CV	Variância	F	p
	(%)		(DP2)		
MAE	LB-PBO1	34,42	42,764	0,580	0,451
	LB-PBO2	15,51	58,592		
MAD	LB-PBO1	41,72	51,313	2,292	0,138
	LB-PBO2	20,96	101,552		

CV-Coeficiente de variação

NOTA: Teste de Levene para homogeneidade de variâncias

Variância é o desvio padrão ao quadrado e dá-nos a dispersão das medidas relativamente à média.

O teste de Levene, compara se as proporções são estatisticamente diferentes.

Se $p \geq 0,05$ as variâncias não são estatisticamente diferentes

Se $p < 0,05$ as variâncias são estatisticamente diferentes

A variância dá a variação de cada cavalo relativamente à média dos 20 cavalos. O coeficiente de variação dá a dispersão relativa das medidas intercavalos.

Na tabela 4 é apresentado o coeficiente de variação intercavalos e as variâncias da proporção de LB-PBO1 e de LB-PBO2 para o MAE e para o MAD. Da sua leitura, verifica-se que a variação das proporções face à média não se apresentam estatisticamente diferentes nem ao nível do MAE (LB-PBO1% DP2=42,76 e LB-PBO2% DP2=58,59, F=0,580, p=0,451) nem ao nível do MAD (LB-PBO1% DP2=51,31 e LB-PBO2% DP2=101,55, F=2,292, p=0,138).

Decorrente, pode somente assinalar que a magnitude da variação intercavalos é menor na proporção da medida LB-PBO2, apresentando-se homogénea para o MAE (CV=15,51) e heterogénea para o MAE (CV=34,42) e MAD (CV=41,72) na proporção de LB-PBO1.

Referenciais de média \pm 1 desvio padrão

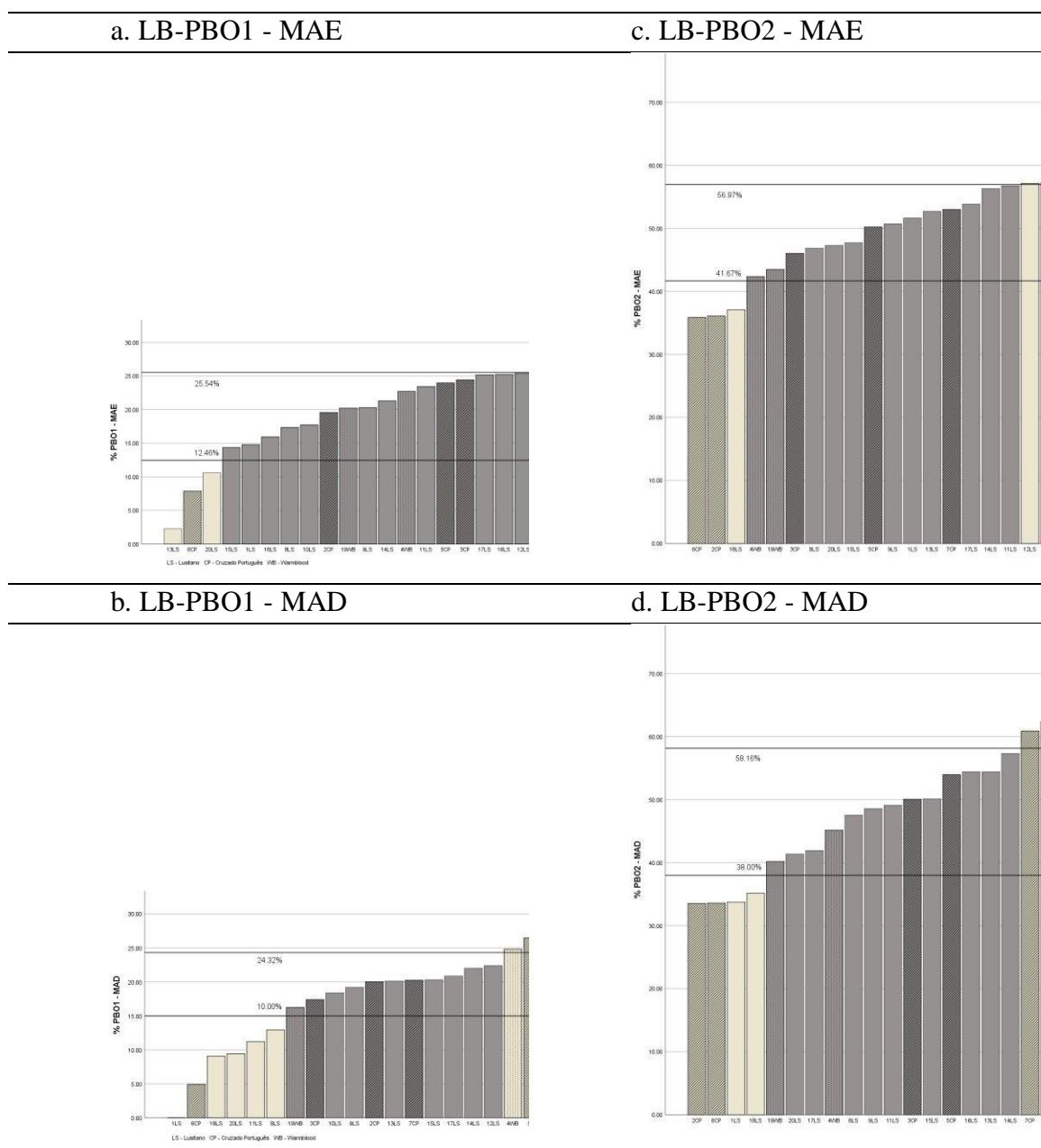


Gráfico 2. Proporção de distância de LB - POB1 e LB - POB2 face a LB-AR por cavalo em estudo.

Nota 1: No gráfico os casos que estão nos 68% Media \pm DP estão a cinza-escuro e os fora a cinza-claro. Depois os warmblood estão a pontilhado e os cruzados estão com riscas na

diagonal. Assim consegue-se perceber que não há uma organização por medidas.

Os gráficos estão com alturas diferentes por causa das escalas. Assim consegue-se visualizar melhor que a variação intercavalos é menor no PBO2, nomeadamente no MAE.

NOTA 2: Entre 1 desvio padrão abaixo da média e 1 desvio padrão acima da média estão sempre aproximadamente 68% dos casos de uma amostra.

Nota 3: O coeficiente de variação (Desvio Padrão: Média x 100) dá-nos em que medida as proporções das distâncias dos 20 cavalos são homogéneas ($CV < 15\%$) ou heterogéneas ($CV > 30\%$)

Uma vez que o coeficiente de variação analisa a dispersão em termos relativos, ele será dado em percentagem. Quanto menor for o valor do coeficiente de variação, mais homogéneos serão os dados, ou seja, menor será a dispersão em torno da média. De uma forma geral, se o coeficiente de variação:

For menor ou igual a 15% - baixa dispersão – dados homogéneos

For entre 15 e 30% - média dispersão

For superior a 30% - alta dispersão – dados heterogéneos

Tests of Normality Shapiro- Wilk

	Statistic	df	Sig.
MAE % PBO1	.916	20	.082
MAE % PBO2	.961	20	.554
MAD % PBO1	.928	20	.143
MAD % PBO2	.960	20	.545

Tabela 5. Teste de Shapiro-Wilk

Este teste (Tabela 5) valida que a distribuição das medidas segue uma distribuição normal e como tal é adequada a utilização da média como medida de tendência central representativa.

Se $p > 0,05$ a distribuição da medida é normal.

Tem também de ser apresentada porque para se fazer o teste T para amostras emparelhadas, que é um teste paramétrico, há como condição as distribuições serem normais.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo padronizar a localização dos PBO 1 e 2 tendo como referência a distância entre LB-AR. Tendo como objetivo primordial facilitar as correções podais sem o auxílio de um equipamento de raio x. Desta forma, tanto o ferrador como o veterinário seriam capazes de identificar a posição ideal da ferradura tendo em conta o equilíbrio crâniocaudal e o breakover, beneficiando desta forma o conforto e desempenho do cavalo.

Kummer et al. (2006) visavam compreender qual a influência do corte dos cascos nas medições radiográficas dos membros anteriores. Verificaram que cerca de 70% dos cavalos apresentavam o casco do membro anterior esquerdo maior em comparação com o membro anterior direito. Contudo, neste estudo obtivemos que 50% dos animais apresentavam a distância entre LB-AR superior no MAE. Visto que a amostra deste estudo é consideravelmente pequena em comparação com a de Kummer et al. (2006) (40 cavalos), uma amostra maior traria resultados mais fidedignos.

Á semelhança do que se pretendia fazer neste estudo, Ovnicek et al. (2003) determinaram o PBO em relação ao AR. No entanto, segundo os resultados que obtiveram, a posição do ápex da ranilha é muito variável, mesmo dentro de indivíduos, pois está dependente de como é aparado e da condição do casco. Segundo Kummer et al. (2006) o ápex da ranilha varia bastante entre uma ferração e a outra, sendo desta forma um mau marco anatómico fixo. Esse fato justifica o achado da presente pesquisa, visto que não foi possível fazer a correlação pretendida.

Os resultados deste estudo foram relativamente heterogéneos e não foi possível padronizar a localização dos PBO 1 e 2, contudo, mais estudos teriam de ser feitos e com uma população maior com o intuito de validar os resultados e o método utilizado.

Conclusão

A partir dos dados levantados dos animais incluídos nesse estudo, foi possível concluir que não houve correlação da localização anatômica dos PBO com a localização radiográfica do mesmo; ainda, nesta amostra não houve padronização dos PBO. No entanto, esta evidência requer que mais estudos sejam realizados com o intuito de perceber a melhor forma de tratar e prevenir doenças músculo-esqueléticas tendo em conta as heterogeneidade e biodiversidades dos equinos.

Apesar de cada caso ser ímpar, as semelhanças entre casos melhoram a abordagem clínica por parte do veterinário.

É importante referir que apesar de não ter sido possível realizar uma padronização dos PBO nesta amostra, outros estudos mais pertinentes podem vir a tirar conclusões diferentes. A escolha de outros marcadores anatômicos e uma amostra maior, podem demonstrar relações que não foram possíveis ser demonstradas neste estudo. Para além disso, toda esta informação é importante para melhorar a abordagem clínica por parte do veterinário e do ferrador.

Não podemos esquecer que o equino é o único animal que tem presença nos jogos olímpicos, tendo um estatuto de atleta que mais nenhum animal tem, como tal, deve ser tratado e abordado como um atleta, tratar o equino como um todo e não tendo unicamente focos na lesão. Por vezes a lesão não é o problema.

Bibliografia

Ashdown, R. R. & Done, S. H. (1987). Color atlas of veterinary anatomy: volume 2 – the horse. Mosby-Wolfe: London, England.

Ashdown, R.R., Done, S.H. (1989). Atlas colorido de Anatomia Veterinária: o cavalo. Editora Manole, São Paulo.

Atkins, C. A., Pond, K. R., Madsen, C. K., Moorman, V. J., Roman-Muniz, I. N., Archibeque, S. L., & Grandin, T. (2019). *Sensor analysis and initial assessment of detectable first hoof contacts and last break-overs as unique signal fluctuations for equine gait analysis. Translational Animal Science, 3(4)*. doi:10.1093/tas/txz089

Back, W., Clynton, H. M. (2013). Equine Locomotion. Second edition. Saunders Elsevier.

Back, W., Schamhardt, H.C., Hartman, W., Barneveld, A., 1995. Kinematic differences between the distal portions of the forelimbs and hind limbs of horses at the trot.

Back, W., Van Schie, M.H.M., Pol, J.N., 2006. Synthetic shoes attenuate hoof impact in the trotting warmblood horse. Equine Comp

Barone, Robert (2000). Anatomie Comparée des Mammifères Domestiques. Tome2: Arthrologie et Myologie. Quatrième édition. Editions Vigot, Paris

Baxter, G. M. (2011). Functional Anatomy of the Equine Musculoskeletal System. In G. M. Baxter (Ed.), *Manual of Equine Lameness*. Wiley-Blackwell.

Bowker, R. (2019). 11th annual Northeast Association of Equine Practitioners (NEAEP) symposium. Acedido a 20 de novembro de 2019. Site: <https://thehorse.com/181721/bowker-navicular-issues-begin-earlier-than-we-think/>

Bowker, R. M., Lancaster, L. S., & Isbell, D. A. (2017). *Morphological evaluation of Merkel cells and small lamellated sensory receptors in the equine foot*. *American Journal of Veterinary Research*, 78(6), 659–667. doi:10.2460/ajvr.78.6.659

Budras, K., et al. (2011) *Anatomy of the Horse*. Sexta edição, Werbedruck Aug. Lönneker GmbH & Ko. KG. Stadtoldendorf, Alemanha

Caldwell, M. N., Allan, L. A., Pinchbeck, G. L., Clegg, P. D., Kissick, K. E., & Milner, P. I. (2016). *A test of the universal applicability of a commonly used principle of hoof balance*. *The Veterinary Journal*, 207, 169–176. doi:10.1016/j.tvjl.2015.10.003

Clayton, H.M., 1988. Comparison of the stride of trotting horses trimmed with a normal and a broken-back hoof axis. *Proc. Ann. Conv. Am. Assoc. Equine Pract.* 33, 289–298.

Clayton, H.M., 1990a. The effect of an acute hoof angulation on the stride kinematics of trotting horses. *Equine Vet. J.* 9 (Suppl.), 86–90.

Clayton, H.M., 1990b. The effect of an acute angulation of the hind hooves on diagonal synchrony of the trotting horse. *Equine Vet. J.* 9 (suppl.), 91–94.

Clayton, H.M., Kaiser, L.J., Stubbs, N.C., 2011. Hind limb flexion response to different types of tactile devices. *Am. J. Vet. Res.* 72, 1489–1495.

Clayton, H.M., Lanovaz, J.L., Schamhardt, H.C., Willemsen, M.A., Colborne, G.L., 1998. Net joint moments and powers in the equine forelimb in the stance phase of the trot. *Equine Vet. J.* 30,384–389.

Clayton, H.M., Sigafos, R., Curle, R.D., 1991. Effect of three shoe types on the duration of breakover in sound trotting horses. *J. Equine Vet. Sci.* 11, 129–132.

Clayton, H.M., White, A.D., Kaiser, L.J., Nauwelaerts, S., Lavagnino, M., Stubbs, N.C., 2008. Short-term habituation of equine limb kinematics to tactile stimulation of the coronet. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 21, 211–214

Climent, S., Sarasa, M., Dominguez, L., Muniesa, P., Terrado, J.

Denoix, J. M. (1994). Functional Anatomy of Tendons and Ligaments in the Distal Limbs (Manus and Pes). *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 10(2), 273–322. doi:10.1016/s0749-0739(17)30358-9

Denoix, J.M. (2014). *Biomechanics and physical training of the horse*. CRC Press.France.

Dorner, Cristobal & Fueyo, Pablo & Olave, Rodrigo. (2017). Relationship between the Distal Phalanx Angle and Radiographic Changes in the Navicular Bone of Horses: A Radiological Study. *Global Journal of Medical Research.* 17. 7-13. 10.17406/GJMRG.

Dyce, K.M., Sack, W.O., Wensing, C.J.G. (1999). *Anatomía Veterinaria*, 2ª edición, McGraw-Hill Interamericana, Mexic.

Eliashar, E., Mcguigan, M. P., Rogers, K. A., & Wilson, A. M. (2010). *A comparison of three horseshoeing styles on the kinetics of breakover in sound horses. Equine Veterinary Journal*, 34(2), 184–190. doi:10.2746/042516402776767303

External characteristics of the lateral aspect of the hoof differ between non-lame and lame horses

Fails, A. (2020). Functional Anatomy of the Equine Musculoskeletal System. In G. Baxter (Ed.), *Adam and Stashak's Lameness in Horses* (7th ed., pp. 1–66). Wiley Blackwell.

Faramarzi, B., Hung, F., & Dong, F. (2020). *Correlational characteristics of hoof conformation and midstance kinetics at walk. Journal of Equine Veterinary Science*, 103208. doi:10.1016/j.jevs.2020.103208

Faramarzi, B., Nguyen, A., & Dong, F. (2018). *Changes in hoof kinetics and kinematics at walk in response to hoof trimming: pressure plate assessment. Journal of Veterinary Science*, 19(4), 557. doi:10.4142/jvs.2018.19.4.557

Getty, R. (1982). Sisson y Grossman. *Anatomia de los Animales Domésticos*, Tomo I e II, 5ª edición, Masson, S.A., Barcelona.

Gomes-Costa, M., Roupa, I., Pequito, M., Prazeres, J., Gaivão, M., Abrantes, J., & Clayton, H. M. (2015). *The Use of Pressure Plates for Static Center of Pressure Analysis in Horses*. *Journal of Equine Veterinary Science*, 35(4), 315–320.

doi:10.1016/j.jevs.2015.02.002

Hagen, J., Kojah, K., & Geiger, M. (2018). *Correlations between the equine metacarpophalangeal joint angulation and toe conformation in statics*. *Open Veterinary Journal*, 8(1), 96. doi:10.4314/ovj.v8i1.15

Heel, M. C. V., Barneveld, A., Weeren, P. R., & Back, W. (2010). Dynamic pressure measurements for the detailed study of hoof balance: the effect of trimming. *Equine Veterinary Journal*, 36(8), 778–782. doi:10.2746/0425164044847993

Heel, M. C. V., Moleman, M., Barneveld, A., Weeren, P. R., & Back, W. (2010). Changes in location of centre of pressure and hoof-unrollment pattern in relation to an 8-week shoeing interval in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 37(6), 536–540.

doi:10.2746/042516405775314925

Holroyd, K., Dixon, J. J., Mair, T., Bolas, N., Bolt, D. M., David, F., & Weller, R. (2013). *Variation in foot conformation in lame horses with different foot lesions*. *The Veterinary Journal*, 195(3), 361–365. doi:10.1016/j.tvjl.2012.07.012

<https://www.hoofrehab.com/Breakover.html>.

Kummer, M, et al (2007) ‘Comparison of the trimming procedure of six different farriers by quantitative evaluation of hoof radiographs’ *The veterinary journal*, volume 179, pp. 401- 406

Leśniak, K., Whittington, L., Mapletoft, S., Mitchell, J., Hancox, K., Draper, S., & Williams, J. (2019). *The influence of body mass and height on equine hoof conformation and symmetry*. *Journal of Equine Veterinary Science*. doi:10.1016/j.jevs.2019.02.013

Leśniak, K., Williams, J., Kuznik, K., & Douglas, P. (2017). *Does a 4–6 Week Shoeing Interval Promote Optimal Foot Balance in the Working Equine?* *Animals*, 7(12), 29. doi:10.3390/ani7040029

Manual de Anatomia y embriología de los animales domésticos, conceptos básicos y datos aplicativos: miembro torácico y miembro pelviano, sistema circulatorio, esqueleto de la cabeza. Editorial Acribia, Zaragoza.

Marques, P. (1994). Lições de anatomia da pele e faneras. Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa.

Martin Kummer; Hans Geyer; Isabel Imboden; Jörg Auer; Christoph Lischer (2006). *The effect of hoof trimming on radiographic measurements of the front feet of normal Warmblood horses.* , 172(1), 58–66. doi:10.1016/j.tvjl.2005.03.008

Mieszkowska, M., Adamiak. Z, Mieszkowski.M, Holak.P, Wolińska, K. (2016) Magnetic resonance imaging provides a detailed perspective on the navicular syndrome in horses, *Med. Weter.*72 (5), 298-302

Miranda do Vale, J. (1966). O exterior do cavalo. Coleção Rústica, Empresa Nacional de Publicidade, Lisboa.

Moleman, M, et al (2006) ‘Hoof growth between two shoeing sessions leads to a substantial increase in the moment about the distal, but not the proximal, interphalangeal joint.’ *Equine Veterinary journal*, volume 38, No. 2, pp. 170-174

Oosterlinck, M., Pille, F., Huppes, T., Gasthuys, F., Back, W., 2010. Comparison of pressure plate and force plate gait kinetics in sound Warmbloods at walk and trot.

Ovnicek, Gene D; Page, Barbara T; Trotter, Gayle W (2003). Natural balance trimming and shoeing: its theory and application. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 19(2), 353–377.

Page, B. T., & Hagen, T. L. (2002). *Breakover of the hoof and its effect on structures and forces within the foot.* *Journal of Equine Veterinary Science*, 22(6), 258– 264. doi:10.1016/s0737-0806(02)70062-2

Parks A. 2003. The foot and shoeing. In: *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*, 2nd edn., Eds: M. Ross and S. Dyson, W.B. Saunders, St Louis. pp 250-271.

Pauwels, F. E., Rogers, C. W., Wharton, H., Flemming, H., Wightman, P. F., & Green,

Pilliner, S., Elmhurst, S., Davies, Z. (2002). *The horse in motion.* Blackwell science.

Popesko, P. (1998). *Atlas de Anatomía Topográfica de los Animales Domésticos.*

R. W. (2016). *Radiographic Measurements Of Hoof Balance Are Significantly Influenced By A Horse's Stance*. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 58(1), 10–17.
doi:10.1111/vru.12443

RAMSEY, G. D., HUNTER, P. J., & NASH, M. P. (2011). *The effect of hoof angle variations on dorsal lamellar load in the equine hoof*. *Equine Veterinary Journal*

Redden, R. (2010). Evaluating the Navicular Bone. Acedido a 16 de junho de 2021, site: Nanric. https://www.nanric.com/post/evaluating-the-navicular-bone?fbclid=IwAR3hvTwsefkpsGO2zc5cUY8ncXFCYYxIKGDogPlbEIWwg_3hFiaBE0q2VEI

Redden, R. F. (2003). *Hoof capsule distortion: understanding the mechanisms as a basis for rational management*. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 19(2), 443–462. doi:10.1016/s0749-0739(03)00027-0

Schaller, O. (1996) *Nomenclatura Anatómica Veterinaria Ilustrada*. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza.

Sue J. Dyson, Carolyne A. Tranquille, Simon N. Collins, Tim D.H. Parkin, Rachel C. Murray, 2011, *The Veterinary Journal*, Volume 190, Issue 3, Pages 364-371.

Tomo I a III, Masson, SA, Barcelona.

van Heel, M, et al (2004) ‘Dynamic pressure measurements for the detailed study of hoof balance: the effect of trimming’ *Equine Veterinary Journal*, volume 36, No.8, pp. 778-782.

van Heel, M, et al (2005) ‘Changes in location of centre of pressure and hoof-unrollment pattern in relation to an 8-week shoeing interval in the horse.’ *Equine Veterinary journal*, volume 37, No.6, pp. 536-540.

Van Heel, M.C., van Weeren, P.R., Back, W., 2006. Shoeing sound warmblood horses with a rolled toe optimises hoofunrollment and lowers peak loading during breakover.

van Weeren, R. (2015). *General Anatomy and Physiology of Joints*. In C. McIlwraith, D. Frisbie, C. Kawcak, & R. van Weeren (Eds.), *Joint Disease in the Horse* (2nd ed., pp. 1–24). Elsevier.

Waguespack and Hanson, 2010, Navicular Syndrome in Equine Patients: Anatomy, Causes and Diagnosis, https://www.vetmed.auburn.edu/wpcontent/uploads/2015/01/PV1110_waguespack_Surgical.pdf Accessed 16/11/2020

Waguespack and Hanson, 2011, Treating Navicular Syndrome in Equine Patients, http://vetfoliovetstreet.s3.amazonaws.com/14/d3c47053df11e0a4050050568d17ce/file/PV011%201_waguespack_Surgical.pdf. Accessed 16/11/2020

Waguespack and Hanson, 2014, navicular syndrome in equine patients: anatomy, causes and diagnosis, https://www.vetmed.auburn.edu/wp-content/uploads/2015/01/PV1110_waguespack_Surgical.pdf Accessed 02/04/2020

Weaver M, Shaw D, Munaiwa G, Fitzpatrick D, Bellenger C. 2009. Pressure distribution between the deep digital flexor tendon and the navicular bone, and the effect of raising the heels in vitro. *Vet. Comp. Orthop .Traumatol.* 22, 278-282.

West, C. (2008). Tendon Angle and Navicular Lameness. Acedido a 16 de junho de 2021, site: The Horse. <https://thehorse.com/121536/tendon-angle-and-navicular-lameness-aaep-2008/?fbclid=IwAR29sQGApbSgrv-%20DM8WFGiW3dx0F04EE1wG00u95X7kiJ9IJdfTc3034UwU>

Willemen, M. A., Savelberg, H. H. C. M., & Barneveld, A. 1999b. The effect of orthopaedic shoeing on the force exerted by the deep digital flexor tendon on the navicular bone in horses. *Equine Veterinary Journal*, 31(1), 25–30. doi:10.1111/j.2042-3306.1999.tb03787.

Willemen, M.A., Jacobs, M.W., Schamhardt, H.C., 1999a. In vitro transmission and attenuation of impact vibrations in the distal forelimb.

Anexos

Anexo I – Médias das distâncias entre a LB-PBO1 e respetivo desvio padrão (MAE e MAD)

	MAE1	MAE2	Média LB-PBO1	Desvio Padrão
Cav1	0,62	0,59	0,605	0,02
Cav2	0,8	0,6	0,9	0,42
Cav3	1,07	1,18	1,125	0,08
Cav4	0,99	1	0,995	0,01
Cav5	1,11	1,12	1,115	0,01
Cav6	0,32	0,37	0,345	0,04
Cav7	1,14	1,15	1,145	0,01
Cav8	0,58	0,69	0,635	0,08
cav9	0,87	0,98	0,925	0,08
Cav10	0,75	0,63	0,69	0,08
Cav11	0,92	1,09	1,005	0,12
Cav12	1,1	1,05	1,075	0,04
Cav13	0,06	0,1	0,08	0,03
Cav14	0,93	0,81	0,87	0,08
Cav15	0,71	0,59	0,65	0,08
Cav16	1,21	1,15	1,18	0,04
Cav17	1,18	1,18	1,18	0,00
Cav18	0,69	0,64	0,665	0,04
Cav19	0,83	0,83	0,83	0,00
Cav20	0,35	0,41	0,38	0,04

	MAD1	MAD2	Média LB-PBO1	Desvio Padrão
Cav1	0,00	0,00	0,00	0,00
Cav2	0,87	0,85	0,86	0,01
Cav3	0,74	0,65	0,70	0,06
Cav4	1,05	1,13	1,09	0,06
Cav5	1,14	1,46	1,30	0,23
Cav6	0,16	0,24	0,20	0,06
Cav7	0,62	0,70	0,66	0,06
Cav8	0,41	0,51	0,46	0,07
cav9	0,84	0,90	0,87	0,04
Cav10	0,51	0,94	0,73	0,30
Cav11	0,43	0,40	0,42	0,02
Cav12	0,88	0,85	0,87	0,02
Cav13	0,83	0,81	0,82	0,01
Cav14	0,90	0,89	0,90	0,01
Cav15	0,94	0,88	0,91	0,04
Cav16	1,42	1,35	1,39	0,05
Cav17	1,03	0,96	1,00	0,05
Cav18	0,35	0,40	0,38	0,04
Cav19	0,77	0,67	0,72	0,07
Cav20	0,41	0,29	0,35	0,08

Anexo II – Médias das distâncias entre a LB-PBO2 e respetivo desvio padrão (MAD e MAE)

	MAD1	MAD2	Média LB-PBO2	Desvio Padrão
Cav1	1,23	1,37	1,30	0,10
Cav2	1,42	1,46	1,44	0,03
Cav3	2,03	1,97	2,00	0,04
Cav4	1,98	1,99	1,99	0,01
Cav5	2,65	2,65	2,65	0,00
Cav6	1,32	1,41	1,37	0,06
Cav7	1,98	1,99	1,99	0,01
Cav8	1,67	1,71	1,69	0,03
cav9	2,19	2,21	2,20	0,01
Cav10	2,49	2,88	2,69	0,28
Cav11	1,75	1,89	1,82	0,10
Cav12	2,42	2,4	2,41	0,01
Cav13	2,22	2,22	2,22	0,00
Cav14	2,37	2,29	2,33	0,06
Cav15	2,26	2,23	2,25	0,02
Cav16	2,78	2,77	2,78	0,01
Cav17	2	2	2,00	0,00
Cav18	1,48	1,42	1,45	0,04
Cav19	1,78	1,78	1,78	0,00
Cav20	1,58	1,49	1,54	0,06

	MAE1	MAE2	Média LB-PBO2	Desvio Padrão
Cav1	2,07	2,16	2,115	0,06
Cav2	1,75	1,57	1,66	0,13
Cav3	2,09	2,15	2,12	0,04
Cav4	1,87	1,84	1,855	0,02
Cav5	2,31	2,36	2,335	0,04
Cav6	1,52	1,63	1,575	0,08
Cav7	2,16	2,27	2,215	0,08
Cav8	1,72	1,71	1,715	0,01
cav9	2,34	2,28	2,31	0,04
Cav10	2,52	2,47	2,495	0,04
Cav11	2,39	2,48	2,435	0,06
Cav12	2,41	2,43	2,42	0,01
Cav13	1,9	1,81	1,855	0,06
Cav14	2,37	2,23	2,3	0,10
Cav15	2,08	2,24	2,16	0,11
Cav16	2,7	2,65	2,675	0,04
Cav17	2,5	2,55	2,525	0,04
Cav18	1,52	1,57	1,545	0,04
Cav19	1,79	1,78	1,785	0,01
Cav20	1,58	1,82	1,7	0,17

Anexo III – Médias das distâncias entre a LB-AR e respetivo desvio padrão (MAD e MAE)

	MAD1	MAD2	Média LB-AR	Desvio Padrão
Cav1	3,8	3,91	3,86	0,1
Cav2	4,25	4,34	4,295	0,1
Cav3	3,97	4,02	3,995	0,0
Cav4	4,38	4,41	4,395	0,0
Cav5	4,94	4,88	4,91	0,0
Cav6	4,07	4,06	4,065	0,0
Cav7	3,26	3,26	3,26	0,0
Cav8	3,55	3,56	3,555	0,0
cav9	4,54	4,52	4,53	0,0
Cav10	3,88	4	3,94	0,1
Cav11	3,65	3,76	3,705	0,1
Cav12	3,88	3,85	3,865	0,0
Cav13	4,06	4,1	4,08	0,0
Cav14	4,08	4,05	4,065	0,0
Cav15	4,51	4,45	4,48	0,0
Cav16	5,09	5,11	5,1	0,0
Cav17	4,75	4,79	4,77	0,0
Cav18	4,12	4,13	4,125	0,0
Cav19	4,37	4,49	4,43	0,1
Cav20	3,72	3,7	3,71	0,0

	MAE1	MAE2	Média LB-AR	Desvio Padrão
Cav1	4,07	4,12	4,095	0,04
Cav2	4,62	4,58	4,6	0,03
Cav3	4,56	4,65	4,605	0,06
Cav4	4,39	4,37	4,38	0,01
Cav5	4,66	4,64	4,65	0,01
Cav6	4,4	4,38	4,39	0,01
Cav7	4,13	4,23	4,18	0,07
Cav8	3,67	3,65	3,66	0,01
cav9	4,54	4,57	4,555	0,02
Cav10	3,91	3,87	3,89	0,03
Cav11	4,29	4,29	4,29	0,00
Cav12	4,24	4,23	4,235	0,01
Cav13	3,55	3,49	3,52	0,04
Cav14	4,14	4,03	4,085	0,08
Cav15	4,49	4,56	4,525	0,05
Cav16	4,67	4,68	4,675	0,01
Cav17	4,73	4,65	4,69	0,06
Cav18	4,17	4,17	4,17	0,00
Cav19	4,11	4,1	4,105	0,01
Cav20	3,6	3,59	3,595	0,01