

**ANA CATARINA MARÇAL OLIVEIRA**

**Utilização de Sensores Inerciais para Avaliar a  
Influência da Ferração Fisiológica na Locomoção de  
Cavalos de Desporto**

**Orientadora:** Professora Doutora Joana de Sousa Azevedo Simões

**Co-orientador:** Doutor Diogo Gabriel Hipólito Macedo

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

**Lisboa  
2022**

**ANA CATARINA MARÇAL OLIVEIRA**

**Utilização de Sensores Inerciais para Avaliar a  
Influência da Ferração Fisiológica na Locomoção de  
Cavalos de Desporto**

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 21 de julho de 2022, perante o júri, com o Despacho de Nomeação nº 254/2022, de 11 de julho de 2022, com a seguinte composição:

**Presidente:** Prof<sup>a</sup>. Doutora Sofia Van Harten, por delegação da Prof<sup>a</sup>. Doutora Laurentina Pedroso

**Arguente:** Prof<sup>a</sup>. Doutora Clarisse Coelho

**Orientador:** Prof<sup>a</sup>. Doutora Joana Simões

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

**Lisboa  
2022**

“There’s something about the outside  
of a horse that is good for the inside of a man”

— *John Lubbock/Winston Churchill*

A todos aqueles que nunca me deixaram  
desistir e aos cavalos.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a todas as pessoas que estiveram envolvidas no meu percurso académico e pessoal.

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias e a todo o corpo de docentes e funcionários.

À minha orientadora, Professora Doutora Joana Simões, pela sua dedicação e disponibilidade ao longo deste trabalho, essencial e indispensável para a sua realização. Agradeço a compreensão e atenção dedicada em todos os momentos, que contribuíram para a realização desta dissertação e desenvolvimento académico.

Ao meu co-orientador externo, Dr. Diogo Macedo, agradeço a oportunidade de estágio curricular na Digital Vet e a toda a equipa e veterinários que se cruzaram comigo, agradeço a transmissão de ensinamentos, profissionalismo, todo o cuidado e atenção durante os meses de estágio, que me permitiram aprender bastante. Ao Dr. Diogo, para além do conhecimento transmitido, método de trabalho, esforço e dedicação, agradeço a disponibilidade, o apoio, a amizade e confiança, sem as quais não seria possível estar onde estou hoje. Obrigada por acreditar em mim e pela oportunidade.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Mafalda Vaz Pinto, um exemplo e uma referência, agradeço por nunca me deixar desistir, “um dia de cada vez”. Obrigada por todo o apoio neste percurso académico e profissional. A sua amizade, profissionalismo e incentivo foram essenciais para continuar nesta luta.

Gostaria de agradecer também, ao Paulo Menício por toda a paciência e entreaajuda, aos clientes que tive oportunidade de conhecer e me permitiram a realização desta dissertação, assim como me proporcionaram todos os momentos de aprendizagem.

Aos meus pais, que me incentivaram a seguir o meu sonho, independentemente de todos os esforços necessários para o conseguir. Agradeço-vos toda a educação que me proporcionaram, pois foi com vocês que aprendi que na vida nem tudo é fácil, mas que o importante é continuar sem desistir, independentemente de tudo o que nos rodeia. Obrigada, mãe, por estares sempre comigo e por seres o meu maior apoio. Obrigada, pai, por me tentares proporcionar sempre o melhor que conseguias.

Um agradecimento muito especial à tia Paula Matias e cujas palavras não conseguem expressar o quão agradecida estou. O seu apoio, carinho, amizade e motivação foram a razão pela qual consegui terminar o curso e sem os quais seria impossível.

À minha tia Vitória e aos meus primos, Marta e Gonçalo, gostaria de agradecer todo o carinho, preocupação, apoio e toda a hospitalidade.

Às minhas amigas Pipa e Mary, não podia deixar de reconhecer toda a amizade, o apoio incondicional e compreensão por todas as ausências ao longo destes anos. Obrigada por estarem sempre do meu lado, por me incentivarem a ser melhor e a pensar sempre de uma forma positiva. Obrigada por nunca me deixarem ficar mal.

Às amigas do colégio, por todo o apoio e preocupação ao longo destes anos de vida, por me incentivarem sempre a seguir este caminho.

Aos meus colegas de faculdade, Rita e Tomás, os meus companheiros de estudo, obrigada por me apoiarem tanto e estarem sempre disponíveis para me ajudar em tudo o que precisava.

À minha querida amiga e colega Marta, por me apoiar em todos os momentos e acreditar em mim. Que a nossa amizade continue ao longo desta vida de veterinária de equinos e que possamos continuar a crescer e evoluir juntas. Que esta jornada continue e que nada mude, incluindo os áudios de 2 minutos, essenciais para esta amizade. Obrigada por tudo.

Ao Jorge, pela amizade, compreensão, motivação e apoio incansável. Agradeço por me ouvir tanto nos momentos mais fáceis, como nos mais difíceis sempre com a palavra certa para me animar. Obrigada por acreditares sempre que sou capaz.

Ao Alej, agradeço toda a boa disposição durante o percurso académico e durante o nosso estágio em comum. A alegria e amizade fazem sempre falta no trabalho.

Aos meus colegas e amigos, Marta, Jorge e Alej, desejo que consigam alcançar todos os seus objetivos profissionais. Que possamos estar sempre juntos e manter esta relação de amizade para o resto da nossa vida, neste mundo de veterinária de equinos.

À Rita Queiroga, pelas noites intermináveis de estudo e por estar sempre do meu lado.

Ao José Catarino, por ser o melhor amigo de curso que poderia ter.

À Bri, por me ter sido a melhor colega e amiga no momento de regressar ao curso. Sempre disponível para me ajudar, sem nunca falhar.

Aos meus amigos, Inês, Nuno, Maria, Soraia Pestana, Gonçalo, Bruno, Cláudio, Soraia, Rui, Júlio e a toda a equipa Zara que trabalhou comigo ao longo destes anos todos de curso, agradeço todo o vosso apoio, compreensão, amizade e animação no trabalho. Com vocês, aprendi o verdadeiro significado de trabalhar em equipa.

Por fim, ao Scott, o meu companheiro canino, pelas longas noites de estudo.

## Resumo

Atualmente, o cavalo é considerado um atleta de alto rendimento, pelo que a medicina veterinária equina tem evoluído de modo a acompanhar esta tendência e assegurar cuidados médicos personalizados, que garantam o bem-estar e o nível de desempenho espectável de um atleta de alta competição.

Adicionalmente, a ferração, devido à sua influência na biomecânica de um equino, representa uma das considerações a ter para com o atleta, já que através deste procedimento é possível melhorar o desempenho do cavalo e auxiliar na prevenção de lesões músculo-esqueléticas, que poderiam colocar em causa a carreira desportiva do atleta equino.

Neste sentido, esta dissertação visa contribuir para a avaliação do impacto da ferração fisiológica na locomoção de equinos de desporto, tendo por base uma análise biomecânica.

O presente trabalho teve como objetivo demonstrar quantitativamente a influência da ferração, num grupo de 30 cavalos de desporto, e correlacionar os dados biomecânicos obtidos com variáveis descritivas (idade, sexo e disciplina). Para esta finalidade, recorreram-se a sensores de unidade de medição inercial para quantificar as diferenças em milissegundos de cada fase da passada, antes e após a realização de uma ferração fisiológica. Cada animal foi avaliado em dois momentos diferentes, às cinco semanas de ferração e imediatamente após o casqueamento e aplicação de uma nova ferradura. As médias dos valores obtidos nestes dois momentos foram comparadas e verificou-se uma influência positiva da ferração sistemática e adequada a cada cavalo, respeitando sempre os aprumos de cada animal.

De um modo geral, na população estudada, verificaram-se valores inferiores de duração de tempo da passada imediatamente após nova ferração e diferenças menores entre membros, demonstrando assim a influência positiva que a ferração pode ter no equilíbrio, na locomoção, na *performance* e no bem-estar dos equinos.

**Palavras-chave:** ferração, locomoção, biomecânica, sensores de unidade de medição inercial, ferração fisiológica

## Abstract

Nowadays, the horse is considered a high-performance athlete. As such, equine veterinary medicine has evolved to accompany this trend and ensure personalized equine medical care, which guarantees the well-being and the *performance* level expected of this equine athlete.

Additionally, due to its influence on the horses' biomechanics, shoeing is considered a primary care for the equine athlete. Through this procedure it is possible to improve the horses' performance and help prevent the occurrence of musculoskeletal injuries, which could jeopardize the sporting career of this athlete.

This study intends to contribute to the evaluation of the impact of physiological shoeing on the equine locomotion, using a biomechanical analysis approach.

The present work aimed to quantitatively demonstrate the influence of shoeing, in a group of 30 sport horses, and to correlate the biomechanical data obtained with descriptive variables (age, sex and discipline). For this purpose, inertial measurement unit sensors were used to quantify the differences in milliseconds of each stride, before and after carrying out a physiological shoeing. Each animal was evaluated at two different times, first at five weeks after shoeing and then immediately after trimming and shoeing. The mean values of the stride parameters obtained in these two moments were compared and a positive influence was observed after each horse was shooed, according to its conformation.

Overall, in the studied population, a decrease stride duration and in differences between both limbs was observed immediately after a new shoeing, thus demonstrating the positive influence that this procedure can have on the balance, locomotion, *performance* and equine welfare.

**Keywords:** shoeing, locomotion, biomechanical, inertial measurement unit sensors, physiological shoeing

## **Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos**

**PRPs** – Plasma Rico em Plaquetas  
**UMI** – Unidades de Medição Inercial  
**ms** – milissegundos  
**P1** – Primeira Falange  
**P2** – Segunda Falange  
**P3** – Terceira Falange  
**TEDC** – Tendão Extensor Digital Comum  
**TFDS** – Tendão Flexor Digital Superficial  
**TFDP** – Tendão Flexor Digital Profundo  
**IFD** – Articulação Interfalângica Distal  
**LSI** – Ligamento Sesamóideo Ímpar  
**MPE** – Membro Posterior Esquerdo  
**MAE** – Membro Anterior Esquerdo  
**MPD** – Membro Posterior Direito  
**MAD** – Membro Anterior Direito  
**FRS** – Força de Reação com o Solo  
**COM** – Captura Ótica de Movimento  
**GPS** – Sistemas de Posicionamento Global  
**PSL** – Puro Sangue Lusitano  
**Pt Desporto** – Português de Desporto  
**A.F.** – Antes de Ferrar  
**AP. F.** – Após Ferrar

## Índice

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Índice .....                                                 | 9  |
| Índice de Tabelas.....                                       | 12 |
| Índice de Figuras.....                                       | 13 |
| 1.Casuística de Estágio.....                                 | 14 |
| 1.1 Digital Vet – Equine Podiatry & Veterinary Services..... | 14 |
| 1.2 HidroVet – Centro de Reabilitação Equina.....            | 18 |
| 2.Introdução .....                                           | 19 |
| 3.Revisão Bibliográfica.....                                 | 20 |
| 3.1 Anatomia da Extremidade distal.....                      | 20 |
| 3.1.1 Estruturas Ósseas.....                                 | 20 |
| 3.1.2 Casco.....                                             | 22 |
| 3.1.3 Conformação da extremidade distal .....                | 24 |
| 3.2 Locomoção a passo, trote e galope .....                  | 25 |
| 3.3 Biomecânica .....                                        | 26 |
| 3.3.1 Fases da passada.....                                  | 27 |
| 3.3.2 Cinética e cinemática .....                            | 29 |
| 3.3.3 Factores que influenciam a Biomecânica .....           | 30 |
| 3.3.4 Avaliação objetiva da Biomecânica .....                | 34 |
| 3.3.5 Black Werkman Lite©.....                               | 36 |
| 3.4 Ferração .....                                           | 37 |
| 3.5 Protocolo de investigação .....                          | 40 |
| 3.5.1 Objetivos .....                                        | 40 |
| 4. Material e Métodos.....                                   | 41 |
| 4.1 População e critérios de inclusão.....                   | 41 |
| 4.2 Ferração .....                                           | 41 |
| 4.3 Colocação de Sensores e Medição das Variáveis .....      | 42 |
| 4.4 Análise Estatística .....                                | 43 |

|                                                                                                          |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5. Resultados .....                                                                                      | 44   |
| 5.1 Análise descritiva e comparação de médias .....                                                      | 44   |
| 5.1.1 Correlações de Pearson.....                                                                        | 47   |
| 5.1.1.1 Correlação Idade .....                                                                           | 47   |
| 5.1.1.2 Correlação Sexo .....                                                                            | 49   |
| 5.1.1.3 Correlação Disciplina .....                                                                      | 50   |
| 6. Discussão.....                                                                                        | 52   |
| 6.1 Influência da idade.....                                                                             | 53   |
| 6.2 Influência do sexo.....                                                                              | 54   |
| 6.3 Influência da disciplina.....                                                                        | 54   |
| 6.4 Comparação entre médias.....                                                                         | 55   |
| 7. Conclusão .....                                                                                       | 58   |
| 8. Perspetivas Futuras .....                                                                             | 59   |
| Bibliografia .....                                                                                       | 60   |
| APÊNDICES .....                                                                                          | I    |
| Apêndice I – Medições em ms do MAE - PASSO .....                                                         | II   |
| Apêndice II – Medições em ms do MAD - PASSO .....                                                        | III  |
| Apêndice III – Medições em ms da diferença MAD/MAE - PASSO.....                                          | IV   |
| Apêndice IV – Medições em ms do STRIDE - PASSO.....                                                      | V    |
| Apêndice V – Medições em ms STRIDE – TROTE.....                                                          | VI   |
| Apêndice VI – Medições em ms do MAE - TROTE .....                                                        | VII  |
| Apêndice VII – Medições em ms do MAD - TROTE.....                                                        | VIII |
| Apêndice VIII – Medições em ms da diferença MAD/MAE - TROTE.....                                         | IX   |
| Apêndice IX – Média, Desvio Padrão, Intervalo de Confiança – PASSO .....                                 | X    |
| Apêndice X – Média, Desvio Padrão, Intervalo de Confiança – TROTE .....                                  | XI   |
| Apêndice XI – Análise do valor de p das diferenças entre variáveis antes e após<br>ferrar - PASSO .....  | XII  |
| Apêndice XII – Análise do valor de p das diferenças entre variáveis antes e após<br>ferrar - TROTE ..... | XIII |

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEXOS .....                                                                                  | XIV |
| Anexo I – Tabelas com as medições em ms efectuadas pelo aparelho Black<br>Werkman Lite© ..... | XV  |

## Índice de Tabelas

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 1 - Medições das fases da passada (ms) a PASSO e TROTE dos MAD e MAE, antes e após a ferração.....   | 45 |
| TABELA 2 - Diferença de médias entre as variáveis antes e após ferrar em percentagem.....                   | 46 |
| TABELA 3 - Correlação de Pearson com a Idade, valor de p (AP.F. - após ferrar; AP.F. - após ferrar).....    | 48 |
| TABELA 4 - Correlação de Pearson com o Sexo, valor de p (A.F. - antes de ferrar; AP. F. - após ferrar)..... | 49 |
| TABELA 5 - Correlação de Pearson com a Disciplina (A.F. - antes de ferrar; AP.F. - após ferrar).....        | 51 |

## Índice de Figuras

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Gráfico com casuística de estágio curricular .....                                                                                                   | 15 |
| Figura 2 - Ferração adequada a um pós-cirúrgico de Queratoma.....                                                                                               | 16 |
| Figura 3 - Hoof Casts, Laminite .....                                                                                                                           | 16 |
| Figura 4 - Autora a aparar os cascos .....                                                                                                                      | 16 |
| Figura 5 - Fotografias do estágio: a) Pré-molares (dentes de lobo); b) Penso de abcesso de casco; c) Orquiectomia sob anestesia geral; d) Penso de ferida ..... | 16 |
| Figura 6 - Laserterapia.....                                                                                                                                    | 18 |
| Figura 7 - Crioterapia aplicada num sarcoma.....                                                                                                                | 18 |
| Figura 8 - Vista palmar do membro distal (adaptado de Davies & Philip, 2007) .....                                                                              | 20 |
| Figura 9 - Vista dorsal do membro distal (adaptado de Davies & Philip, 2007) .....                                                                              | 20 |
| Figura 10 - Casco, vista lateral.....                                                                                                                           | 22 |
| Figura 11 - Lâminas dérmicas, sensíveis (adaptado de Davies & Philip, 2007).....                                                                                | 23 |
| Figura 12 - Lâminas epidérmicas, não sensíveis .....                                                                                                            | 23 |
| Figura 13 - Ranilha.....                                                                                                                                        | 23 |
| Figura 14 - Eixo podofalângico (adaptado de O'Grady, 2013) .....                                                                                                | 24 |
| Figura 15 - Eixo podofalângico fisiológico; <i>broken-back</i> ; <i>broken-foward</i> (adaptado de Ross & McIlwaith, 2011) .....                                | 24 |
| Figura 16 - Orientações para o equilíbrio mediolateral ou estático (adaptado de Dyson, 2011).....                                                               | 25 |
| Figura 17 - Locomoção a passo (adaptado de Baxter et al., 2011).....                                                                                            | 26 |
| Figura 18 - Locomoção a trote (adaptado de Baxter et al., 2011) .....                                                                                           | 26 |
| Figura 19 - Locomoção a galope (adaptado de Baxter et al., 2011) .....                                                                                          | 26 |
| Figura 20 - Diferentes fases da passada (Black Werkman©) .....                                                                                                  | 28 |
| Figura 21 - Ferradura de ferro .....                                                                                                                            | 41 |
| Figura 22 – Black Werkman Lite © .....                                                                                                                          | 42 |
| Figura 23 – Aplicação dos sensores.....                                                                                                                         | 42 |
| Figura 24 – Sensores aplicados.....                                                                                                                             | 42 |

## **1.Casuística de Estágio**

O Estágio Curricular do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária, da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias realizou-se em dois locais distintos.

O primeiro local de estágio decorreu na Digital Vet - Equine Podiatry & Veterinary Services, em Dona Maria – Almargem do Bispo, com uma duração de cinco meses, de setembro a dezembro de 2020 e mais tarde, durante o mês de fevereiro de 2021.

O segundo local de estágio teve lugar na Hidrovét, Centro de Reabilitação Equina, em Sintra, durante o mês de janeiro de 2021.

O estágio curricular permitiu a aprendizagem e aplicação de ensinamentos adquiridos na prática diária da clínica de Equinos em ambulatório. Ambos os estágios potenciaram a autonomia, o pensamento clínico e prático inerente a um médico veterinário, perante as diferentes situações clínicas apresentadas.

### **1.1 Digital Vet – Equine Podiatry & Veterinary Services**

O estágio na Digital Vet foi realizado sob a orientação do Dr. Diogo Macedo e durante este período foi realizado o trabalho de investigação que deu origem ao tema desta dissertação. A Digital Vet era ainda constituída por dois médicos veterinários, Dr<sup>a</sup> Maria João, Dr. David Couto e o Ferrador Paulo Menicio, que integravam a equipa desta clínica.

A casuística consiste maioritariamente em ambulatório, no entanto, existe a possibilidade de proporcionar um acompanhamento com cuidados diários na clínica, que dispõem de 4 boxes para estadia, um tronco de contenção e uma sala de indução/recobro. O facto de a equipa ser composta por um médico veterinário/ferrador, permite uma abordagem mais completa nos casos clínicos de ortopedia assim como na própria Podologia e Ferração, em que os conhecimentos das duas áreas se complementam. Para além destas componentes, existe ainda uma escala de urgências semanais, de modo a suprir qualquer situação.

A equipa dispõem de duas carrinhas totalmente equipadas, uma destinada exclusivamente a prática de medicina veterinária, e outra carrinha equipada para as duas vertentes de veterinária e ferração.

Durante o período de estágio na Digital Vet, foi possível observar um total de 203 casos clínicos e acompanhar os 3 médicos veterinários consoante a área específica de cada um, representados na figura 1.

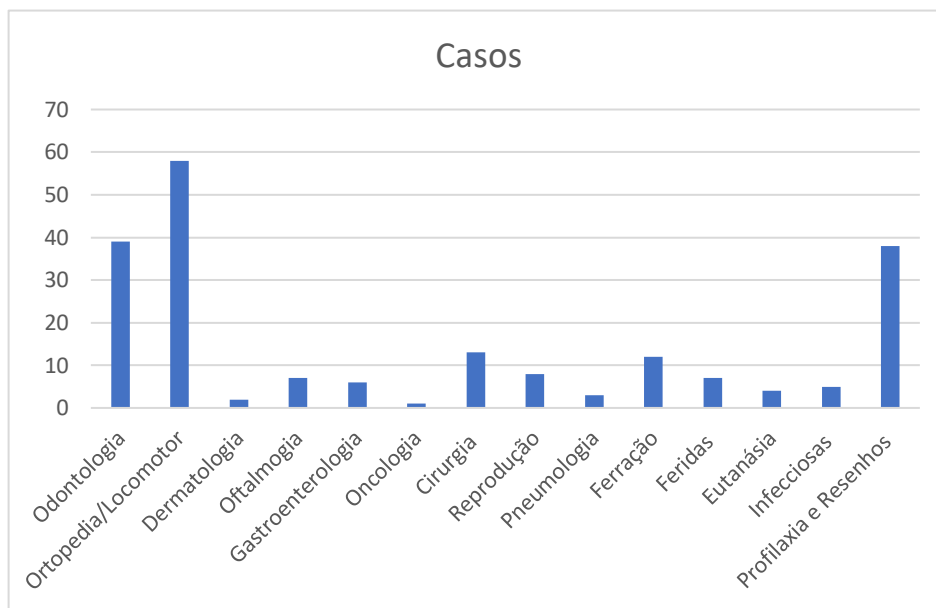


Figura 1 - Gráfico com casuística de estágio curricular

A profilaxia é uma das áreas presentes na clínica de equinos da qual foi possível observar o protocolo de primovacinação (Tétano e Influenza, Herpes Vírus 1,4) e desparasitação de poldros, colocação de microchip, realização de resenhos e colheita de amostras para testes de filiação.

As atividades realizadas na área da ortopedia, consistiram no diagnóstico de claudicações através de exames clínicos (estático e dinâmico), realização de bloqueios perineurais; radiografias e ecografias em consultas, assim como em exames de ato de compra. A execução de tratamentos articulares (infiltrações), a preparação e aplicação de Plasma Rico em Plaquetas (PRPs) foram algumas das terapias observadas nesta área.

Na área de ortopedia, juntamente com a podologia e ferração, observaram-se diversos casos onde foi possível realização de uma venografia para diagnóstico de um queratoma e posterior ferração ortopédica (figura 2) e casos de laminite com aplicação de *hoof-casts* (figura 3). A autora teve oportunidade de desenvolver e aplicar conhecimentos de podologia e ferração (figura 4) e a sua prática na realização de pensos de casco em abscessos subsolares (figura 5b), uma das patologias de casco mais frequentes na clínica de Equinos.



Figura 2 - Ferração adequada a um pós-cirúrgico de Queratoma



Figura 3 - Hoof Casts, Laminite



Figura 4 - Autora a aparar os cascos

Os casos de odontologia foram uma constante, o que permitiu realizar todos os procedimentos associados a uma consulta de dentisteria, desde a sedação, montagem e colocação do abre-bocas, inspeção da mucosa lingual e bucal, regularização da mesa dentária com lima mecânica, remoção de ganchos, assim como a extração de dentes de lobo (dentes 105 e 205) (figura 5a).



Figura 5 - Fotografias do estágio: a) Pré-molares (dentes de lobo); b) Penso de abscesso de casco; c) Orquiectomia sob anestesia geral; d) Penso de ferida

Na área de oftalmologia, observaram-se casos clínicos de úlceras simples e uma perfuração de córnea com prolapso de íris, que implicou tratamentos intensivos. Neste período de estágio, foi realizado o manejo de feridas, desde a tricotomia, à limpeza, desinfecção, aplicação de pensos (figura 5d) e cuidados até o processo de cicatrização estar concluído. A dermatologia foi também uma das áreas abordadas, em casos de foliculite bacteriana, dermatofitoses e habronemose (feridas de verão). Na área de pneumologia a autora teve oportunidade de acompanhar 3 casos clínicos de asma equina, uma patologia relativamente comum na prática de clínica de Equinos, desde a primeira abordagem clínica num episódio agudo, como na terapêutica e alterações de manejo. Na área de gastroenterologia e urgência, observaram-se casos de síndrome de abdómen agudo, desde obstruções simples com resolução médica, a obstruções estranguladas (volvulo de intestino delgado) e uma obstrução esofágica, em que houve oportunidade de realizar uma entubação

nasogástrica. Contudo, as feridas de campo e abscessos subsolares, foram as urgências mais comuns.

No mês de fevereiro iniciou-se o acompanhamento reprodutivo das éguas, desde a monitorização do ciclo éstrico que incluiu palpar, ecografar e acompanhar toda a evolução desde a fase de transição até à inseminação e posterior diagnóstico de gestação.

Na área de cirurgia, devido à colaboração entre a Digital Vet e a Hippiátrica, foi possível participar em diferentes cirurgias, exercendo função de circulante, ajudante de cirurgião, assim como na preparação de todo o campo cirúrgico em orquiectomias fechadas e de critorquídicos, artroscopias e neurectomias. Houve a oportunidade de participar na excisão de um sarcoma e orquiectomias em ambulatório (figura 5b).

## 1.2 HidroVet – Centro de Reabilitação Equina

A Hidrovet, é um centro de reabilitação equina, situado em Sintra, no Clube Equestre de Janas - o Paddock e a equipa é composta por uma Médica Veterinária, Dr<sup>a</sup> Carolina Nascimento e uma enfermeira. Neste centro, encontram-se disponíveis vários equipamentos de reabilitação, desde o aquatrainer (passadeira aquática), o spa e a plataforma vibratória. Possui ainda, outras terapias como *shock wave*, ultrassom, laserterapia, acupuntura, ozonoterapia e auto-hemoterapia. O maior foco desta equipa é a fisioterapia e reabilitação de equinos, em simultâneo com a clínica de equinos em ambulatório, onde foi possível observar e praticar dentisteria com limas manuais.

O estágio na Hidrovet teve a duração de um mês, no qual a autora acompanhou um total de 11 casos clínicos de reabilitação como por exemplo, uma tenossinovite com aplicação de laserterapia (figura 6) e ultrassom na sua terapêutica. Casos de claudicação, com posterior tratamento articular; preparação e administração de Plasma Rico em Plaquetas (PRPs); aplicação de ozonoterapia em pontos de acupuntura e procedimentos de auto-hemoterapia ozonizada. Foi possível participar na remoção de dois sarcoides da tábua do pescoço, com posterior crioterapia, ilustrado na figura 7.

Na área da gastroenterologia, a autora teve oportunidade de assistir e auxiliar uma gastroscopia, realizada pelo Dr. Ricardo Agrícola num caso clínico de úlcera gástrica e atraso no esvaziamento gástrico.

Consoante os casos que se foram acompanhando, o processo de dessensibilização dos cavalos ao aquatrainer nas primeiras sessões, assim como todo o processo de preparação dos mesmos foi acompanhado e executado pela autora.



Figura 6 - Laserterapia



Figura 7 - Crioterapia aplicada num sarcoma

## 2.Introdução

O cavalo é um animal que ao longo dos anos foi selecionado para ser um atleta de alta competição devido às suas capacidades físicas e, como tal, necessita de um acompanhamento médico completo e contínuo durante toda a sua carreira desportiva. Contudo, a necessidade de estar sempre na sua melhor condição física, carece não só de acompanhamento do médico veterinário, como de um ferrador.

A ferração foi criada com o intuito de proteger o casco contra o desgaste excessivo (Willemen, et al. 1999). Tem vindo a evoluir ao longo do tempo, consoante a necessidade de melhoria de *performance* do equino como atleta e pela sua influência no bem-estar, na locomoção e biomecânica. As ferraduras são utilizadas como uma fonte de melhoria de *performance*, prevenção e/ou tratamento de lesões, através da utilização de diferentes tipos, materiais e técnicas de ferração (Eliashar, 2007). O casco pode sofrer alterações sob a influência de outros meios, sem ser através da ferração, como por exemplo: pela alteração do exercício diário, piso onde trabalha, no caso de uma gestação, alteração de dieta, assim como numa simples mudança na estabulação (Eliashar, 2012).

Com a evolução da análise biomecânica através da utilização de inúmeras técnicas disponíveis, entre as quais, sistemas de análise de movimento, placas de força, giroscópios, acelerómetros, sistema de medição inercial, é possível obter mais informação sobre a passada do cavalo, individualmente. Desta forma, verifica-se um aumento exponencial do conhecimento sobre a locomoção e procura pela sua otimização, incluindo as técnicas de ferração e todo o cuidado associado ao casco e ao aparelho locomotor. Ao transpor esta informação, surge a oportunidade de melhorar a *performance*, utilizando novos planos de treino assim como novas técnicas de ferração adequadas a cada caso, para além do auxílio na análise de claudicações (Clayton, 2016).

Os sistemas de medição inercial têm evoluído bastante, e é através da sua utilização e fácil aplicação (na prática), que é possível obter informação/resultados no momento, sobre cada fase da passada de um equino. Com a análise destes dados, é possível comprovar ou refutar a influência da ferração em cada fase (Eliashar, 2012; Hagen et al., 2021a).

A criação deste trabalho surge com o intuito de quantificar a influência de uma ferração fisiológica num cavalo de desporto através da utilização de sensores de unidade de medição inercial (UMI), o modelo Black Werkman Lite©. Estes são aplicados na parede dorsal do casco, possibilitando quantificar com os dados obtidos em milissegundos (ms), a influência da ferração em cada fase da passada: antes e após a ferração, a passo e a trote em piso duro.

### 3.Revisão Bibliográfica

#### 3.1 Anatomia da Extremidade distal

##### 3.1.1 Estruturas Ósseas

O dígito de um equino é composto pelo casco e quartela, tendo como bases ósseas a terceira falange (distal), a segunda falange (média), a primeira falange (proximal) e o osso sesamoide distal (osso navicular) (figura 1 e 2) (Davies & Philip, 2007; Fails, 2020).

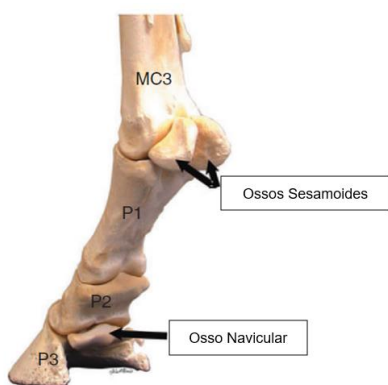


Figura 8 - Vista palmar do membro distal (adaptado de Davies & Philip, 2007)

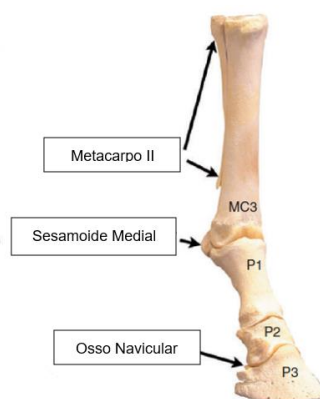


Figura 9 - Vista dorsal do membro distal (adaptado de Davies & Philip, 2007)

A primeira falange (P1) articula-se com o terceiro metacarpo/metatarso no bordo proximal e com a segunda falange (P2) no bordo distal (Davies & Philip, 2007).

A segunda falange (P2) encontra-se entre a falange proximal e distal. Esta é mais curta e achatada que a P1, apresentando uma forma cuboide e articula-se proximalmente com a P1, e distalmente com a P3 (Davies & Philip, 2007). O bordo dorsal da P2 é delimitado pelo tendão extensor digital comum (TEDC); pelos ligamentos sesamóideos distais na face palmar, tendões flexores, bainha dos tendões e o ligamento anelar proximal e distal. O tendão flexor digital superficial (TFDS) tem inserção no aspeto palmarodistal da falange proximal e no bordo palmarproximal da falange média (Ruggles, 2011). Na sua face distal, a P2 articula-se com a P3 e com o osso navicular (Getty, 1986).

A terceira falange (P3) encontra-se totalmente envolvida pelo casco e tem uma forma semicircular, em cunha. Esta é constituída por três faces e duas margens. A margem solar que separa a face parietal da face solar e a margem coronal que separa a face articular da

face parietal. O processo extensor é formado por uma iminência central na margem coronal (Liebich et al., 2016). A sua superfície concava é designada por face solar, caudo proximalmente encontra-se a face flexora. A face solar encontra-se dividida por uma linha curva rugosa, a linha semilunar, que define o bordo solar interno e separa-o da superfície flexora. A face flexora contém uma superfície rugosa, onde passa o TFDP. O limite articular entre a superfície articular da P3 e a superfície flexora é definido por um bordo rugoso na extremidade caudoproximal. Ao longo deste bordo, o ligamento distal ímpar do navicular estende-se e vai posteriormente inserir-se na P3. Entre o local de inserção e a linha semilunar, existem numerosos forâmenes, onde passam os vasos sanguíneos (Davies & Philip, 2007; Getty, 1986).

O bordo dorsoproximal da P3 apresenta uma proeminência designada de processo extensor, na qual se insere o TEDC. Este bordo articula-se com a crista dorsal da superfície articular da P2. Em ambos os lados do processo extensor e da crista proximal das superfícies lateral e medial da P3, existem depressões onde se inserem os ligamentos colaterais da articulação interfalângica distal. Esta é composta por dois processos palmares (medial e lateral), cada um com um sulco parietal com vasos sanguíneos.

A face parietal também designada por face dorsal forma um ângulo de 45 a 50° com o solo. O bordo solar é a região onde a superfície parietal e solar se encontram (Davies & Philip, 2007; Getty, 1986).

O osso navicular (osso sesamoide distal) é composto por uma margem proximal reta e uma margem distal convexa, que se fixa ao aspecto palmar da P3. Articula-se distalmente com a P3 numa superfície articular estreita ao longo da articulação interfalângica distal (IDF). O ligamento ímpar insere-se na P3 numa crista estreita, localizada caudodistalmente à superfície articular (Davies & Philip, 2007).

A articulação do osso navicular com a P2, localiza-se na região palmar da superfície articular distal da falange intermédia. A superfície dorsal contém uma linha média, cristas e ligeiras concavidades de cada lado. O TFDP encontra-se na face palmar do osso navicular, na face oposta à face articular. A face flexora do navicular apresenta um ângulo com o solo, na porção distal, contendo uma crista mediana com cavidades em cada lado. Entre a superfície flexora do navicular e o TFDP, encontra-se a bursa do navicular (bolsa sinovial, composta por líquido sinovial) (Davies & Philip, 2007).

O aparelho podotroclear é constituído pelos ligamentos sesamóideos colaterais, ligamento sesamóideo ímpar (LSI), TFDP, ligamento digital anular distal e pela bursa do navicular (Dyson, 2011).

O ligamento T encontra-se no bordo palmar proximal do osso navicular, é fino, elástico e constituído por material fibroso. Este separa três cavidades sinoviais: bursa do

navicular, recesso palmar da articulação IFD e a bainha do tendão flexor. Contém dois segmentos, entre a quartela (na superfície palmar da P2) e o TFDP. O terceiro encontra-se entre o tendão e o osso navicular (Davies & Philips, 2007).

O Aparatus Suspensor do Navicular consiste nos ligamentos suspensores do navicular (ligamentos sesamóideos colaterais), com origem na superfície distal da P1, estendendo-se ao longo da superfície axial da P2, com inserção nas extremidades do osso navicular. Esta disposição tem efeito na biomecânica durante o movimento, considerando a tensão elevada criada nas superfícies articulares do osso navicular com a P2 e P3. Este contém ainda pequenas ramificações que se fixam na superfície axial da P3 (Bowker, 2011).

### 3.1.2 Casco

A extremidade distal do membro dos equinos é revestida por casco e tem um crescimento médio de 6/8mm por mês. Este é considerado um derivado da pele que reveste totalmente a terceira falange (Davies & Philip, 2007). O casco é altamente rico em água e lípidos, que lhe conferem a elasticidade necessária para absorver as forças de choque. Um dos constituintes do casco é a muralha, também denominada como taipa, a qual não tem a capacidade de absorção de soluções oleosas e lubrificantes, absorvendo água. O tecido córneo é bastante resistente a substâncias corrosivas e é um mau condutor térmico, o que garante proteção contra o calor e o frio (Nassau, 2014; Fails, 2020).

O casco comporta-se de uma forma distinta das restantes estruturas do sistema músculo-esquelético, pois apresenta crescimento contínuo e propriedades biomecânicas. como por exemplo: o seu crescimento é influenciado pela estação do ano, inflamação, nutrição e produtos tópicos irritantes.

A parede do casco é dividida em pinça, ombros, quartos (medial e lateral) e talões (Figura 10). O ângulo da parede do casco com o solo varia entre 45° a 65° (Fails, 2020).



Figura 10 - Casco, vista lateral

O casco é contínuo com a epiderme na região da coroa, assim como o córion do casco é contínuo com a derme da pele (Fails, 2020). A coroa é o local onde a pele se reúne com o casco (Davies & Philip, 2007). O sulco coronário percorre o interior da superfície da parede, preenchido por derme coronária sustentando a epiderme que cresce no interior, na região do bordo coronário. As lâminas da derme são sensíveis e vascularizadas (figura 11) (Nassau, 2014). Pelo contrário, as lâminas epidérmicas, não sensíveis, revestem a superfície interna da parede do casco e são várias fibras finas que se estendem desde o bordo coronário até à sola (figura 12) (Davies & Philip, 2007).



Figura 11 - Lâminas dérmicas, sensíveis (adaptado de Davies & Philip, 2007)



Figura 12 - Lâminas epidérmicas, não sensíveis

A superfície solar do casco é côncava e constituída pela sola, ranilha, barras, bulbo dos talões e linha branca (Fails, 2020) (figura 13).

A ranilha é composta por um tecido fibroso e fino, com uma estrutura mais rígida. A almofada da ranilha é produzida pelo próprio córion, esta tem uma forma em V, com um sulco médio e dois laterais. Tem uma função na mecânica do casco, permitindo que a metade posterior se consiga expandir em situações de grande pressão, servindo também como proteção e amortecedor das porções internas do casco (Nassau, 2014).

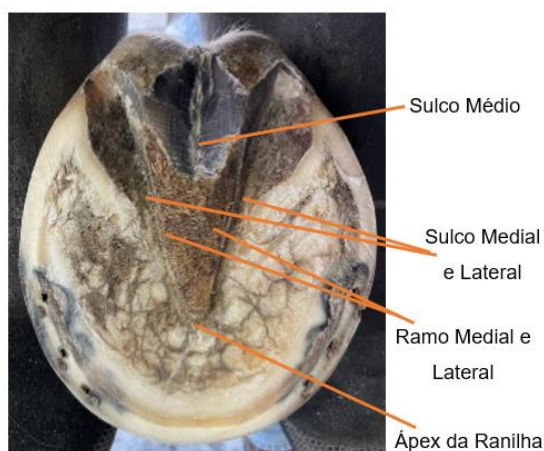


Figura 13 - Ranilha

O aspeto palmar/plantar da rasilha apresenta ligação com os bulbos dos talões, transferindo o peso para a almofada fibrosa digital durante a sustentação, esta força auxilia o retorno do sangue venoso do interior da cápsula do casco às veias da extremidade distal (Fails, 2020).

A linha branca é visível na superfície palmar do casco, é descrita como um anel com uma cor mais clara, com uma textura mais macia, que marca o limite entre a sola e a parede do casco. Marca a junção entre a região sensível e não sensível de tecidos, sendo este o motivo pelo qual os cavalos quando são ferrados e os cravos da ferradura serem colocados na periferia da linha branca, sem atingir a zona sensível do casco (Davies & Philip, 2007; Back & Pille, 2013).

### 3.1.3 Conformação da extremidade distal

O eixo podofalângico considerado fisiológico, implica que o ângulo da parede dorsal do casco e da quartela, formem o mesmo ângulo com o solo, cerca de 45° a 50° (Nassau, 2014). Deste modo, o eixo do casco com a quartela deve formar um ângulo de 180° (figura 14) (O'Grady, 2013; Ross & McIlwraith, 2011).

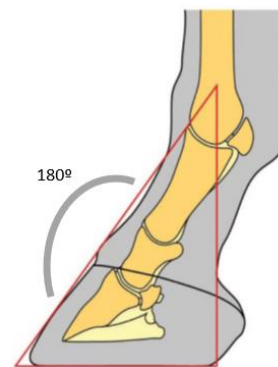


Figura 14 - Eixo podofalângico (adaptado de O'Grady, 2013)

Este ângulo é importante para determinar a carga exercida nas estruturas do membro. Quanto mais ingreme for o eixo da quartela, menor será a passada e maior a probabilidade de claudicações associadas (Ross & McIlwraith, 2011).

O membro que apresente um aumento do ângulo formado pela P2 e a face dorsal da P3, denomina-se como *broken-forward* (figura 15). A articulação interfalângica distal e a articulação interfalângica proximal apresentam uma posição de flexão levando ao aumento de peso na porção dorsal do casco. Por outro lado, a diminuição do ângulo entre a articulação IFP e IFD, é designada por *broken-back* (figura 15). Esta alteração do eixo podofalângico é influenciada pelo crescimento excessivo da pinça ou diminuição da altura dos talões, o que promove uma carga maior no TFDP (O'Grady, 2020).

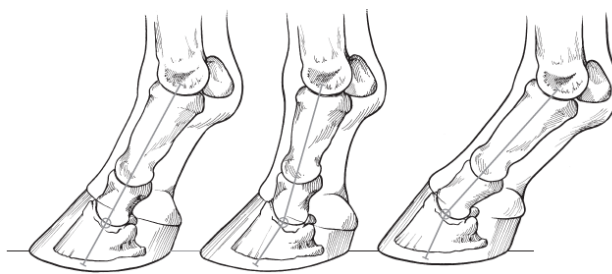


Figura 15 - Eixo podofalângico fisiológico; *broken back*; *broken-forward* (adaptado de Ross & McIlwraith, 2011)

O casco deve ser aparado tendo em consideração a conformação individual do membro de cada cavalo e considera-se corretamente aparado quando a parede dorsal do casco e da quartela se encontram alinhadas em planos paralelos. Através do uso da radiografia, é possível confirmar o alinhamento do eixo podofalângico (O'Grady, 2020).

Outra consideração a ter durante este procedimento consiste no equilíbrio mediolateral (estático) ou geométrico. As orientações utilizadas para a obtenção deste equilíbrio consistem no traçado de uma única linha vertical (linha azul) que divide o metacarpo/metatarso e as falanges, juntamente com uma linha traçada na horizontal (linha laranja) em dois pontos comparáveis na região do bordo coronária ou na superfície de suporte do peso do casco que deve ser perpendicular ao eixo da região do metacarpo/metatarso, garantindo desta forma o equilíbrio mediolateral do casco (figura 16) (Parks, 2011).

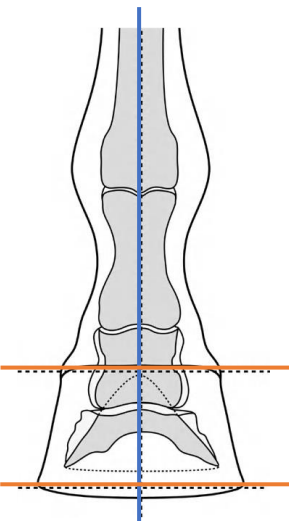


Figura 16 - Orientações para o equilíbrio mediolateral ou estático (adaptado de Dyson, 2011)

### 3.2 Locomoção a passo, trote e galope

Os cavalos pertencem à ordem Perissodactyla, sendo mamíferos ungulados, caracterizados por terem apenas um dígito em cada extremidade (Bowling & Ruvinsky, 2000). O facto de serem quadrúpedes proporciona uma grande diversidade nos tipos de marcha, devido a combinações de coordenação entre membros (Barrey, 2013).

A definição de locomoção consiste no movimento utilizado para se deslocarem no seu ambiente (Bowling & Runvinsky, 2000).

A locomoção coordenada é obtida pelo controlo do sistema nervoso central sobre os músculos, ossos e articulações que compõem o aparelho locomotor (Barrey, 2013). A locomoção divide-se em natural e andamentos adquiridos. O passo, o trote e o galope são considerados padrões naturais, que se diferenciam através da velocidade, passos e diferentes ritmos. Os padrões de andamento são descritos, tradicionalmente com início no apoio do membro posterior esquerdo (MPE) (Hildebrand, 1989).

O passo é descrito como um andamento natural, a quatro tempos, sem período de suspensão, isto é, cada membro apoia no solo em momentos diferentes, havendo sempre dois em contacto com o solo em simultâneo. Pode ser descrito como uma sequência lateral, começando com o apoio do MPE, de seguida o membro anterior esquerdo (MAE), membro posterior direito (MPD) e por fim, membro anterior direito (MAD) (figura 17) (Ball, 2006).

O trote é um andamento simétrico, a dois tempos. O corpo do cavalo é suportado, alternadamente por uma das diagonais, o MPE juntamente com o MAD, alternando com o MPD e o MAE (figura 18) (Ball, 2006; Piché et al., 2020).

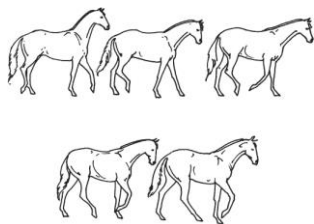


Figura 17 - Locomoção a passo (adaptado de Baxter et al., 2011)

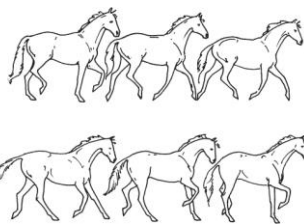


Figura 18 - Locomoção a trote (adaptado de Baxter et al., 2011)

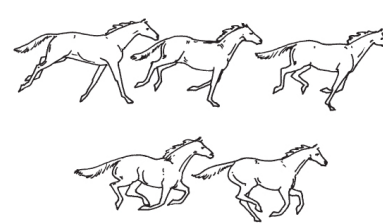


Figura 19 - Locomoção a galope (adaptado de Baxter et al., 2011)

O galope é um andamento a três tempos, com a seguinte sequência: apoio de um membro posterior, seguido do apoio do membro contralateral e a sua diagonal com o membro anterior e por último o membro anterior contralateral. Se o cavalo estiver a galopar para o lado direito, o primeiro membro a contactar o solo é o MPE, seguido da diagonal MPD e MAE, finalizando com MAD e posterior momento de suspensão (Piché et al., 2020).

### 3.3 Biomecânica

A análise do movimento/locomoção sempre foi reconhecida como um elemento-chave na avaliação e compreensão do desempenho atlético de equinos. A evolução da tecnologia e o aumento das ferramentas disponíveis permitiram um desenvolvimento e progressão rápida desta área (Back & Clayton, 2013).

A análise do movimento recorre a diferentes métodos para quantificar as características da locomoção, entre as quais a análise cinemática utilizada para descrever os movimentos dos membros e do corpo no tempo, assim como distância e variações angulares. A análise cinética permite obter dados sobre a variação das forças internas e externas exercidas, assim como as forças entre o casco e o solo, e sobre as articulações (Barrey, 2014).

Para uma boa análise de locomoção, é necessário definir alguns conceitos essenciais, enumerados seguidamente.

O andamento (*gait*) é definido como um padrão cíclico de movimento dos membros, em que cada ciclo forma uma passada (Back & Clayton, 2013). Este resulta na produção de movimentos progressivos (Barrey, 2014).

A passada (*stride*) é um ciclo completo de movimento, ou seja, série de movimentos repetidos pelos membros que caracterizam um andamento (Back & Clayton, 2013). O início de

cada passada pode ser considerado em qualquer ponto do ciclo, desde que se considere o final no mesmo ponto (Barrey, 2014).

Um ciclo de passada completo inclui a fase de apoio (*stance phase*) e fase aérea (*swing phase*) de cada membro (Clayton, 2016). A fase de apoio (*stance phase*) consiste na fase do ciclo em que o casco apoia no solo. Por outro lado, a fase aérea (*swing*) é quando não há contacto do membro com o solo (Barrey, 2014).

A duração da passada é composta pela fase de apoio, juntamente com a fase aérea de um membro. A frequência corresponde ao número de passadas por unidade de tempo (Barrey, 2014).

### **3.3.1 Fases da passada**

A fase de apoio (*stance phase*) é dividida em fase de impacto (*landing*), fase de suporte (*midstance*) e *breakover* (figura 20).

A fase de impacto consiste no momento em que o casco contacta com o solo. Esta termina pouco tempo depois, assim que as ondas de choque do casco se dissipam para níveis insignificantes. O primeiro contacto com o solo em velocidades menores ocorre através da pinça, mas a velocidades superiores o mais comum é realizar-se com os talões (Davies et al., 2007).

A fase de impacto pode ser dividida em três momentos, o pré-impacto, o impacto primário e o impacto secundário. O pré-impacto não se encontra totalmente definido, mas ocupa os últimos milissegundos (ms) da fase aérea (*swing phase*) até estabelecer contacto com o solo. Nesta fase, devido às alterações de velocidade sofridas pelo casco, as forças exercidas são mínimas e atribuídas à inércia (Thomason & Peterson, 2008).

O impacto primário, resume-se à colisão do casco com o solo, ao primeiro contacto, enquanto o impacto secundário, refere-se ao momento em que a velocidade é nula e o casco encontra-se em contacto com o solo firmemente e sem se movimentar (Thomason & Peterson, 2008).

Durante esta fase, o membro é sujeito a uma força externa de impacto pelo solo, designada como força de reação com o solo (FRS), a qual depende do peso do cavalo e da velocidade do movimento (Eliasher, 2007). Consiste num vetor tridimensional, constituído por componentes que atuam na vertical, longitudinal (craniocaudal) e transversal (mediolateral). A força vertical, é contrária à força da gravidade. A força longitudinal corresponde à aceleração e desaceleração, é responsável por desacelerar o membro no início da fase de apoio (*stance phase*), de modo a evitar que o membro deslize. Na segunda parte desta fase é responsável pela aceleração, isto é, na propulsão. A força transversal é aplicada em movimentos laterais do corpo (Clayton & Schamhardt, 2013). O solo exerce uma força contra o casco, com magnitude igual, mas com a direção oposta (Clayton & Schamhardt, 2013). Através da FRS, é possível identificar oscilações de elevadas frequências na fase de impacto. A absorção da energia presente nestas oscilações é realizada através dos cascos ou do próprio solo. Considerando que a absorção pode ser realizada pelos cascos, a capacidade de absorção do material utilizado na ferração, poderá ser benéfica para esta fase, prevenindo de certa forma a excessiva quantidade de energia absorvida pelo mesmo (Benoit et al., 1993; Davies et al., 2007).

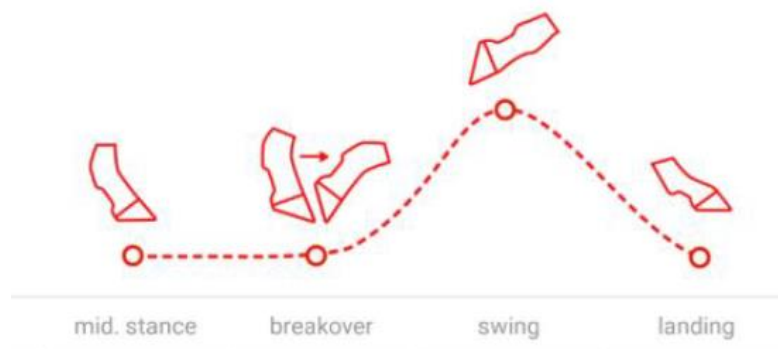


Figura 20 - Diferentes fases da passada (Black Werkman©)

A fase de suporte, designada por *midstance*, corresponde ao momento em que o corpo do cavalo está sobre o membro de suporte, em contacto total com o solo, havendo uma maior carga sobre o casco (Davies et al., 2007). É o momento em que o metacarpo se encontra totalmente na vertical. Assim, a fase de *midstance* não é obrigatoriamente uma descrição temporal, mas sim, uma posição. Temporalmente, associa-se a um período de mudança de fase em que ocorre a desaceleração do membro para a passagem à fase de propulsão (Drevemo et al., 1980).

O *breakover* tem início no final da fase de apoio (*stance phase*), no momento em que os talões perdem o contacto com o solo (*heel off*) e termina quando a pinça deixa de ter contacto com o solo (*toe off*) (Clayton, 1990; Davies et al., 2007). Nesta fase, ocorre tensão no TFDP, que causa uma flexão passiva nas articulações interfalângicas e o contacto entre o

tendão e a superfície palmar do navicular, resultando em forças de compressão altas no início do *breakover* (Eliasher et al., 2002). Na fase final, a força é transferida para o solo, promovendo a propulsão e suspensão dorsal da falange distal (van Heel et al., 2006). A alteração do *breakover* é conseguida através de vários métodos de ferração e através do corte do próprio casco (Eliasher, 2007). O aumento temporal do *breakover* é conseguido através de um comprimento maior da pinça, como afirma Weishaupt et al., 2013. Por outro lado, existem autores com opiniões diferentes, pois não encontram correlação significativa entre a alteração do material da ferração com a variação do *breakover* (Clayton et al., 1991).

Durante a fase de apoio (*stance phase*), o casco sofre determinadas deformações, nomeadamente alterações físicas como a expansão dos talões no momento do apoio, devido à pressão exercida na ranilha e rotação das falanges. Esta força leva a expansão da parede do casco, resultando numa diminuição da pressão no interior do mesmo. O casco recupera a sua forma quando inicia a segunda fase do *breakover*, ou seja, no momento em que rola sobre a pinça (Dyhre-Poulsen, 1994; Clayton et al., 2013).

A fase aérea, designada por *swing phase*, consiste na fase da passada em que um dos membros não se encontra em contacto com o solo (Barrey, 2014). Nesta fase, inicialmente, ocorre protração do membro, seguida de retração para reduzir a velocidade do casco para o momento de contacto com o solo, diminuindo assim a concussão e a possibilidade de deslizar (Hasaneini et al., 2014).

A primeira parte da fase aérea, consiste no período imediatamente após o momento em que o casco levanta do solo e o dígito realiza rapidamente a flexão (Thomason & Peterson, 2008).

A protração é realizada pela ação dos músculos proximais do membro e passivamente pelos músculos distais (Back et al., 1995). Assim que o membro se aproxima da protração máxima, o movimento é retardado e revertido pela ação ativa dos músculos da porção proximal, ao contrário da porção distal do membro que continua o trajeto até que acaba por resistir, através de estruturas passivas como tendões, ligamentos e ossos (Clayton et al., 1998).

### **3.3.2 Cinética e cinemática**

A análise da locomoção é realizada através de duas áreas, a cinemática e cinética.

A cinética consiste no estudo das forças externas e internas, associadas ao movimento (Clayton & Schamhardt, 2013). Esta área procura explicar a força aplicada no corpo, a distribuição do peso e as suas dimensões assim como a aceleração do centro de

gravidade dos segmentos do corpo. A cinética estabelece a relação entre a força, energia e trabalho com a velocidade e aceleração, as quais são consideradas variáveis cinemáticas (Barrey, 2014). Existe uma grande variedade de aparelhos nesta área, como giroscópios, transdutores pizoelétricos, acelerómetros, entre outros, que podem ser combinados com plataformas de força para medição da força de reação com o solo (FRS), ou fazer o mapeamento de pressões (Clayton & Schamhardt, 2013).

Em 1873, Marey, foi o primeiro autor a utilizar um sensor acoplado à superfície de solo de uma ferradura e acelerómetros ligados aos membros, para medir a duração do contacto do casco com o solo (Barrey, 2013).

No caso da biomecânica humana, recorre-se à utilização de passadeira para a medição de força de reação vertical com o solo, em condições padronizadas. Nos equinos, as FRS são medidas nos quatro membros em simultâneo, numa passadeira com um sistema de medição de força integrado (Barrey, 2014). De modo a realizar medições durante os exercícios, têm-se desenvolvido métodos como ferraduras com sensores (*force shoes*) que incluem sensores de força (Ratzlaff et al., 1990). Estes são geralmente menos precisos do que as placas de força, têm como desvantagem o peso adicional e a grossura da ferradura em si. Outra técnica ambulatoria mais recente, consiste na fixação dos sensores na parede do casco (Barrey, 2014).

A cinemática estuda as mudanças de posição dos segmentos do corpo no espaço, durante um período de tempo específico. Consiste na quantificação linear (distância) e angular de variáveis relacionadas com o tempo, deslocamento, velocidade e aceleração. O facto de ser mais fácil medir e visualizar deslocações e velocidades, do que medir forças acelerações aplicadas ao corpo e momentos, faz com que esta seja a abordagem mais utilizada na avaliação da locomoção (Barrey, 2014). Esta área é facilitada, através da construção de figuras e obtendo resultados com traçados gráficos. A comparação de curvas inteiras ou valores discretos, representantes de momentos importantes nesta análise, pode ser realizada através da utilização da análise estatística (Clayton & Schamhardt, 2013).

### **3.3.3 Factores que influenciam a Biomecânica**

A Biomecânica pode ser influenciada por factores extrínsecos ao animal, como o tipo de solo, a ferração, a disciplina, o nível de treino, sendo que a interação entre fatores poderá ter no impacto na *performance* e predispor para o desenvolvimento de lesões. Por exemplo, as diferentes propriedades da superfície do casco alteram a tração no impacto e forças de impulsão (Horan et al., 2021).

A cinemática do casco tem sido correlacionada com as propriedades dinâmicas da superfície, incluindo dureza, amortecimento, capacidade de resposta, aderência e uniformidade (Hobbs et al., 2014). A interação entre o cavalo, o casco e o solo é condicionada pela estrutura e propriedades da superfície de contacto do membro. Como tal, é necessário ter em consideração a forma como o casco é equilibrado, a utilização ou não de ferraduras (*barefoot*), o tipo e as condições da ferração atual (Harvey et al., 2012; Parks, 2011). O atrito, a tração e o amortecimento, são vertentes afetadas pela alteração da interface, quer seja na fase de suporte da passada, quer na resistência ao esforço na fase de propulsão (Hobbs et al., 2014).

A utilização de pitons em ferraduras de cavalos de salto de obstáculos e polo, devido às rápidas mudanças de velocidade e direção que estes executam durante a sua atividade desportiva, alteram o movimento do cavalo, o equilíbrio dorso-palmar e/ou medio-lateral. No entanto, até ao momento não se encontra padronizado, com base na evidência, o tipo de piso onde devem ser utilizados ou quais as condições ótimas e ideais para cada tipo de superfície. O facto de as alterações realizadas terem por base o conhecimento e experiência própria, pode conduzir a escolhas menos apropriadas, e sujeitar os membros a ação de forças excessivas (Parks, 2011; Peterson et al., 2012).

A conformação e o equilíbrio são factores com influência na biomecânica de um equino. Devem ser considerados em uníssono, uma vez que uma má conformação predispõe a desequilíbrio, assim como uma incorreta ferração/casqueamento, poderá evidenciar uma má conformação (Parks, 2011). A conformação descreve a forma da extremidade distal do dígito do equino, incluindo tamanho e proporções. O equilíbrio inclui a forma e função do casco, isto é, a forma como o casco se relaciona com o restante sistema músculo-esquelético e o solo, durante o repouso e o trabalho. Divide-se em equilíbrio geométrico (estático) e funcional (dinâmico). Ambas são medidas tridimensionais, em que o plano frontal é designado como equilíbrio mediolateral e o sagital como equilíbrio dorsopalmar (Parks, 2011). O desequilíbrio mediolateral encontra-se associado à força de reação com o solo, com distorção da cápsula do casco, o que induz assimetria nas articulações do membro distal e rotação da articulação interfalângica distal. Estas alterações provocam o aumento de *stress* compressivo, que leva ao aparecimento de numerosas lesões associadas como hematoma subsolar, hemorragia da linha branca, quartos, dor subsolar, osteoartrite entre outros (Moyer & Anderson, 1975).

Um cavalo que seja *broken-back*, apresenta uma carga superior no aspeto palmar, durante a fase de suporte (*midstance*), aumentando o *stress* no dígito no momento do *breakover*. Consequentemente, causa uma hiperextensão da articulação IFD e um aumento de tensão no TFDP, exercendo uma pressão superior no osso navicular. O aumento do tempo

de *breakover* é associado à utilização de cascos com pinças compridas, assim como o aumento de tensão no TFDP no início desta fase da passada, demonstrando mais uma vez, a influência da conformação na locomoção (Clayton, 1988). No caso de um cavalo *broken-forward*, apresenta menos complicações associadas, apesar do aumento da carga na porção dorsal do casco, ocorre diminuição da tensão no TFDP (Williams & Deacon, 1999).

Uma alteração angular proximal de conformação interfere com o equilíbrio mediolateral, uma vez que a porção mais proximal é responsável pela simetria mediolateral, no momento da carga. Por outro lado, deformações rotacionais como um cavalo *toe out*, isto é, com rotação lateral dos cascos (esquerdo) ou um cavalo *toe in* com rotação medial dos cascos (caravenho), não apresentam grandes consequências para o desempenho desportivo do cavalo caso o grau de desvio seja leve a moderado (Parks, 2011).

Um cavalo em descanso, suporta o peso através dos membros, cerca de 28% a 33% do peso corporal é suportado em cada dígito. Consoante os diferentes tipos de solo, alguns estudos demonstram diferenças no suporte do peso pelas diferentes porções do casco. No caso de cavalos, observados em pisos duros, as maiores zonas de contacto são a porção medial e lateral dos talões e a porção medial e lateral do aspeto dorsal do dígito, quando comparado com cavalos selvagens. Por outro lado, cavalos em pisos de areia, apresentam uma superfície de contacto mais central, ou seja, na sola, sendo a área de contacto superior à de cavalos em solo firme e plano (Parks, 2011). Cada ponto de contacto que suporte peso, transmite força ao solo e a pressão pode variar em cada ponto (Parks, 2011). Esta força de contacto, como referida anteriormente, designa-se por força de reacção com o solo.

A biomecânica do movimento é influenciada pelo peso das ferraduras, pois quanto mais pesado for o material, maior será a energia necessária para acelerar e desacelerar o membro durante o início e final de cada passada (Parks, 2011).

Cada raça apresenta diferentes características, como as alterações morfológicas de conformação. Como referido anteriormente, a conformação tem influência na biomecânica e consequentemente, a própria raça também. Teoricamente, cavalos com o ombro mais inclinado, têm maior facilidade na amplitude de movimento ascendente na fase aérea (*swing*), a trote. Back et al., correlacionaram os ângulos das articulações com a cinemática a trote, num grupo de 24 cavalos jovens Warmblood e comprovaram que uma escápula mais inclinada se encontra correlacionada com o membro mais prolongado. Isto é, um ombro mais longo e inclinado em combinação com um garrote bem desenvolvido, colocará o cavaleiro mais para trás, estabelecendo um bom equilíbrio e resultando numa maior mobilidade dos movimentos do cavalo e alcance de distâncias mais longas. A importância da flexão da articulação do cotovelo para os movimentos dos membros anteriores explica porque é que foi encontrada uma correlação entre o comprimento do úmero e a conformação da passada, pois um úmero

mais longo, apresenta um músculo tríceps mais longo, o que facilita a amplitude do movimento do cotovelo (Back et al., 1995).

Em cavalos de corrida, o comprimento do úmero mostrou ter uma importância significativa na eficiência da passada. Um úmero mais vertical tem um impacto negativo na *performance*, uma vez que esta posição limita o alcance do membro anterior e postura durante a passada, limitando a capacidade de correr em alta velocidade (Holmstrom & Back, 2013).

Os cavalos de raça espanhola apresentam uma passada mais curta, com maior frequência e um deslocamento dorsoventral. Os cavalos de raça alemã apresentam uma frequência de passada lenta, regular, mas, tal como os cavalos de raça espanhola, com grande deslocamento dorsoventral e atividade, o que indica uma boa elasticidade e propulsão. Pode afirmar-se que os cavalos de ambas as raças apresentam maior propulsão e atividade longitudinal, sendo uma vantagem para a execução do trote e *piaffe* nas provas de dressage. Algumas variáveis da passada como a frequência, atividade dorsoventral e longitudinal, que têm heritabilidade moderada a alta, podem ser utilizadas como critérios na seleção genética do poldro para a disciplina (Barrey et al., 2013).

A influência da disciplina, é algo que é investigado há uns anos. Em 1988, foram analisados 29 cavalos de salto de obstáculos, de forma a obter uma correlação entre a cinemática e as penalizações durante a prova. Algumas foram associadas a cavalos com passadas a velocidades menores durante o salto, devido à proximidade dos membros posteriores no momento da descolagem (*take-off*), e proximidade dos membros anteriores na aterragem (*landing*) (Deuel & Park, 1991). Outro estudo realizado, comprovou que alguns cavalos impulsionam a sua saída do solo (*take-off*) com os membros anteriores, o que leva a uma aceleração menor por parte dos membros posteriores. Por este motivo não conseguem saltar o obstáculo sem ocorrer uma penalização, uma vez que esta força é a responsável por determinar a fase aérea, para além do movimento rotacional sobre o obstáculo (Barrey & Galloux, 1997). O maior registo de penalidades encontra-se correlacionado com cavalos que apresentavam uma redução na frequência da passada a galope, e que repentinamente diminuíam ainda mais a frequência no momento descolagem do solo (*take-off*) (Barrey, 2014).

Na disciplina de dressage, é exigido que o cavalo execute corretamente e com facilidade os exercícios, mantendo sempre o equilíbrio e flexibilidade. A necessidade de uma frequência de passada mais lenta, com uma fase aérea (*swing*) mais longa, é importante para uma boa qualidade do trote. Verifica-se ainda que uma escápula mais inclinada, juntamente com a amplitude do ombro, são factores preponderantes para a extensão do trote. Um bom trote, implica um grande grau de flexão das articulações do cotovelo e do carpo, no início da fase aérea (*swing*). Através de análises de movimento, verificou-se que num cavalo de dressage, a componente vertical da aceleração aumenta, ao mesmo tempo que a aceleração

longitudinal diminui, demonstrando que o poder de propulsão destes cavalos é utilizado para aumentar o deslocamento vertical e não o longitudinal. As características do trote podem ser utilizadas para uma seleção precoce de cavalos para dressage, considerando a elevada heritabilidade obtida no estudo com cavalos Puro Sangue Lusitanos (Solé et al., em 2014), como o comprimento da passada, duração da fase aérea e os ângulos de retração e protração dos membros anteriores. Neste estudo comprovou-se ainda que as características cinemáticas que atingiram valores superiores e mais vezes, estavam associadas a cavalos de dressage/treinados, ao invés de cavalos sem treino, o que demonstra a influência do treino na regularidade e controlo da passada. Algo que já tinha sido estudado em 2012, por Lewczuk e Ducro, quando constataram que cavalos de salto de obstáculos com elevada repetibilidade nos valores de análise cinemática, coincidiam com os cavalos com mais treino, conseguindo assim fazer a distinção entre cavalos melhores para a disciplina em si.

### **3.3.4 Avaliação objetiva da Biomecânica**

A avaliação objetiva da biomecânica pode ser realizada através de diferentes métodos de análise cinemática e cinética. Um dos métodos recentes, consiste na utilização de sensores UMI (Unidade de Medição Inercial), que têm a capacidade de medir a aceleração e velocidade angular em três direções (Tijssen et al., 2020).

A análise da passada é necessária para uma melhor compreensão do desporto equestre, com o intuito de avaliar determinadas características do andamento durante o movimento. A classificação dos andamentos caracteriza-se pelo momento de impacto no solo. A sua observação pode ser realizada através do olhar humano, no entanto, devido às suas limitações, recorre-se à utilização de outras ferramentas como placas de força, sistemas de captura ótica de movimento (COM) e sensores com unidades de medição inercial (UMI). Na generalidade, a placa de força continua a ser considerada o *gold standard* para análise cinética. A desvantagem é o facto deste método poder ser utilizado apenas em laboratório e caso se pretenda fazer medições de várias passadas, ser necessária a utilização de *treadmill* e *measuring shoes* (Egan et al., 2019).

Na análise cinemática, os sistemas de COM e UMI são utilizados para a medição de várias passadas consecutivas, o que é considerado uma vantagem sob as placas de força. O sistema de COM é considerado o *gold standard* da análise cinemática, constituído por diversos marcadores que se colocam no corpo, em que várias câmaras captam o movimento em 3D (Egan et al., 2019). Considerando a necessidade de várias câmaras para capturar o movimento do cavalo em grandes distâncias, assim como todas as infraestruturas implicadas

no processo, é considerado mais dispendioso e menos prático para utilização em ambulatório. Para além de ser moroso e difícil de executar, pois cada vez que se recola o sistema noutra local é necessária uma nova calibração realizada por um especialista, de modo a garantir a qualidade dos dados (Eichelberger et al., 2016).

Os sensores UMI apresentam maior facilidade de transporte, são *wireless* e financeiramente mais acessíveis e de fácil aplicação no terreno (Tjissen, et al. 2020). Esta técnica tem sido utilizada tanto em humanos como animais e permite medir a aceleração e velocidade angular com precisão (Darbandi et al., 2021).

Recentemente, a análise da locomoção equina tem sido mais utilizada para fins clínicos e científicos, através da utilização de sensores não óticos e de múltiplos componentes (McCracken et al., 2012). Estes sistemas constituídos por giroscópios, acelerómetros, magnetómetros, termostatos, sistemas de posicionamento global (GPS), são todos designados como sensores inerciais ou sistemas de UMI (Olsen et al., 2013). Estes são os principais componentes dos variados sistemas disponíveis no mercado para deteção de claudicação e análise de movimento, como o caso do Lameness Locator® da companhia Equinosis (Columbia, MO, USA), que apenas pode ser utilizado a trote, devido ao número e tipo de sensores utilizados, produzindo apenas resultados sobre a parte superior do corpo do equino. O sistema GaitSmart Pegasus© (Codicote, Hitchin, Hertfordshire, UK), tem por base a utilização de giroscópios, no entanto não se encontra validado, necessitando de mais investigação na correlação com a claudicação. O sistema EquiGait© (Brickendon, Hertford, Hertfordshire, UK) recorre à utilização de sensores UMI na parte superior do corpo com o objetivo de avaliar simetria de andamentos, interação entre cavalo e cavaleiro (utilizando um sensor), mas nenhum destes se foca na utilização de sensores nos membros, mais concretamente nos cascos, medindo apenas alterações correlacionadas com a parte superior do cavalo (Bosch et al., 2018).

Existe ainda o EquiMoves©, que utiliza sensores UMI nos membros, especificamente no metacarpo/metatarso, para além dos que utiliza na parte superior do cavalo (cabeça, esterno, garrote e sacro), obtendo resultados rápidos e no momento, através de *wireless*, registando o movimento de cada membro individualmente, ao contrário dos anteriores (Bosch et al., 2018; Keegan et al., 2011).

Os sensores de UMI da Black Werkman Lite© encontram-se atualmente disponíveis, são de fácil utilização devido à sua aplicação prática. Consistem na fixação dos sensores UMI na parede do casco, cujo software executa a leitura das diferentes fases da passada em milissegundos, emitindo automaticamente um relatório no momento, com recurso ao *wireless* tal como o método anterior (Hagen et al., 2021a).

### 3.3.5 Black Werkman Lite©

O Black Werkman Lite© (Werkman Black, Werkman Equilytics, Groningen, The Netherlands), são sensores UMI, constituídos por um acelerómetro 3D de baixo e um de alto alcance, juntamente com um giroscópio, que captam as mudanças de movimento e a duração em milissegundos (ms) em quatro fases da passada: *landing*/impacto, *midstance*, *breakover* e *swing*. A frequência de medição é de 1140Hz (Hagen et al., 2021b). Os acelerómetros de baixo e alto alcance apresentam resoluções de 1mg e 100mg, com alcances de  $\pm 32g$  e  $\pm 200g$ . Em termos de resolução, o giroscópio apresenta 0.12 graus/s e um alcance de 4000 graus/s. Os passos de cada cavalo são registados até terminar o percurso em linha recta e os sensores param manualmente através de um controlo remoto (dispositivo manual, a partir do qual se controla o início e fim da gravação). Os dados são posteriormente carregados automaticamente e guardados num tablet com um servidor correspondente (Hagen et al., 2021a). O software selecciona automaticamente as passadas válidas, para análise (Darbandi et al., 2021; Hagen et al., 2021a).

O sistema modular adapta-se facilmente à maioria dos cascos e aos seus tamanhos. O facto de ser leve, sem fios e à prova de água, apresenta um impacto mínimo na técnica de ferração, sendo a sua aplicação no casco de fácil execução (Black Werkman Lite©).

Em 2021, Hagen et al., publicaram um estudo piloto, no qual comparam a utilização de sensores UMI do Black Werkman Lite©, colocados na parede do casco dos membros anteriores, com exames de movimento, através de uma técnica optoelectrónica. O estudo consistiu em comparar as duas técnicas de avaliação cinemática, em dois pisos diferentes. Utilizou-se um sensor na parede do casco (UMI) e três marcadores no metacarpo para as medições da análise de movimento optoelectrónica, cujos registos foram efetuados por uma câmara (através de vídeo). Neste caso, o programa TRACKER (Tracker Cabrillo Community College District), era responsável pelo tratamento dos dados adquiridos pelos marcadores.

O sistema UMI, presente no Black, dispõe de um algoritmo privado, desenvolvido pelo Matlab R2016b e convertido em linguagem C através do Matlab Coder Toolbox, para calcular automaticamente todos os parâmetros de interesse. Estes sensores são constituídos por um acelerador de três eixos, que mede as acelerações lineares, e um giroscópio de três eixos que mede as velocidades de rotação. Os sinais do giroscópio são integrados para construir uma posição rotacional do sensor durante o movimento. Os dados adquiridos são a base para calcular o movimento do casco durante a fase aérea e o impacto. Os parâmetros de interesse e dados do algoritmo que são extraídos, permitem realizar a comparação individual entre cada fase da passada (Hagan et al., 2021a).

Concluiu-se que existe uma boa correlação entre ambas as técnicas em termos de características temporais e de distância, quando utilizadas a passo e trote em dois pisos diferentes. Quanto maior a concordância entre sistemas, maior a precisão dos valores. As medições através de sensores são menos propensas a erros, para além da análise automática de dados e a sua visualização ser muito rápida, comparando com o método optoelectrónico. O facto dos resultados poderem ser apresentados e discutidos diretamente com os proprietários e colegas, juntamente com a obtenção da documentação automática de exames, permite um maior acompanhamento e possível comparação da influência de diferentes tratamentos ortopédicos, ferraduras ou alterações na locomoção do cavalo. A utilização destes sensores na prática diária para avaliação do movimento do cavalo em diagnóstico, ou avaliação de ferração, no processo de aparar os cascos, apresenta um elevado potencial (Hagen et al., 2021a).

Outro estudo publicado por Hagen et al. em 2021, com o objetivo de investigar a influência do casqueamento, da ferração e alteração do ângulo do casco no tempo de duração da fase da passada de *breakover*, permitiu através da utilização destes sensores UMI, demonstrar que com a alta resolução e frequência dos mesmos é possível observar alterações em específicos momentos da passada. Demonstraram que a elevação dos talões, diminui o tempo de *breakover*, a passo e a trote. Esta medição comprova o seu valor no contexto da ferração e suporta o uso das modificações realizadas pelo ferrador (Hagen et al., 2021b).

Pelos motivos referidos anteriormente, este método de avaliação cinemática, pode ser uma solução para a clínica de equinos em ambulatório, proporcionando auxílio no diagnóstico. Embora o Black Werkman Lite© ao contrário de outros sistemas, não avalie a amplitude do movimento de cabeça e garupa, poderá obter informação pertinente sobre a alteração da passada (tempo) que auxiliará o médico veterinário no diagnóstico e monitorização de claudicações.

### 3.4 Ferração

Foi na Grécia Antiga que surgiu a primeira proteção de cascos, a *soleae spateae*, feita de corda ou pele. Os Romanos, utilizavam a *soleae ferreae*, (hiposandal) feita de pele, com ferro na sola, semelhantes às sandálias romanas, mas para cavalos. O aparecimento de cavalos com ferraduras pregadas, surge há aproximadamente 2000 anos, sendo estas mais semelhantes às que são utilizadas atualmente (Back & Pille, 2013).

A ferração evoluiu ao longo dos anos, de forma a responder à exigência que é feita sobre um equino atleta. A sua necessidade constante de bem-estar e melhoria de

*performance*, leva à melhoria e desenvolvimento de técnicas de ferração, não esquecendo que o motivo da sua criação, foi a proteção dos cascos contra o desgaste excessivo (Willemen et al., 1999). A sua utilização tem como função a proteção dos cascos, prevenção e/ou tratamento de lesões, recorrendo-se a diferentes tipos de ferraduras, materiais e técnicas. Com o aumento do conhecimento sobre biomecânica, tem sido possível avaliar a influência de determinados tipos de ferrações através de estudos biomecânicos (Eliashar, 2007).

A aplicação de uma ferradura tem como função obter o balanço/equilíbrio ideal, pois uma correta ferração é essencial para manter o cavalo saudável (Clayton, 1990). No entanto, a ferradura pode de alguma forma, restringir o mecanismo normal do casco, aumentando o peso do membro distal e consequente aumento de choque no momento do impacto (Back & Pille, 2013).

Todo o processo de aparar os cascos tem uma sequência, começa-se por limpar e recortar o excesso de sola e rasilha, utilizando facas de cascos deixando assim a linha branca bem visível, de modo a verificar o quanto se pode recortar da parede de casco, desde a região da pinça aos talões. A parede do casco é então recortada com material adequado como a turquês, e de seguida é nivelada com uma grosa. A escolha da ferradura a aplicar irá depender da conformação, tamanho do casco, disciplina e piso onde trabalha. O tipo de ferradura mais comumente utilizada é a de ferro, com dois ramos (o medial e lateral), que se prolongam desde a pinça até ao talão medial e lateral respetivamente, pela margem da sola do casco, permitindo o seu crescimento durante um ciclo de ferração (Parks, 2011).

Um dos objetivos da ferração, para além do equilíbrio, é manter o peso da ferradura o mais leve possível, diminuindo assim a inércia e consequentemente o gasto de energia dispensado na protração e retracção do membro. O peso pode ter influência tanto na energia como na cinemática da locomoção, motivo pelo qual os cavalos de corrida utilizam ferraduras de alumínio, as quais são mais leves, mais fáceis de forjar que as de aço ou ferro, apesar de se desgastarem mais rapidamente (Murphy, 2009; Parks, 2011). Atualmente, existem ferraduras comercializadas forjadas, que são utilizadas frequentemente por economizarem tempo. Quanto mais pesada for a ferradura, maior será a energia despendida para acelerar e desacelerar o membro. Apesar de estar comprovado que um cavalo com mais peso na região da pinça, tende a chegar mais longe no início da passada, o comprimento da mesma não aumenta, aumentando a flexão dos membros. A duração e a distância que o membro desliza após o impacto, com diferentes materiais de ferração, também não se altera significativamente, o que sugere que os cavalos para compensarem a alteração, poderão ter tendência a alterar a passada de modo a manter um tempo e distância constantes (Pardoe et al., 2001). Em cavalos com pouca flexibilidade, o aumento do peso promove a melhoria da flexão dos membros durante a protração. A espessura é outra característica com importância

em termos de tempo de desgaste, mas não interfere diretamente com a biomecânica (Parks, 2011). Entre treinadores, é reconhecida a utilização de ferraduras mais pesadas em cavalos trotadores, antes das provas, de modo a incentivá-los a levantarem mais os membros, apesar de aumentar o gasto energético para superar o aumento da inércia, no início da fase aérea e o impulso no final desta mesma fase (Back & Pille, 2013; Willemen et al., 1999).

A utilização de ferraduras fechadas em forma de ovo ou em forma de coração, promove maior estabilidade, ao aumentar a superfície de contacto com o solo, oferecendo proteção e uma distribuição maior do peso pela área de suporte. As palmilhas, responsáveis por proteger, diminuir a concussão e alterar o ângulo e/ou comprimento, colocadas entre a ferradura e o casco, são outro extra que pode ser utilizado na ferração (Parks, 2011).

Estas características podem ou não ter influência nas fases da passada. Alguns estudos têm sido realizados nesta área, de modo a compreender a influência da ferração na biomecânica. Como exemplo, a aplicação de altura nos talões, assim como a diminuição do ângulo do casco e uma pinça com um comprimento maior, podem influenciar o tempo de *breakover*. Estudos referem que uma pinça mais comprida em cavalos *barefoot* (desferrados), provoca um aumento da duração desta fase, tal como acontece em cavalos com um ângulo agudo da parede dorsal do casco (Willeman et al., 1999). No entanto, ao elevar os talões, aumenta-se o ângulo do casco, facilitando o *breakover*, como comprovado por Rogers et al., em 2007. A utilização de *rolling* (arredondar a ferradura na zona da pinça) não influencia o momento do *breakover*, mas diminui a carga no pico da fase, tornando o movimento mais suave e menos abrupto segundo van Heel, 2006. O grau de aderência ao solo está diretamente relacionado com estas modificações, uma vez que ao aumentar a tracção atrasa-se o *breakover* (Clayton, 1990). Considerando que as ferraduras com diferentes formas e design podem acelerar esta fase, ocorre um aumento da duração com um comprimento de pinça superior (Clayton, 1988). Contrariamente, em 1991, Clayton et al., não demonstrou correlação com significância suficiente na alteração da ferração com o tempo de *breakover* (Clayton et al., 1991).

Recentemente, um estudo realizado por Hagen et al., em 2021, demonstra através da utilização de sensores UMI que o facto de se aparar os cascos não tem efeito no *breakover* em cavalos *barefoot*. Por outro lado, a elevação de talões encurta esta fase da passada, assim como a utilização de ferraduras *rolled-toe* (*rolling* na pinça), quando comparados com uma ferração de aço simples, demonstrando assim que estas alterações influenciam o *breakover*.

### **3.5 Protocolo de investigação**

#### **3.5.1 Objetivos**

O presente trabalho pretendeu quantificar e documentar (no terreno) as alterações em quatro fases da passada (*landing*, *midstance*, *breakover* e *swing*) de equinos, imediatamente antes e após a ferração, recorrendo à utilização de sensores UMI. Deste modo, pretendeu-se contribuir para o estudo da biomecânica do movimento dos equinos e verificar o efeito da correção dos seus aprumos (ferração) nas quatro fases acima indicadas. Adicionalmente procurou-se relacionar a idade, sexo e disciplina com as variáveis medidas. A comparação de médias dos tempos de cada fase da passada, permitiu avaliar a diferença antes e após a ferração e a sua influência na locomoção de um equino de desporto.

## 4. Material e Métodos

### 4.1 População e critérios de inclusão

Este trabalho foi realizado durante o período de fevereiro de 2021 a janeiro de 2022, em regime ambulatorio e compreende um total de 30 cavalos de desporto, com idades entre os 4 e os 18 anos (média  $9,70 \pm 3,8$ ). A população consistiu em 24 cavalos machos e 6 fêmeas, sendo 14 da disciplina de dressage e 16 da disciplina de salto de obstáculos. As raças contempladas neste estudo foram Cruzados de desporto, Hanoverianos, Holsteiner, Puro Sangue Lusitano (PSL), Oldenburg, Português de Desporto (Pt Desporto) e Sela Francês sendo 30% dos elementos cavalos Puro Sangue Lusitano e 23.3% Português de Desporto, sendo que estas representam as duas raças mais prevalentes deste trabalho.

Como critério de inclusão foi previamente realizado um exame físico de estado geral e exame músculo-esquelético (estático e dinâmico) dos cavalos. Todos os animais ( $n^{\circ}=30$ ) apresentavam-se saudáveis, sem sinais de claudicação e, com uma condição corporal, de 3 em 5 (escala de condição corporal, The British Horse Society).

Adicionalmente, neste trabalho, não foram incluídos cavalos com ferrações ortopédicas, medicados e/ou com tratamentos realizados nas últimas quatro semanas, pelo que todos apresentavam uma ferração fisiológica.

### 4.2 Ferração

Todos os cavalos foram inicialmente avaliados no momento em que se encontravam com 5 semanas de ferração (ou seja, aproximadamente 35 dias após a última ferração) e imediatamente após serem novamente casqueados e ferrados.

Após o casqueamento foram aplicadas ferraduras de ferro com dois arpões e *rolled toe* (figura 21), respeitando a conformação e os aprumos naturais de cada animal. O peso de cada ferradura varia consoante o tamanho do casco do cavalo, apresentando um peso médio de 430 gramas.

Todos os cavalos foram ferrados pelo mesmo ferrador, reduzindo assim quaisquer variações provocadas por diferentes operadores e diferentes técnicas.



Figura 21 - Ferradura de ferro

### 4.3 Colocação de Sensores e Medição das Variáveis

A avaliação da passada foi realizada com recurso aos sensores Black Werkman Lite© (figura 22), os quais foram aplicados nos cascos dos membros anteriores de cada equino. Previamente, a parede dorsal de cada casco foi preparada (limpa) para posterior colocação de fita adesiva (velcro) e aplicação dos sensores UMI em cada membro (figura 23). A aplicação foi realizada sempre pelo mesmo operador (de modo a padronizar os resultados e minimizar possíveis variações) sendo o sensor aplicado na linha central da parede dorsal do casco, alinhado com o apêx da ranilha.

Todas as medições foram realizadas em piso duro e em linha recta a passo e a trote. A primeira medição foi realizada antes da nova ferração, ainda com 5 semanas, sendo estas medições repetidas após a nova ferração. Durante a avaliação dinâmica e colheita de dados, os cavalos foram conduzidos sempre pelo mesmo operador.

Através da utilização de sensores de unidade de medição inercial Black Werkman Lite, pertencentes à marca Black Werkman© V2.0.3, wireless gait analysis system (figura 22), foi possível obter valores em milissegundos (ms) sobre a duração de cada fase da passada (*midstance*, *swing*, *breakover* e *landing*) de cada membro anterior (esquerdo e direito), assim como a diferença entre membros e a duração total da passada (*stride*), durante o passo e o trote, antes e depois de ferrar. Neste aparelho, o parâmetro designado por *landing*, corresponde à fase de impacto.

Estes sensores têm a vantagem de acompanhar o cavalo em todo o seu percurso, devido à sua fixação na parede dorsal do casco (figura 24), obtendo-se desta forma, informações durante o movimento. A obtenção dos diferentes dados em milissegundos (ms) em tempo real foi conseguida através do tablet, que se encontra conectado aos sensores. A recolha de dados durante as várias passadas do cavalo, sendo que o software do sistema tem a capacidade de seleccionar automaticamente as passadas consideradas válidas, para análise.



Figura 22 – Black Werkman Lite ©



Figura 23 – Aplicação dos sensores



Figura 24 – Sensores aplicados

## 4.4 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada recorrendo ao software Statistical Package for the Social Sciences (IBM SPSS® Statistics, versão 27). De forma a testar a normalidade da distribuição das diferentes variáveis em estudo foi realizado o teste Shapiro – Wilk. Ao analisar os dados obtidos, observou-se que a maioria das variáveis apresenta dados estatísticos suficientes para inferir uma distribuição normal. Contudo, uma vez que a amostra apresenta 30 ou mais elementos, é possível recorrer ao teorema central do limite que permite assumir a normalidade na distribuição de uma amostra com 30 ou mais elementos. Desta forma, é possível realizar a análise estatística, recorrendo a testes paramétricos.

A estatística descritiva consistiu no cálculo de média, desvio padrão e intervalo de confiança das variáveis a passo e a trote, antes e após a ferração. Foram calculados os valores para um intervalo de confiança de 95% e foi considerado o nível de significância de 0,05. Isto é, as variáveis estudadas são validadas como significativas estatisticamente, quando apresentam valores de  $p < 0,05$ .

De forma a testar a relação entre variáveis e a diferença entre as suas médias antes e após a ferração, procedeu-se à realização do teste de T para médias emparelhadas.

Recorrendo ao cálculo da correlação de Pearson, analisou-se a intensidade da relação entre duas variáveis. Obteve-se uma correlação positiva ou negativa, mais ou menos intensa entre variáveis, antes e após a ferração. Através do sinal da correlação de Pearson, analisou-se se as variáveis estavam correlacionadas positivamente (variáveis diretamente proporcionais) ou negativamente (inversamente proporcionais).

Para concluir, calculou-se a diferença média entre variáveis, antes e após a ferração, a passo e a trote, de modo a obter uma percentagem para quantificar a diferença de tempos percentualmente (%).

## 5. Resultados

### 5.1 Análise descritiva e comparação de médias

Os resultados obtidos através da análise estatística, encontram-se representados na tabela 1 e os dados brutos encontram-se nos apêndices desta dissertação. Esta é composta pelos resultados dos cálculos da média, desvio padrão (média  $\pm$  desvio padrão) das variáveis estudadas a passo e a trote, antes e após ferração, calculadas para um intervalo de confiança de 95%.

Através da análise descritiva das variáveis presentes no estudo, observa-se que tendencialmente os valores da média de todas as variáveis diminuem após a ferração. A passo, a maioria das variáveis apresenta um desvio padrão e um tempo médio de ferração inferior após a ferração, comparativamente aos valores obtidos antes de ferrar. Contudo, verificou-se um aumento do desvio padrão de algumas variáveis após a ferração, demonstrando uma maior variabilidade como é o caso do MAE nas fases de *breakover*, *swing* e *landing*; e do MAD nas fases de *swing* e *landing*, assim como na diferença entre o MAE e MAD na fase *do landing*.

No caso do trote, o valor da média de todas as variáveis diminui após a ferração. Relativamente ao desvio padrão, este também diminui em relação aos valores antes de ferrar, o que indica que a variabilidade é ligeiramente mais baixa após a ferração.

Observa-se que a maioria das variáveis a passo apresentam um desvio padrão superior em relação às variáveis a trote, havendo mais variabilidade nos dados a passo.

A comparação entre médias permitiu demonstrar a relação entre os valores de cada variável, antes e após ferração. Através da realização do Teste T, é possível perceber se a diferença de tempos, antes e após a ferração é significativa. Esta diferença é considerada significativa se o valor de p for inferior a 0,05.

TABELA 1 - Medições das fases da passada (ms) a PASSO e TROTE dos MAD e MAE, antes e após a ferração

| Andamento/<br>Fases da Passada | Membro Anterior Direito |                         |       | Membro Anterior Esquerdo |                        |       |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|--------------------------|------------------------|-------|
|                                | Antes da Ferração       | Após Ferração           | p     | Antes da Ferração        | Após Ferração          | p     |
| PASSO                          |                         |                         |       |                          |                        |       |
| <i>Midstance</i>               | 600,3±11,3 <sup>a</sup> | 587,7±10,6 <sup>b</sup> | 0,027 | 610,4±11,3 <sup>a</sup>  | 592,0±9,9 <sup>b</sup> | 0,006 |
| <i>Breakover</i>               | 146,7±5,7 <sup>a</sup>  | 138,8±5,3 <sup>b</sup>  | 0,015 | 141,8±5,1                | 138,1±5,4              | 0,088 |
| <i>Swing</i>                   | 442,6±5,6               | 441,1±6,1               | 0,489 | 441,2±5,1                | 439,0±5,4              | 0,335 |
| <i>Landing</i>                 | 22,6±2,1                | 21,3±2,7                | 0,383 | 18,9±1,9                 | 20,0±2,5               | 0,558 |
| TROTE                          |                         |                         |       |                          |                        |       |
| <i>Midstance</i>               | 237,6±4,0               | 232,6±4,1               | 0,078 | 238,2±4,5 <sup>a</sup>   | 231,0±4,1 <sup>b</sup> | 0,007 |
| <i>Breakover</i>               | 68,4±3,4 <sup>a</sup>   | 62,5±2,5 <sup>b</sup>   | 0,007 | 67,2±2,8 <sup>a</sup>    | 63,5±2,6 <sup>b</sup>  | 0,040 |
| <i>Swing</i>                   | 415,2±5,8               | 412,6±5,9               | 0,147 | 416,2±6,1 <sup>a</sup>   | 410,4±6,0 <sup>b</sup> | 0,007 |
| <i>Landing</i>                 | 19,5±1,5 <sup>a</sup>   | 16,0±1,0 <sup>b</sup>   | 0,005 | 19,1±1,4                 | 18,8±1,2               | 0,785 |

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas no estudo da influência da ferração para cada membro pelo Teste-T ( $p < 0,05$ ).

Na análise da duração total da passada (*stride*) verificou-se uma redução após a ferração, a passo e a trote. Inicialmente apresentava uma duração de 1212,5±14,4 ms antes da ferração e de 1190,5±13,4 ms após a ferração, representando uma redução significativa ( $p < 0,0010$ ) de 1,8% a passo. A trote, observou-se uma redução significativa ( $p < 0,0010$ ) de 2,3% da passada total, tendo uma duração de 742,2±7,5 ms antes da ferração e de 725,3±7,3 ms após a ferração.

Os dados registados para MAD e MAE foram comparados em todas as fases da passada a passo e trote, no entanto, não foram observadas diferenças significativas.

A comparação entre médias percentuais (tabela 2) possibilitou a verificação da alteração dos tempos da passada antes e após a ferração. A passo observou-se um aumento de 6,51% no MAE na fase de *landing*; um aumento de 17,41% na diferença do MAD/MAE na fase do *swing* assim como na fase de *landing*, com 1,40%. No entanto, estes valores não apresentam significância estatística. Verificou-se ainda que a ferração levou a uma redução significativa da fase de *midstance* do MAE (3,11%) a passo, da fase de *midstance* (3,01%),

*breakover* (5,51%) e *swing* (1,41%) do MAE a trote. Para o MAD, observou-se uma redução significativa na fase de *midstance* (2,14%) e *breakover* (5,49%) a passo, assim como no *breakover* (8,62%) e *landing* (18,09%) ao trote. A comparação percentual efetuada entre médias antes e após a ferração, poderá indicar que tendencialmente, a ferração contribui para a diminuição dos tempos das diferentes fases da passada. Assim, apesar de algumas variáveis não serem estatisticamente significativas, as mesmas poderão apresentar relevância clínica.

TABELA 2 – Diferença de médias entre as variáveis antes e após ferrar em percentagem

|       |                   |           |         |
|-------|-------------------|-----------|---------|
| PASSO | MAE               | Midstance | -3,11%  |
|       |                   | Breakover | -2,14%  |
|       |                   | Swing     | -0,67%  |
|       |                   | Landing   | 6,51%   |
|       | MAD               | Midstance | -2,14%  |
|       |                   | Breakover | -5,49%  |
|       |                   | Swing     | -0,33%  |
|       |                   | Landing   | -5,88%  |
|       | Diferença MAD/MAE | Midstance | -37,07% |
|       |                   | Breakover | -14,95% |
|       |                   | Swing     | 17,41%  |
|       |                   | Landing   | 1,40%   |
|       | Passada           | Stride    | -1,85%  |
| TROTE | MAE               | Midstance | -3,01%  |
|       |                   | Breakover | -5,51%  |
|       |                   | Swing     | -1,41%  |
|       |                   | Landing   | -1,40%  |
|       | MAD               | Midstance | -2,10%  |
|       |                   | Breakover | -8,62%  |
|       |                   | Swing     | -0,63%  |
|       |                   | Landing   | -18,09% |
|       | Diferença MAD/MAE | Midstance | -24,78% |
|       |                   | Breakover | -24,10% |
|       |                   | Swing     | -33,98% |
|       |                   | Landing   | -24,84% |
|       | Passada           | Stride    | -2,29%  |

### 5.1.1 Correlações de Pearson

A correlação de Pearson permitiu identificar a intensidade das correlações entre variáveis descritivas (idade, sexo e disciplina) com as variáveis quantitativas, medidas em ms (*landing*, *midstance*, *breakover* e *swing*) antes e após a ferração, a passo e a trote. Quando a correlação é superior ao valor absoluto de 0,5, a relação entre variáveis é considerada intensa. A análise do sinal da correlação fornece informação sobre uma possível relação positiva ou negativa entre as próprias variáveis. Estatisticamente, uma variável é considerada significativa quando apresenta um valor de  $p < 0,05$  (identificadas a verde).

Os resultados encontram-se descritos nas tabelas de 3 a 5.

#### 5.1.1.1 Correlação Idade

A idade apresenta uma relação significativa com as variáveis estudadas, identificadas na tabela 3. Verifica-se que de entre as variáveis estatisticamente significativas, o MAE e o MAD na fase de *midstance*, após ferrar apresentam uma intensidade alta ( $>0,5$ ) e uma correlação negativa, ou seja, quanto mais velho for o cavalo, menor será o tempo da passada nesta fase, a passo.

No caso do trote, verifica-se que o MAE e o MAD após a ferração, apresentam uma correlação intensa e positiva com a idade na fase de *breakover*. Nesta fase da passada, quanto mais velho for o cavalo, maior será o tempo desta fase da passada.

TABELA 3 - Correlação de Pearson com a Idade, valor de p (AP.F. - após ferrar; AP.F. - após ferrar)

|                                          | Correlação com a Idade |            |               |            |
|------------------------------------------|------------------------|------------|---------------|------------|
|                                          | PASSO                  |            | TROTE         |            |
|                                          | C. de Pearson          | Valor de p | C. de Pearson | Valor de p |
| MAE <i>midstance</i> A.F.                | -,405*                 | 0,03       | -,378*        | 0,04       |
| MAE <i>breakover</i> A.F.                | 0,23                   | 0,23       | ,410*         | 0,02       |
| MAE <i>swing</i> A.F.                    | -,411*                 | 0,02       | -,375*        | 0,04       |
| MAE <i>landing</i> A.F.                  | 0,01                   | 0,96       | 0,23          | 0,23       |
| MAE <i>midstance</i> AP.F.               | -,507**                | 0          | -0,26         | 0,16       |
| MAE <i>breakover</i> AP.F.               | 0,25                   | 0,18       | ,543**        | 0          |
| MAE <i>swing</i> AP.F.                   | -,401*                 | 0,03       | -0,31         | 0,09       |
| MAE <i>landing</i> AP.F.                 | 0,03                   | 0,88       | 0,08          | 0,69       |
| MAD <i>midstance</i> A.F.                | -,393*                 | 0,03       | -,366*        | 0,05       |
| MAD <i>breakover</i> A.F.                | 0,1                    | 0,6        | 0,29          | 0,12       |
| MAD <i>swing</i> A.F.                    | -0,35                  | 0,06       | -,457*        | 0,01       |
| MAD <i>landing</i> A.F.                  | 0,18                   | 0,35       | ,395*         | 0,03       |
| MAD <i>midstance</i> AP.F.               | -,480**                | 0,01       | -0,18         | 0,35       |
| MAD <i>breakover</i> AP.F.               | 0,25                   | 0,19       | ,506**        | 0          |
| MAD <i>swing</i> AP.F.                   | -0,33                  | 0,08       | -,363*        | 0,05       |
| MAD <i>landing</i> AP.F.                 | 0,01                   | 0,95       | 0,13          | 0,49       |
| Diferença MAD/MAE <i>midstance</i> A.F.  | -0,11                  | 0,56       | ,391*         | 0,03       |
| Diferença MAD/MAE <i>breakover</i> A.F.  | -0,29                  | 0,12       | 0,3           | 0,11       |
| Diferença MAD/MAE <i>swing</i> A.F.      | -0,02                  | 0,91       | ,381*         | 0,04       |
| Diferença MAD/MAE <i>landing</i> A.F.    | 0,11                   | 0,56       | 0,18          | 0,35       |
| Diferença MAD/MAE <i>midstance</i> AP.F. | 0,08                   | 0,69       | -0,08         | 0,69       |
| Diferença MAD/MAE <i>breakover</i> AP.F. | -0,06                  | 0,75       | 0,24          | 0,21       |
| Diferença MAD/MAE <i>swing</i> AP.F.     | -0,01                  | 0,95       | -0,17         | 0,37       |
| Diferença MAD/MAE <i>landing</i> AP.F.   | 0,09                   | 0,65       | 0,04          | 0,83       |
| <i>Stride</i> (passada) A.F.             | -,373*                 | 0,04       | -0,34         | 0,07       |
| <i>Stride</i> (passada) AP.F.            | -,429*                 | 0,02       | -0,2          | 0,3        |

### 5.1.1.2 Correlação Sexo

Apenas se observou uma correlação significativa do sexo com a diferença entre o MAD e MAE na fase do *breakover* a trote, após ferrar ( $p=0,04$ ). Esta trata-se de uma correlação negativa fraca, ou seja, de baixa intensidade ( $-0,373$ ), com o sexo feminino. O facto desta variável descritiva apresentar apenas uma correlação significativa, não nos permite afirmar que o sexo tem uma influência direta com a alteração dos tempos da passada após a ferração (tabela 4).

TABELA 4 - Correlação de Pearson com o Sexo, valor de p (A.F. - antes de ferrar; AP. F. - após ferrar)

|                                          | Correlação com o Sexo |            |               |            |
|------------------------------------------|-----------------------|------------|---------------|------------|
|                                          | PASSO                 |            | TROTE         |            |
|                                          | C. de Pearson         | Valor de p | C. de Pearson | Valor de p |
| MAE <i>midstance</i> A.F.                | -0,17                 | 0,38       | -0,22         | 0,24       |
| MAE <i>breakover</i> A.F.                | 0,16                  | 0,39       | 0,27          | 0,16       |
| MAE <i>swing</i> A.F.                    | -0,15                 | 0,44       | 0,02          | 0,9        |
| MAE <i>landing</i> A.F.                  | 0,14                  | 0,45       | 0,07          | 0,7        |
| MAE <i>midstance</i> AP.F.               | -0,14                 | 0,47       | -0,04         | 0,83       |
| MAE <i>breakover</i> AP. F               | 0,22                  | 0,25       | 0,07          | 0,71       |
| MAE <i>swing</i> AP. F                   | -0,04                 | 0,82       | 0,13          | 0,5        |
| MAE <i>landing</i> AP. F                 | -0,12                 | 0,53       | 0,06          | 0,74       |
| MAD <i>midstance</i> A.F.                | -0,17                 | 0,37       | -0,13         | 0,49       |
| MAD <i>breakover</i> A.F.                | 0,15                  | 0,43       | 0,16          | 0,41       |
| MAD <i>swing</i> A.F.                    | -0,15                 | 0,44       | -0,03         | 0,87       |
| MAD <i>landing</i> A.F.                  | 0,17                  | 0,36       | 0,1           | 0,62       |
| MAD <i>midstance</i> AP.F.               | -0,12                 | 0,53       | -0,08         | 0,67       |
| MAD <i>breakover</i> AP.F.               | 0,22                  | 0,23       | 0,23          | 0,23       |
| MAD <i>swing</i> AP.F.                   | -0,12                 | 0,53       | 0,07          | 0,72       |
| MAD <i>landing</i> AP.F.                 | 0,05                  | 0,79       | 0,15          | 0,42       |
| Diferença MAD/MAE <i>midstance</i> A.F.  | 0,15                  | 0,44       | 0,15          | 0,43       |
| Diferença MAD/MAE <i>breakover</i> A.F.  | -0,1                  | 0,6        | -0,05         | 0,8        |
| Diferença MAD/MAE <i>swing</i> A.F.      | 0,04                  | 0,84       | -0,12         | 0,52       |
| Diferença MAD/MAE <i>landing</i> A.F.    | 0,03                  | 0,9        | -0,12         | 0,54       |
| Diferença MAD/MAE <i>midstance</i> AP.F. | -0,14                 | 0,46       | -0,35         | 0,06       |
| Diferença MAD/MAE <i>breakover</i> AP.F. | 0,35                  | 0,06       | -,373*        | 0,04       |
| Diferença MAD/MAE <i>swing</i> AP.F.     | 0,12                  | 0,55       | -0,15         | 0,44       |
| Diferença MAD/MAE <i>landing</i> AP.F.   | -0,1                  | 0,6        | -0,06         | 0,74       |
| Stride (passada) A.F.                    | -0,11                 | 0,55       | 0             | 1          |
| Stride (passada) AP.F.                   | -0,05                 | 0,79       | 0,11          | 0,55       |

### 5.1.1.3 Correlação Disciplina

A correlação da disciplina com as variáveis estudadas, encontra-se na tabela 5, onde se encontra o valor de p, assim como os valores da correlação de Pearson.

A passo após a ferração verifica-se uma correlação forte positiva entre a fase de *swing* e a disciplina de dressage. Este resultado indica que os cavalos da disciplina de dressage, apresentam uma fase de *swing* maior.

De modo a realizar uma correlação entre uma variável descritiva (disciplina) e as variáveis numéricas do estudo, atribuiu-se um número a cada disciplina. Como tal, o número 0 é referente à disciplina de salto de obstáculos e o 1 à disciplina de dressage. Ao calcular a correlação, o valor de Pearson negativo corresponde a obstáculos e o valor positivo a dressage. Assim sendo, verificou-se que as variáveis a passo do MAE e do MAD na fase do *swing*, após a ferração apresentam uma correlação positiva forte, atribuída à disciplina de dressage.

A trote, verifica-se que o MAE apresenta uma correlação forte negativa com a disciplina de salto de obstáculos na fase de *breakover* antes de ferrar. Após ferrar, apresenta uma correlação negativa mais fraca, mas significativa. A diferença entre membros, quer na fase de *breakover* como no *swing*, apresentam uma correlação forte negativa, antes de ferrar, sendo por isso atribuída à disciplina de salto de obstáculos.

TABELA 5 - Correlação de Pearson com a Disciplina (A.F. - antes de ferrar; AP.F. - após ferrar)

|                                          | Correlação com a Disciplina |            |               |            |
|------------------------------------------|-----------------------------|------------|---------------|------------|
|                                          | PASSO                       |            | TROTE         |            |
|                                          | C. de Pearson               | Valor de p | C. de Pearson | Valor de p |
| MAE <i>midstance</i> A.F.                | ,369*                       | 0,05       | ,395*         | 0,03       |
| MAE <i>breakover</i> A.F.                | -0,36                       | 0,05       | -,541**       | 0          |
| MAE <i>swing</i> A.F.                    | ,392*                       | 0,03       | 0,21          | 0,26       |
| MAE <i>landing</i> A.F.                  | -0,29                       | 0,12       | -,382*        | 0,04       |
| MAE <i>midstance</i> AP.F.               | ,401*                       | 0,03       | ,432*         | 0,02       |
| MAE <i>breakover</i> AP.F.               | -0,2                        | 0,3        | -,407*        | 0,03       |
| MAE <i>swing</i> AP.F.                   | ,503**                      | 0,01       | 0,25          | 0,18       |
| MAE <i>landing</i> AP.F.                 | -0,21                       | 0,27       | -0,22         | 0,24       |
| MAD <i>midstance</i> A.F.                | 0,34                        | 0,07       | ,461*         | 0,01       |
| MAD <i>breakover</i> A.F.                | -0,2                        | 0,29       | -,538**       | 0          |
| MAD <i>swing</i> A.F.                    | 0,35                        | 0,06       | 0,33          | 0,07       |
| MAD <i>landing</i> A.F.                  | -,414*                      | 0,02       | -,613**       | 0          |
| MAD <i>midstance</i> AP.F.               | ,387*                       | 0,03       | ,436*         | 0,02       |
| MAD <i>breakover</i> AP.F.               | -0,18                       | 0,34       | -,483**       | 0,01       |
| MAD <i>swing</i> AP.F.                   | ,474**                      | 0,01       | 0,31          | 0,09       |
| MAD <i>landing</i> AP.F.                 | -,365*                      | 0,05       | -,439*        | 0,02       |
| Diferença MAD/MAE <i>midstance</i> A.F.  | 0,06                        | 0,76       | -,379*        | 0,04       |
| Diferença MAD/MAE <i>breakover</i> A.F.  | 0,14                        | 0,45       | -,523**       | 0          |
| Diferença MAD/MAE <i>swing</i> A.F.      | 0,02                        | 0,93       | -,500**       | 0,01       |
| Diferença MAD/MAE <i>landing</i> A.F.    | -0,16                       | 0,41       | -0,18         | 0,34       |
| Diferença MAD/MAE <i>midstance</i> AP.F. | -0,15                       | 0,43       | 0,29          | 0,12       |
| Diferença MAD/MAE <i>breakover</i> AP.F. | 0,06                        | 0,76       | 0,01          | 0,95       |
| Diferença MAD/MAE <i>swing</i> AP.F.     | 0,06                        | 0,76       | 0,25          | 0,18       |
| Diferença MAD/MAE <i>landing</i> AP.F.   | -0,22                       | 0,25       | 0,11          | 0,58       |
| Stride (passada) A.F.                    | 0,28                        | 0,14       | 0,13          | 0,48       |
| Stride (passada) AP.F.                   | ,379*                       | 0,04       | 0,27          | 0,16       |

## 6. Discussão

No presente estudo, pretendeu-se avaliar e quantificar a influência da ferração na locomoção em uma população de equinos de desporto. Para este fim, realizaram-se medições do tempo de cada fase da passada, em ms, antes e após a ferração, através da utilização de sensores de unidade de medição inercial. Para tal, avaliaram-se as correlações entre variáveis descritivas (idade, sexo, disciplina) e variáveis quantitativas, nomeadamente duração de *midstance*, *swing*, *breakover* e *landing* de cada membro anterior (esquerdo e direito), a diferença entre os membros e o *stride*. Como referido anteriormente, todas as variáveis foram avaliadas no passo e no trote, imediatamente antes e após a ferração do equino.

De acordo com Pfau et al. (2016), o procedimento de aparar os cascos e posterior ferração, não altera significativamente as medidas das fases da passada de um equino. Neste estudo, através da análise estatística descritiva, obteve-se a média, desvio padrão e um intervalo de confiança de 95% das variáveis estudadas a passo e a trote, antes e após a ferração. De uma forma geral, verificou-se que as variáveis apresentam um desvio padrão e um tempo médio inferior após a ferração, nos dois andamentos. Ao comparar as médias percentuais antes e após a ferração, verificou-se a diminuição dos valores nos dois andamentos, após a nova ferração. No entanto, é de salientar que no presente trabalho e no estudo de Pfau et al., a influência da ferração foi avaliada através de parâmetros diferentes, o que poderá justificar a obtenção de conclusões diferentes.

Ao comparar os dados recolhidos a passo e a trote, verifica-se que a maioria das variáveis a passo apresenta um desvio padrão superior, comparativamente às variáveis do trote. Clayton descreve que o facto da velocidade não ser constante e igual entre cavalos, leva a diferenças. À medida que a velocidade a passo aumenta, a fase de apoio dos membros individuais diminui, o que leva à sobreposição de vários membros e consequente aumento do suporte bípede. Assim verifica-se uma maior dependência do impulso para manter o equilíbrio. (Clayton, 1995). Esta alternância de apoios, poderá explicar a maior variabilidade observada nos valores de cada parâmetro a passo.

## 6.1 Influência da idade

A idade demonstra ter uma relação significativa com várias das variáveis estudadas, referidas anteriormente. Todas as variáveis do passo que demonstraram ter uma relação significativa com a idade: MAE na fase de *midstance* e *swing* antes e após ferrar, o MAD na fase de *midstance* antes e após ferrar e o *stride* antes e após ferração (identificadas a verde na tabela 3), apresentam uma correlação negativa. O que significa que quanto maior a idade (mais velho for o cavalo), menor é o tempo de duração da passada (ao passo). No entanto, o inverso foi observado para as variáveis MAE trote antes e após ferrar na fase de *breakover*; MAD antes de ferrar a trote na fase do *landing* e MAD após ferrar no *breakover* a trote. Estas apresentam uma correlação positiva e significativa com a idade, ou seja, quanto mais velho for o cavalo, maior será a duração da passada.

Está descrito que a idade do cavalo influencia os padrões de locomoção, sendo que em poldros foi observado um aumento da duração da passada, como consequência do crescimento (altura) (Barrey, 2013). Em animais adultos com alturas ao garrote diferentes, poderá ser expectável encontrar diferença das fases da passada. Esta variação anatómica poderá explicar os resultados observados. Contudo, uma vez que não foi feita a medição da altura ao garrote da população estudada, não podemos aferir se os resultados observados são consequência deste fator. Assim sendo, seria interessante em estudos futuros aliar a influência da altura nas diferentes fases da passada.

Adicionalmente, está descrito em cavalos de dressage que a frequência da passada (*stride*) a trote diminui entre os cinco e os seis anos. Outro facto constatado foi que a regularidade e simetria aumentam inicialmente, mas após os seis anos voltam a diminuir (Barrey, 2013). Este fenómeno poderá ser uma justificação para irregularidades nos tempos da passada encontrados na população estudada.

No entanto, uma vez que os cavalos utilizados no estudo não pertencem todos à mesma raça, não podemos descartar possíveis diferenças entre os andamentos, nomeadamente na duração dos mesmos (Barrey et al., 2002). Como tal, para obter uma correlação concreta e objetiva entre a idade e a variável do tempo das fases da passada, seria interessante realizar um estudo com cavalos da mesma raça, com os mesmos critérios de inclusão, correlacionando apenas a idade com a duração das diferentes fases da passada.

## 6.2 Influência do sexo

O sexo, foi uma das variáveis que não obteve relação significativa com os tempos das diferentes fases da passada, o que indica que o mesmo não influencia a biomecânica de um equino no que diz respeito a tempos de cada fase da passada, na população estudada. A realização de um estudo com um maior número de fêmeas e de machos, garantindo que todos os animais se encontravam na mesma faixa etária e pertenciam à mesma raça, seria importante para avaliar a influência do sexo nos parâmetros avaliados neste estudo.

## 6.3 Influência da disciplina

Verificou-se uma relação significativa entre as variáveis com valores de  $p$  inferior a 0,05 e a disciplina de *dressage* ou saltos de obstáculos.

A passo, observou-se uma correlação positiva forte associada à disciplina de *dressage* nos dois membros na fase de *swing*, após a ferração ( $p=0,01$ ).

Aquando da classificação de um equino numa prova de *dressage*, a observação de uma fase de *swing* ampla, resulta na valorização da prestação do animal em prova, segundo os critérios da Federação Equestre Internacional (FEI). Este critério é utilizado para inferir sobre a qualidade de trote do cavalo (Barrey, 2013; Barrey et al. 2012; FEI, 2022). Assim, poderemos colocar a hipótese que animais desta disciplina serão tendencialmente selecionados ou treinados para desenvolverem este tipo de movimento. Contudo, este critério de avaliação não se estende ao passo, estando, no entanto, descrito que uma boa correlação/rácio entre a fase de *swing* e *midstance* é necessária para obter movimentos com boa qualidade neste andamento (Clayton, 2004).

As restantes variáveis (a passo: MAD no *landing* antes de ferrar; a trote: MAE no *breakover* antes e após ferrar; MAE no *landing* antes de ferrar e o MAD na fase de *breakover* antes e após ferração) que demonstram ser significativas com a disciplina do cavalo, apresentam correlações negativas, sendo por isso associadas aos cavalos que praticam a disciplina de salto de obstáculos. Os resultados apresentam correlação com a diferença entre membros antes de ferrar, na fase de *breakover* e *swing*. Considerando que a disciplina de salto obstáculos apresenta movimentos com maior impacto a nível biomecânico e dinâmico, tendo como exemplo a batida e receção dos saltos como dois momentos mais abruptos. Estes poderão ser uma justificação plausível para a correlação significativa da diferença entre membros, antes da ferração.

Considerando ainda, que a receção dos saltos destes cavalos não ocorre com os dois membros anteriores ao mesmo tempo (Denoix, 2014), o membro que apoia primeiro poderá apresentar um desgaste superior e diferente. Semanas após a ferração, com a utilização e alterações fisiológicas do casco, surgem as mudanças angulares no eixo podofalângico assim como no equilíbrio dos membros. Como tal, os tempos de *breakover* tendem a alterar e consequentemente o momento da batida poderá ser mais tardio. A diminuição do peso associado ao uso da ferradura influencia a fase aérea (*swing*) (Singleton et al., 2003) e a resistência à inércia será também menor devido ao peso inferior. De certa forma, as duas fases encontram-se interligadas uma vez que a fase de *breakover* termina assim que o membro deixa de estar em contacto com o solo, iniciando a fase do *swing* (Barrey, 2014).

## 6.4 Comparação entre médias

Nas variáveis analisadas exceto, a diferença entre o MAD e o MAE a passo na fase de *swing* e *landing*, assim como o tempo do MAE a passo na fase de *landing*, verificou-se uma diminuição dos tempos após a ferração. Adicionalmente na média das três variáveis referidas não se verificaram diferenças significativas ( $p>0,05$ ). Contudo, deveremos considerar que o tamanho da amostra poderá influenciar os resultados obtidos.

A conformação e o crescimento do casco têm efeitos diretos na morfologia e biomecânica do equino. Relativamente à fase de impacto (*landing*), o crescimento do casco provoca um aumento de duração desta fase. Como consequência, o primeiro ponto de contacto com o solo passa a ser realizado com a pinça (Clayton et al. 1990; van Heel, 2006). Ao aparar os cascos, há uma procura por restabelecer o eixo podofalângico e equilíbrio dinâmico e geométrico do membro, o que implica o corte do excesso de pinça, ranilha e sola. Através deste método, há uma diminuição do comprimento da pinça, e consequentemente uma redução na fase de impacto (van Heel et al., 2005).

A fase de *midstance* apresenta uma diminuição dos valores após ferração, indicando uma redução da duração desta fase, o que se encontra de acordo com o estudo realizado onde se analisou o equilíbrio dorso palmar restituído após aparar os cascos (Faramazi et al., 2008). Neste estudo, verificou-se que ao restabelecer o equilíbrio do casco, a duração da fase de *stance* e *swing*, assim como a duração total da passada diminuíam.

No caso do *breakover* observa-se que tanto no MAE como no MAD os valores médios das variáveis são inferiores após a ferração, apresentando uma diminuição de 5,51% no MAE e 8.62% no MAD. Recentemente, através da utilização de sensores UMI, iguais aos utilizados

no presente estudo, demonstrou-se que aparar os cascos não tem influência no tempo de *breakover* (Hagen et al., 2021b). Pelo contrário, no presente estudo, os valores obtidos demonstram que o tempo de *breakover* diminui, após aparar os cascos e posterior ferração. Esta diferença poderá ser devida ao tamanho das populações estudadas, já que no presente estudo foram avaliados um maior número de animais, os quais correspondiam a casos reais de clientes particulares. Os resultados obtidos sugerem que a ferração sistemática, em intervalos regulares de cinco semanas, resulta na diminuição do *breakover*.

Em cavalos *barefoot*, o maior comprimento da pinça e diminuição do ângulo do eixo podofalângico provoca um aumento do tempo de *breakover* (Willemen et al., 1999). Contrariamente, o aumento do ângulo do eixo podofalângico, através da elevação de talões, leva a uma diminuição do tempo de *breakover*, como demonstrado por Rogers et al. em 2007. No entanto, na área dos cavalos ferrados, existem algumas variações. Segundo Clayton et al. (1991), a redução de *breakover* pode ser obtida através do *rolling*, o que estaria de acordo com os resultados deste estudo, uma vez que os cavalos foram ferrados com *rolled toe* e apresentam diminuição dos tempos da passada. No entanto, um estudo de 2006 comprova que o *rolled toe* permite um impacto mais suave, mas não altera a duração do *breakover* (van Heel, 2006). Apesar de refutar os resultados obtidos no presente estudo, estas variações poderão estar correlacionadas com a técnica utilizada por cada ferrador na execução do *rolled toe*.

Hagan et al., afirma que a elevação de talões em cavalos ferrados, diminui o *breakover*, mas aparar os cascos não demonstra ter influência (Hagen et al., 2021b). Ao contrário de van Heel, comprova que cavalos com *rolled toe* diminuem o *breakover* quando comparado com uma ferração simples de ferro (van Heel, 2006).

Na fase aérea (*swing*) observaram-se valores com significância no MAE a trote ao contrário do MAD, que apesar de apresentar valores médios inferiores após a ferração, não apresentam significância. Estas alterações na fase aérea podem estar associadas à aplicação de uma nova ferradura e consequentemente um novo peso atribuído ao membro, responsável pela alteração da duração da fase. Ao colocar uma ferradura com um peso diferente, a inércia aumenta e a energia necessária para superar a mesma na fase aérea é superior, resultando num aumento da duração (Singleton et al., 2003). Verifica-se que a média dos tempos diminui cerca de 1,41% no MAE e 0,63% no MAD, após a ferração. Contudo, considerando o papel do ferrador nesta fase da passada ser mínimo, uma vez que esta depende maioritariamente de assimetrias das superfícies articulares e tensões musculares (Hagen et al., 2017) este resultado obtido no estudo, suporta a influência da ferração na alteração dos tempos de cada fase da passada.

A diferença entre membros apresenta uma diminuição das médias percentuais após a ferração. Indica que há uma aproximação de simetria entre os dois membros anteriores, o que contribui para o equilíbrio geométrico e dinâmico. A procura pela simetria é conseguida através da ferração ao reduzir as diferenças entre membros (van Heel et al., 2004).

Assim, podemos afirmar que a ferração influenciou positivamente os andamentos, passo e trote, dos equinos da população estudada, ao diminuir os tempos da passada. A ferração contribui não só para a saúde ortopédica dos equinos, mas também para a melhoria do desempenho desportivo destes animais, pelo que os tutores deverão estar cientes da sua importância.

A utilização destes sensores UMI no terreno, permitem uma avaliação mais completa e imediata das mudanças que ocorrem após a ferração. Toda a evolução da análise cinemática permitiu que a influência da ferração pudesse ser quantificada, comprovando com valores exatos o impacto na locomoção de um cavalo. Desta forma é possível confirmar as alterações realizadas, valorizando com dados o trabalho do ferrador, para além da obtenção de material para uma maior correlação e interação entre o veterinário e o ferrador. A cooperação e boa relação entre as duas áreas é essencial para a obtenção de melhores resultados, quer na vertente desportiva como na saúde. A locomoção e biomecânica estão inteiramente ligadas à boa conformação e correta ferração dos cavalos. É importante salientar que a ferração deve ser adequada a cada cavalo, respeitando a sua conformação e consoante a necessidade de cada cavalo. Apesar de existir uma ampla gama de ferraduras de diferentes marcas e modelos no mercado, com indicações ortopédicas, a sua utilização deve ser sempre antecedida de um diagnóstico correto e de uma avaliação conjunta da conformação e características do animal, realizada pelo veterinário e ferrador.

## 7. Conclusão

O cavalo é considerado um atleta que necessita cada vez mais de atenção e cuidados para atingir o seu nível máximo de *performance*. A ferração tem um papel importante na qualidade e bem-estar do cavalo devido à sua influência na conformação, manutenção de estruturas do casco e da sua ação na locomoção e biomecânica.

Ao longo dos anos, o desenvolvimento de métodos de análise da biomecânica tem permitido a obtenção de mais conhecimento acerca desta área, com o qual é possível melhorar a locomoção, a biomecânica do cavalo e consequentemente a sua *performance* desportiva.

O estudo teve como objetivo demonstrar a influência da ferração e verificar a correlação de certas variáveis descritivas, como a idade, sexo e disciplina com os dados obtidos referentes à análise biomecânica. Neste trabalho, verificou-se que os tempos de duração das diferentes fases da passada eram inferiores após a nova ferração. Adicionalmente, verificou-se uma correlação com a idade e a disciplina.

Através dos resultados obtidos conclui-se que a ferração influencia positivamente a locomoção de um cavalo, considerando que a média dos tempos de duração diminuíram após a nova ferração. As medições foram realizadas em cavalos com uma ferração com aproximadamente 35 dias (5 semanas) e após a nova ferração. Deste modo, é possível afirmar que uma ferração adequada tem uma influência direta na melhoria da biomecânica de um equino e consequentemente no seu bem-estar e *performance*, considerando também que o intervalo entre ferração tem influência. Ao prolongar este intervalo de tempo, os números obtidos e diferenças poderiam ser maiores.

A ferração deve ser utilizada considerando sempre a necessidade de cada equino e não como um *gold standard* para todos os cavalos, uma vez que cada animal tem a sua conformação. A necessidade de manter um cavalo saudável com alto rendimento desportivo deve incluir todos os cuidados médico veterinários, assim como o cuidado e manutenção dos cascos, recorrendo a profissionais de podologia e ferração.

## 8. Perspetivas Futuras

A ferração evoluiu ao longo do tempo com o objetivo de garantir o bem-estar de um equino e fornecer as melhores condições para atingir a melhor qualidade dos seus andamentos. Cada vez mais, há um investimento maior na pesquisa de conhecimento a cerca da influência da ferração na biomecânica do equino e é notória a sua evolução nos últimos tempos.

Neste estudo, demonstrou-se a influência positiva da ferração com a diminuição dos tempos de passada medidos em ms, com recurso aos sensores de medição inercial. Num estudo futuro, seria interessante utilizar a radiografia como suporte, de modo a confirmar todas as alterações angulares antes e após a ferração e a sua influência direta nas diferentes fases da passada. O aparelho Black Werkman© apresenta outras funcionalidades como a medição do local de apoio do membro ao contactar com o solo. Esta medição ocorre nas fases do *landing* e *breakover*, fornecendo informações úteis para correlacionar a alteração da zona de apoio antes e após ferrar. Esta poderá ser utilizada noutro estudo para verificar as diferenças no apoio em cavalos *toe in* ou *toe out*, de modo a avaliar a influência da ferração no equilíbrio mediolateral e dorsopalmar/plantar em equinos com este tipo de conformação. A alteração do equilíbrio do membro leva a alterações nestas fases e consequentemente na locomoção e biomecânica.

A utilização destes medidores de unidade inercial podem ser um suporte na prática clínica, não só para complementar a ferração, mas também como uma ferramenta de auxílio aos médicos veterinários na abordagem ao aparelho locomotor. A variação dos tempos da passada, assim como a alteração da fase aérea (*swing*), diferentes posições de apoio, são informações que podem ser utilizadas como indicadores/auxiliares de diagnóstico de lesões associadas ao aparelho locomotor.

## Bibliografia

Back, W. Pille, F. (2013). The role of the hoof and shoeing. In W. Back, H.M.Clayton (Eds), *Equine Locomotion second edition* (pp.147).China: SAUNDERS, ELSIVIER

Back, W., & Clayton, H. M. (2013). *Equine locomotion second edition*. China: SAUNDERS, ELSIVIER

Back, W., Barneveld, A., Bruin, G., Schamhardt, H. C., & Hartman, W. (1994). Kinematic detection of superior gait quality in young trotting warmbloods. The veterinary quarterly, 16 Suppl 2, S91–S96. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/01652176.1994.9694510>

Back, W., Hartman, W., Schamhardt, H.C., Bruin, G., Barneveld, A. (1995). Kinematic response to a 70-day training period in trotting Dutch Warmbloods. Equine Vet. J.18 (Suppl.), 127–131.

Ball, M. (2006). Locomotion: The way a horse moves (book expert). *The Horse*. Retrieved from: <https://thehorse.com/129305/locomotion-the-way-a-horsemoves-book-excerpt/>

Barrey, E. (2013). Gaits and interlimb coordination. In W. Back, H.M.Clayton (Eds), *Equine Locomotion second edition* (pp.85).China: SAUNDERS, ELSIVIER

Barrey, E. (2014). Biomechanis of locomotion in the athletic horse. In K.W.Hinchcliff; A. J.Kaneps; R. J.Geor (Eds.), *Equine Sports Medicine & Surgery second edition* (pp.189-196, 207). China: SAUNDERS ELSEVIER

Barrey, E., & Galloux, P. (1997). Analysis of the equine jumping technique by accelerometry. Equine veterinary journal. Supplement, (23), 45–49. Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1997.tb05052.x>

Barrey, E., Desliens, F., Poirel, D., Biau, S., Lemaire, S., Rivero, J. L., & Langlois, B. (2003). Early evaluation of dressage ability in different breeds. Equine veterinary journal. Supplement, (34), 319–324. Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05440.x>

Baxter, G.M., Stachak, T.S., Hill, C. (2011) Conformation an Movement. In G. M. Baxter (Eds), *Adams & Stashak's Lameness in Horses, 6<sup>th</sup> Edition* (pp.96-99) Hoboken, USA: Wiley Blackwell.

Benoit, P., Barrey, E., Regnault, J. C., & Brochet, J. L. (1993). Comparison of the Damping Effect of Different Shoeing by the Measurement of Hoof Acceleration. Cells Tissues Organs, 146(2-3), 109–113. doi:10.1159/000147430

Bosch, S., Serra Bragança, F., Marin-Perianu, M., Marin-Perianu, R., van der Zwaag,

B. J., Voskamp, J., Back, W., van Weeren, R., & Havinga, P. (2018). EquiMoves: A Wireless Networked Inertial Measurement System for Objective Examination of Horse Gait. *Sensors* (Basel, Switzerland), 18(3), 850. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/s18030850>

Bowker, R.M. (2011) Functional Anatomy of the Palmar Aspect of the Foot. In: M.W. Ross & S.J. Dyson (Eds.), *Diagnosis and Management of Lameness in The Horse, Second Edition* (pp.321-323). St. Louis: ELSEVIER, Saunders

Bowling, A.T., & Ruvinsky, A. (2000). The genetics of the horse. New York: CABI

Clayton H.M. (1990). The effect of an acute hoof wall angulation on the *stride* kinematics of trotting horses. *Equine veterinary journal. Supplement*, (9), 86–90. Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04742.x>

Clayton H.M. (1995). Comparison of the *stride* kinematics of the collected, medium, and extended walks in horses. *American journal of veterinary research*, 56(7), 849–852.

Clayton H.M. (2016). HORSE SPECIES SYMPOSIUM: Biomechanics of the exercising horse. *Journal of animal science*, 94(10), 4076–4086. Retrieved from: <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9990>

Clayton, H.M. (1988). Comparison of the *stride* of trotting horses trimmed with a normal and a *broken back* hoof-pastern axis. In: Proceedings of the American Association of Equine Practitioners, 33 (pp.289-298).

Clayton, H.M. (2004) *The Dynamic of Horse: A Biomechanical Guide to Equine Movement*. 1st ed. Mason, MI: Sport Horse Publications.

Clayton, H.M., Chateau, H., Back, W. (2013). Forelimb function. In W. Back, H.M.Clayton (Eds), *Equine Locomotion second edition* (pp.99).China: SAUNDERS, ELSIVIER

Clayton, H.M., Schamhardt, H.C. (2013). Measeremente techinques for gait analysis. In W. Black, H.M Clayton (Eds), *Equine Locomotion second edition* (pp.31-43). China: SAUNDERS, ELSEVIER

Clayton, H.M., Sigafoos, R.D., & Curle, R. (1991). Effect of three shoe types on the duration of *breakover* in sound trotting horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 11, 129-132. Retrieved from: [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(07\)80147-X](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(07)80147-X)

Darbandi, H., Serra Bragança, F., van der Zwaag, B. J., Voskamp, J., Gmel, A. I., Haraldsdóttir, E. H., & Havinga, P. (2021). Using Different Combinations of Body-Mounted IMU Sensors to Estimate Speed of Horses-A Machine Learning Approach. *Sensors* (Basel, Switzerland), 21(3), 798. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/s21030798>

Davies, H. M. S. & Philip, C. (2007). Anatomy And Physiology Of The Equine Digit. In A.E. Floyd & R.A Mansmann (Eds.), *Equine Podiatry, 1<sup>st</sup> Edition* (pp.1-24). St. Louis, Missouri: ELSIVIER, SAUNDERS

Davies, H.M.S Merriet, J.S. & Thomason, J.J. (2007). Biomechanics of the equine

foot. In A.E.Floyd & R.A. Mansmann (Eds.), *Equine Podiatry, 1<sup>st</sup> Edition* (pp 43-46). St Louis, Missouri: ELSIVIER, SAUNDERS

Denoix, J.M. (2014). Biomechanical analysis of jumping. In J.M. Denoix (Ed.), *Biomechanics and physical training of the horse*.

Deuel N.R., Park J. (1991) Kinematic analysis of jumping sequences of olympic show jumping horses. In Persson S.G.B., Lindholm A., Jeffcott L.B., (Eds.), *Equine Exercise Physiology 3* (pp.158-166) Davis: ICEEP publications

Drevemo, S., Dalin, G., Fredricson, I., & Hjertén, G. (1980). Equine locomotion; 1. The analysis of linear and temporal stride characteristics of trotting standardbreds. *Equine veterinary journal*, 12(2), 60–65. Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1980.tb02310.x>

Dyhre-Poulsen, P., Smedegaard, H. H., Roed, J., & Korsgaard, E. (1994). Equine hoof function investigated by pressure transducers inside the hoof and accelerometers mounted on the first phalanx. *Equine veterinary journal*, 26(5), 362–366. Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1994.tb04404.x>

Dyson, S. J. (2011). The Distal Phalange and Distal Interphalangeal Joint. In. M.W. Ross & S.J. Dyson (Eds.), *Diagnosis and Management of Lameness in The Horse, Second Edition* (pp.349) St. Louis: ELSEVIER, Saunders

Egan, S., Brama, P., & McGrath, D. (2019). Research trends in equine movement analysis, future opportunities and potential barriers in the digital age: A scoping review from 1978 to 2018. *Equine veterinary journal*, 51(6), 813–824. Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/evj.13076>

Eichelberger, P., Ferraro, M., Minder, U., Denton, T., Blasimann, A., Krause, F., & Baur, H. (2016). Analysis of accuracy in optical motion capture – A protocol for laboratory setup evaluation. *Journal of biomechanics*, 49(10), 2085-2088. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.05.007>

Eliashar E, McGuigan MP, Rogers KA, Wilson A.M. (2002). A comparison of three horseshoeing styles on the kinetics of *breakover* in sound horses. *Equine Vet J.*;34(2):184–90.

Eliashar E. (2012). The biomechanics of the equine foot as it pertains to farriery. The Veterinary clinics of North America. Equine practice, 28(2), 283–291. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2012.06.001>

Eliashar, E. (2007). An Evidence-Based Assessment of the Biomechanical Effects of the Common Shoeing and Farriery Techniques. *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 23(2), 425–442. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2007.03.010>

Fails, A.D. (2020). Functional Anatomy of the Equine Musculoskeletal System. In G. M. Baxter (Ed.), *Adams & Stashak's Lameness in Horses, 7<sup>th</sup> Edition* (pp.1-18). Hoboken,

USA: Wiley Blackwell.

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), 557–562. Retrieved from: <https://doi.org/10.4142/jvs.2018.19.4.557>

FEI 2022.Dressage Rules, Fédération Equestre Internationale, Switzerland. Retrieved April 24, 2022, from <http://inside.fei.org/node/3821/>

Getty, R. (1986) *Osteologia Equina*. In R. Getty (Ed.) *Anatomia dos animais domésticos*, 5ª Edição. (pp. 270-272). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A.

Hagen, J., Bos, R., Brouwer, J., Lux, S., & Jung, F. T. (2021b). Influence of trimming, hoof angle and shoeing on *breakover* duration in sound horses examined with hoof-mounted inertial sensors. *The Veterinary record*, 189(4), e450. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/vetr.450>

Hagen, J., Huppler, M., Geiger, M., Mader, D., Hafner, F.S. (2017). Modifying the height of horseshoes: effect of wedge shoes, studs, and rocker shoes on the phalangeal alignment, pressure distribution, and hoof-ground contact during motion. *Journal of Equine Veterinary Science*, 53, 8-18. : Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.01.014>

Hagen, J., Jung, F. T., Brouwer, J., & Bos, R. (2021a). Detection of Equine Hoof Motion by Using a Hoof-Mounted Inertial Measurement Unit Sensor in Comparison to Examinations with an Optoelectronic Technique - A Pilot Study. *Journal of equine veterinary science*, 101, 103454. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103454>

Harvey, A. M., Williams, S. B., & Singer, E. R. (2012). The effect of lateral heel studs on the kinematics of the equine digit while cantering on grass. *Veterinary journal* (London, England: 1997), 192(2), 217–221. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.06.003>

Hasaneini, S. J., Macnab, C. J. B., Bertram, J. E. A., & Leung, H. (2014). Swing-leg retraction efficiency in bipedal walking. 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Doi:10.1109/iros.2014.6942905

Hildebrand, M. (1989). The quadrupedal gaits of vertebrates. *Bioscience*, 39(11), 766–775. Retrieved from: <https://doi.org/10.2307/1311182>.

Hobbs, S.J., Northropp, A.J., Mahaffey, C., Martin, J.H., Murray, R., Roepstorff, L., et al.. (2014). Equine Surfaces White Paper.

Holmstrom, M., Back, W. (2013). The effects of conformation. In W. Black, H.M Clayton (Eds), *Equine Locomotion second edition* (pp.232-238). China: SAUNDERS, ELSEVIER

Horan K., Kourdache K., Coburn J., Day P., Carnall H., Harborne D., et al.. (2021) The effect of horseshoes and surfaces on horse and jockey centre of mass displacements at

gallop. PLoS ONE 16(11): e0257820. Retrieved from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257820>

Keegan, K. G., Kramer, J., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, P. F., Dent, E. V., Kellerman, T. E., Wilson, D. A., & Reed, S. K. (2011). Assessment of repeatability of a wireless, inertial sensor-based lameness evaluation system for horses. *American journal of veterinary research*, 72(9), 1156–1163. Doi:10.2460/ajvr.72.9.1156

Lewczuk, D; Ducro, B.J (2012). Repeatability of free jumping parameters on tests of different duration. *Livestock Science* 146, 22–28.

Liebich, H.G., Maierl, J. & Konig, H.E. (2016). Membros Torácicos ou Anteriores (Membra Thoracica). In H.E. Konig & H.G. Liebich (Eds.), *Anatomia dos Animais Domésticos*, 6ª Edição (pp 184-187). Porto Alegre: Artmed

McCracken, M. J., Kramer, J., Keegan, K. G., Lopes, M., Wilson, D. A., Reed, S. K., Rasch, M. (2012). Comparison of an inertial sensor system of lameness quantification with subjective lameness evaluation. *Equine Veterinary Journal*, 44(6), 652–656. Doi:10.1111/j.2042-3306.2012.00571.x

Moyer, W., & Anderson, J. P. (1975). Lamenesses caused by improper shoeing. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 166(1), 47–52.

Murphy J. (2009). Weighted boots influence performance in show-jumping horses. *Veterinary journal* (London, England: 1997), 181(1), 74–76. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.03.015>

Nassau, R. V. (2014). El Casco. In R.V. Nassau (Ed), *EL Casco Del Caballo*(pp.18). Espanha: HISPANO Europea S. A

O’Grady, S. E. (2020). Principles of Trimming and Shoeing. In G. M. Baxter (ed.), *Adams & Stashak’s Lameness in Horses, 7th Edition* (pp.1095-1098). Hoboken, USA: Wiley Blackwell.

O’Grady, S.E. (2013) How to Evaluate the Equine Hoof Capsule in Proceedings of the 59<sup>th</sup> Annual Convention of the American Association of Equine Association of Equine Pratitioners in IVIS (pp.54-61) Retrieved from: [https://www.ivis.org/system/files?file=google\\_drive/node/57699/field\\_chpt\\_content/eyJzdWJkaXliOiJcL25vZGVcLzU3Njk5XC9maWVsZF9jaHB0X2NvbnRlbnQifQ--wNHDisNOYAFTDZw2meH5b\\_hXovaB2dvi5EJE0k7PTnw.pdf](https://www.ivis.org/system/files?file=google_drive/node/57699/field_chpt_content/eyJzdWJkaXliOiJcL25vZGVcLzU3Njk5XC9maWVsZF9jaHB0X2NvbnRlbnQifQ--wNHDisNOYAFTDZw2meH5b_hXovaB2dvi5EJE0k7PTnw.pdf)

Olsen, E., Pfau, T., & Ritz, C. (2013). Functional limits of agreement applied as a novel method comparison tool for accuracy and precision of inertial measurement unit derived displacement of the distal limb in horses. *Journal of biomechanics*, 46(13), 2320–2325. Doi: 10.1016/j.jbiomech.2013.06.004

Pardoe, C. H., McGuigan, M. P., Rogers, K. M., Rowe, L. L., & Wilson, A. M. (2001).

The effect of shoe material on the kinetics and kinematics of foot slip at impact on concrete. *Equine veterinary journal*. Supplement, (33), 70–73. Doi:10.1111/j.2042-3306.2001.tb05363.x

Parks, A. H. (2011). The Foot and Shoeing. In. M.W. Ross & S.J. Dyson (Eds.), *Diagnosis and Management of Lameness in The Horse, Second Edition* (pp. 293-302). St. Louis: ELSEVIER, Saunders

Peterson, M. L., Roepstorff, L., Thomason, J. J., Mahaffey, C. and McIlwraith, C. W. (2012) Racing Surfaces. White Paper. Retrieved from: <http://www.racingsurfaces.org/bulletins.html>

Pfau, T., Daly, K., Davison, J., Bould, A., Housby, N., & Weller, R. (2016). Changes in movement symmetry over the stages of the shoeing process in military working horses. *The Veterinary record*, 179(8), 195. Doi: 10.1136/vr.103516

Piché A., Halpern R., Savallo M.A., Granatosky M.C. (2020). Equine Locomotion. In: Vonk J., Shackelford T. (eds) *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. Springer, Cham. Doi: 10.1007/978-3-319-47829-6\_1003-1

Ratzlaff, M.H., Hyde, M.L., Grant, B. D., Balch, O., Wilson, P.D (1990). Measurement of Vertical Forces and Temporal Components of the *Strides* of Horses Using Instrumented Shoes. *Journal of Equine Veterinary Science* 10(1): 23-25. Doi:10.1016/S0737-0806(06)80079-1

Rogers, C. W., & Back, W. (2007). The effect of plain, eggbar and 6 degrees-wedge shoes on the distribution of pressure under the hoof of horses at the walk. *New Zealand veterinary journal*, 55(3), 120–124. Doi:10.1080/00480169.2007.36753

Ross, M.W., McIlwraith, C.W. (2011). Conformation and Lameness. In. M.W. Ross & S.J. Dyson (Eds.), *Diagnosis and Management of Lameness in The Horse, Second Edition* (pp.31-32). St. Louis: ELSEVIER, Saunders

Ruggles, A.J. (2011) The Proximal and Middle Phalanges and Proximal Interphalangeal Joint. In. M.W. Ross & S.J. Dyson (Eds.), *Diagnosis and Management of Lameness in The Horse, Second Edition* (pp. 387). St. Louis: ELSEVIER, Saunders

Singleton, W. H., Lanovaz, J. L., Prades, M., & Clayton, H. M. (2003). Effects of shoeing on forelimb swing phase kinetics of trotting horses. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 16(01), 16–20. doi:10.1055/s-0038-1632749

Solé, M., Santos, R., Molina, A., Galisteo, A., & Valera, M. (2014). Genetic analysis of kinematic traits at the trot in Lusitano horse subpopulations with different types of training. *Animal*, 8(2), 192-199. Doi:10.1017/S1751731113002036

Thomason, J. J., & Peterson, M. L. (2008). Biomechanical and mechanical investigations of the hoof-track interface in racing horses. *The Veterinary clinics of North*

America. *Equine practice*, 24(1), 53–77. Doi: 10.1016/j.cveq.2007.11.007

Tijssen M, Hernlund E, Rhodin M, Bosch S, Voskamp JP, Nielen M, et al.. (2020) Automatic hoof-on and -off detection in horses using hoofmounted inertial measurement unit sensors. *PLoS ONE* 15(6): e0233266. Doi: 10.1371/journal.pone.0233266

van Heel MCV, van Weeren P, Back W. (2006) Shoeing sound Warmblood horses with a rolled toe optimises hoof-unrollment and lowers peak loading during *breakover*. *Equine Vet J.* 38(3):258–62.

van Heel, M. C., Barneveld, A., van Weeren, P. R., & Back, W. (2004). 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

van Heel, M. C., Moleman, M., Barneveld, A., Van Weeren, P. R., & Back, W. (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*, 37(6), 536–540. Doi: 10.2746/042516405775314925

Weishaupt, M. A., Waldern, N. M., Amport, C., Ramseier, L. C., & Wiestner, T. (2013). Effects of shoeing on intra- and inter-limb coordination and movement consistency in Icelandic horses at walk, tölt and trot. *Veterinary journal* (London, England : 1997), 198 Suppl 1, e109–e113. Doi: 10.1016/j.tvjl.2013.09.043

Willemen, M. A., Savelberg, H. H. C. M., & Barneveld, A. (1999). 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.x

Williams G, Deacon M. (1999). *No foot, no horse*, Buckingham, Kenilworth.

## **APÊNDICES**

## Apêndice I – Medições em ms do MAE - PASSO

| Nº Equino | Sexo  | Idade | Raça         | Disciplina | MAE             |           |       |         |             |           |       |         |
|-----------|-------|-------|--------------|------------|-----------------|-----------|-------|---------|-------------|-----------|-------|---------|
|           |       |       |              |            | Antes de ferrar |           |       |         | Após ferrar |           |       |         |
|           |       |       |              |            | M.Stance        | Breakover | Swing | Landing | M.Stance    | Breakover | Swing | Landing |
| Cavalo 1  | Macho | 7     | Hanoveriano  | Dressage   | 657             | 155       | 463   | 18      | 576         | 172       | 460   | 14      |
| Cavalo 2  | Macho | 8     | Cruzado      | Obstáculos | 654             | 174       | 436   | 19      | 569         | 169       | 415   | 35      |
| Cavalo 3  | Fêmea | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 631             | 143       | 452   | 13      | 585         | 118       | 413   | 13      |
| Cavalo 4  | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 608             | 87        | 468   | 14      | 607         | 91        | 452   | 16      |
| Cavalo 5  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 675             | 139       | 477   | 16      | 664         | 147       | 467   | 11      |
| Cavalo 6  | Macho | 11    | Dp.Irlandes  | Obstáculos | 590             | 138       | 420   | 47      | 590         | 143       | 423   | 41      |
| Cavalo 7  | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 638             | 141       | 438   | 13      | 625         | 136       | 423   | 27      |
| Cavalo 8  | Fêmea | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 704             | 148       | 475   | 27      | 642         | 147       | 475   | 68      |
| Cavalo 9  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 614             | 150       | 493   | 8       | 563         | 147       | 499   | 10      |
| Cavalo 10 | Macho | 10    | PSL          | Dressage   | 598             | 139       | 410   | 7       | 567         | 146       | 403   | 7       |
| Cavalo 11 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 659             | 171       | 422   | 19      | 578         | 204       | 423   | 16      |
| Cavalo 12 | Fêmea | 13    | Pt Desporto  | Dressage   | 631             | 113       | 471   | 14      | 664         | 117       | 467   | 16      |
| Cavalo 13 | Fêmea | 9     | Holseitner   | Obstáculos | 673             | 161       | 453   | 14      | 625         | 145       | 449   | 12      |
| Cavalo 14 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 588             | 122       | 413   | 17      | 581         | 122       | 408   | 15      |
| Cavalo 15 | Macho | 17    | Hanoveriano  | Obstáculos | 518             | 141       | 449   | 17      | 479         | 135       | 439   | 30      |
| Cavalo 16 | Macho | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 539             | 167       | 445   | 18      | 537         | 149       | 442   | 16      |
| Cavalo 17 | Macho | 18    | Hanoveriano  | Obstáculos | 517             | 150       | 395   | 8       | 494         | 144       | 403   | 10      |
| Cavalo 18 | Macho | 6     | Oldenburgo   | Obstáculos | 593             | 166       | 442   | 17      | 620         | 160       | 455   | 12      |
| Cavalo 19 | Macho | 12    | Sela Francês | Obstáculos | 501             | 200       | 444   | 10      | 515         | 187       | 430   | 12      |
| Cavalo 20 | Macho | 17    | Pt Desporto  | Obstáculos | 579             | 111       | 402   | 26      | 546         | 115       | 410   | 20      |
| Cavalo 21 | Macho | 8     | Holsteiner   | Obstáculos | 641             | 152       | 424   | 50      | 654         | 145       | 409   | 51      |
| Cavalo 22 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 596             | 177       | 428   | 12      | 610         | 168       | 444   | 13      |
| Cavalo 23 | Fêmea | 11    | Cruzado      | Obstáculos | 526             | 116       | 398   | 18      | 510         | 112       | 397   | 18      |
| Cavalo 24 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 502             | 166       | 438   | 40      | 535         | 162       | 428   | 33      |
| Cavalo 25 | Macho | 14    | Holsteiner   | Obstáculos | 741             | 168       | 449   | 21      | 686         | 154       | 461   | 16      |
| Cavalo 26 | Macho | 5     | PSL          | Dressage   | 573             | 135       | 385   | 27      | 605         | 132       | 398   | 21      |
| Cavalo 27 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 630             | 131       | 438   | 17      | 634         | 118       | 438   | 10      |
| Cavalo 28 | Fêmea | 4     | PSL          | Dressage   | 619             | 117       | 447   | 10      | 613         | 113       | 448   | 12      |
| Cavalo 29 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 712             | 81        | 491   | 16      | 682         | 72        | 501   | 14      |
| Cavalo 30 | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 606             | 96        | 471   | 15      | 603         | 74        | 490   | 10      |

Pt Desporto - Português de Desporto; PSL - Puro Sangue Lusitano

## Apêndice II – Medições em ms do MAD - PASSO

| Nº Equino | Sexo  | Idade | Raça         | Disciplina | MAD             |           |       |         |             |           |       |         |
|-----------|-------|-------|--------------|------------|-----------------|-----------|-------|---------|-------------|-----------|-------|---------|
|           |       |       |              |            | Antes de ferrar |           |       |         | Após ferrar |           |       |         |
|           |       |       |              |            | M.Stance        | Breakover | Swing | Landing | M.Stance    | Breakover | Swing | Landing |
| Cavalo 1  | Macho | 7     | Hanoveriano  | Dressage   | 639             | 174       | 465   | 15      | 586         | 158       | 462   | 16      |
| Cavalo 2  | Macho | 8     | Cruzado      | Obstáculos | 592             | 217       | 440   | 33      | 571         | 170       | 419   | 27      |
| Cavalo 3  | Fêmea | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 628             | 139       | 458   | 14      | 552         | 125       | 438   | 14      |
| Cavalo 4  | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 610             | 91        | 457   | 18      | 592         | 108       | 442   | 24      |
| Cavalo 5  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 671             | 142       | 479   | 16      | 655         | 135       | 491   | 8       |
| Cavalo 6  | Macho | 11    | Dp.Irlandes  | Obstáculos | 573             | 132       | 441   | 49      | 595         | 119       | 438   | 45      |
| Cavalo 7  | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 623             | 138       | 441   | 27      | 622         | 137       | 445   | 8       |
| Cavalo 8  | Fêmea | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 695             | 144       | 500   | 14      | 660         | 145       | 496   | 31      |
| Cavalo 9  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 574             | 167       | 511   | 12      | 560         | 131       | 516   | 12      |
| Cavalo 10 | Macho | 10    | PSL          | Dressage   | 563             | 161       | 412   | 18      | 555         | 154       | 408   | 5       |
| Cavalo 11 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 628             | 190       | 428   | 26      | 561         | 206       | 439   | 15      |
| Cavalo 12 | Fêmea | 13    | Pt Desporto  | Dressage   | 643             | 102       | 461   | 22      | 666         | 113       | 470   | 14      |
| Cavalo 13 | Fêmea | 9     | Holseitner   | Obstáculos | 664             | 156       | 453   | 28      | 601         | 150       | 450   | 30      |
| Cavalo 14 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 567             | 144       | 407   | 23      | 579         | 140       | 391   | 16      |
| Cavalo 15 | Macho | 17    | Hanoveriano  | Obstáculos | 516             | 141       | 455   | 12      | 474         | 138       | 456   | 15      |
| Cavalo 16 | Macho | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 516             | 174       | 436   | 42      | 513         | 146       | 430   | 54      |
| Cavalo 17 | Macho | 18    | Hanoveriano  | Obstáculos | 519             | 146       | 395   | 9       | 512         | 135       | 396   | 9       |
| Cavalo 18 | Macho | 6     | Oldenburgo   | Obstáculos | 600             | 155       | 447   | 16      | 632         | 153       | 450   | 12      |
| Cavalo 19 | Macho | 12    | Sela Francês | Obstáculos | 522             | 199       | 408   | 27      | 503         | 208       | 407   | 26      |
| Cavalo 20 | Macho | 17    | Pt Desporto  | Obstáculos | 587             | 105       | 393   | 33      | 550         | 111       | 408   | 21      |
| Cavalo 21 | Macho | 8     | Holsteiner   | Obstáculos | 672             | 137       | 417   | 42      | 667         | 137       | 406   | 49      |
| Cavalo 22 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 561             | 187       | 434   | 31      | 586         | 177       | 450   | 21      |
| Cavalo 23 | Fêmea | 11    | Cruzado      | Obstáculos | 508             | 131       | 402   | 17      | 515         | 117       | 388   | 17      |
| Cavalo 24 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 494             | 158       | 444   | 50      | 497         | 177       | 419   | 65      |
| Cavalo 25 | Macho | 14    | Holsteiner   | Obstáculos | 715             | 167       | 487   | 10      | 688         | 135       | 483   | 11      |
| Cavalo 26 | Macho | 5     | PSL          | Dressage   | 562             | 143       | 395   | 20      | 598         | 141       | 393   | 23      |
| Cavalo 27 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 636             | 122       | 448   | 9       | 627         | 111       | 452   | 10      |
| Cavalo 28 | Fêmea | 4     | PSL          | Dressage   | 588             | 153       | 435   | 17      | 615         | 106       | 452   | 13      |
| Cavalo 29 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 720             | 87        | 478   | 13      | 682         | 83        | 490   | 13      |
| Cavalo 30 | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 623             | 100       | 450   | 15      | 616         | 98        | 449   | 15      |

### Apêndice III – Medições em ms da diferença MAD/MAE - PASSO

|           |       |       |              |            | PASSO<br>Diferença MAD/MAE |           |       |         |             |           |       |         |
|-----------|-------|-------|--------------|------------|----------------------------|-----------|-------|---------|-------------|-----------|-------|---------|
| Nº Equino | Sexo  | Idade | Raça         | Disciplina | Antes de ferrar            |           |       |         | Após ferrar |           |       |         |
|           |       |       |              |            | M.Stance                   | Breakover | Swing | Landing | M.Stance    | Breakover | Swing | Landing |
| Cavalo 1  | Macho | 7     | Hanoveriano  | Dressage   | 17                         | 18        | 1     | 3       | 10          | 13        | 1     | 1       |
| Cavalo 2  | Macho | 8     | Cruzado      | Obstáculos | 61                         | 43        | 4     | 13      | 1           | 1         | 4     | 7       |
| Cavalo 3  | Fêmea | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 3                          | 4         | 6     | 1       | 32          | 7         | 24    | 1       |
| Cavalo 4  | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 2                          | 3         | 10    | 4       | 14          | 17        | 10    | 8       |
| Cavalo 5  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 4                          | 2         | 1     | 0       | 8           | 11        | 24    | 3       |
| Cavalo 6  | Macho | 11    | Dp.Irlandes  | Obstáculos | 16                         | 5         | 20    | 1       | 4           | 23        | 15    | 3       |
| Cavalo 7  | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 14                         | 2         | 3     | 14      | 3           | 0         | 21    | 18      |
| Cavalo 8  | Fêmea | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 8                          | 3         | 24    | 12      | 18          | 2         | 20    | 36      |
| Cavalo 9  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 40                         | 17        | 17    | 4       | 3           | 16        | 17    | 2       |
| Cavalo 10 | Macho | 10    | PSL          | Dressage   | 34                         | 22        | 1     | 10      | 11          | 8         | 5     | 1       |
| Cavalo 11 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 30                         | 18        | 6     | 6       | 16          | 2         | 16    | 1       |
| Cavalo 12 | Fêmea | 13    | Pt Desporto  | Dressage   | 12                         | 11        | 9     | 7       | 2           | 4         | 3     | 2       |
| Cavalo 13 | Fêmea | 9     | Holseitner   | Obstáculos | 9                          | 5         | 0     | 14      | 23          | 4         | 0     | 17      |
| Cavalo 14 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 21                         | 22        | 5     | 5       | 2           | 18        | 16    | 0       |
| Cavalo 15 | Macho | 17    | Hanoveriano  | Obstáculos | 1                          | 0         | 5     | 4       | 5           | 3         | 16    | 14      |
| Cavalo 16 | Macho | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 22                         | 6         | 8     | 24      | 23          | 3         | 11    | 38      |
| Cavalo 17 | Macho | 18    | Hanoveriano  | Obstáculos | 1                          | 3         | 0     | 1       | 17          | 8         | 6     | 1       |
| Cavalo 18 | Macho | 6     | Oldenburgo   | Obstáculos | 6                          | 11        | 4     | 0       | 12          | 6         | 5     | 0       |
| Cavalo 19 | Macho | 12    | Sela Francês | Obstáculos | 20                         | 0         | 36    | 16      | 11          | 21        | 22    | 13      |
| Cavalo 20 | Macho | 17    | Pt Desporto  | Obstáculos | 8                          | 5         | 8     | 6       | 4           | 3         | 2     | 1       |
| Cavalo 21 | Macho | 8     | Holsteiner   | Obstáculos | 30                         | 14        | 7     | 8       | 13          | 8         | 2     | 2       |
| Cavalo 22 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 34                         | 9         | 5     | 19      | 23          | 9         | 6     | 8       |
| Cavalo 23 | Fêmea | 11    | Cruzado      | Obstáculos | 17                         | 14        | 4     | 1       | 5           | 5         | 8     | 1       |
| Cavalo 24 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 8                          | 7         | 6     | 10      | 38          | 14        | 9     | 32      |
| Cavalo 25 | Macho | 14    | Holsteiner   | Obstáculos | 26                         | 0         | 37    | 10      | 2           | 19        | 22    | 5       |
| Cavalo 26 | Macho | 5     | PSL          | Dressage   | 11                         | 7         | 10    | 6       | 7           | 9         | 4     | 2       |
| Cavalo 27 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 6                          | 8         | 10    | 7       | 6           | 6         | 14    | 0       |
| Cavalo 28 | Fêmea | 4     | PSL          | Dressage   | 30                         | 36        | 11    | 6       | 1           | 6         | 4     | 0       |
| Cavalo 29 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 8                          | 6         | 12    | 2       | 0           | 10        | 10    | 0       |
| Cavalo 30 | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 16                         | 4         | 21    | 0       | 12          | 23        | 41    | 5       |

## **Apêndice IV – Medições em ms do STRIDE - PASSO**

| <b>PASSO</b>     |             |              |              |                   | <b>Antes</b>  | <b>Após</b>   |
|------------------|-------------|--------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|
| <b>Nº Equino</b> | <b>Sexo</b> | <b>Idade</b> | <b>Raça</b>  | <b>Disciplina</b> | <b>Stride</b> | <b>Stride</b> |
| Cavalo 1         | Macho       | 7            | Hanoveriano  | Dressage          | 1294          | 1223          |
| Cavalo 2         | Macho       | 8            | Cruzado      | Obstáculos        | 1248          | 1189          |
| Cavalo 3         | Fêmea       | 9            | Pt Desporto  | Obstáculos        | 1241          | 1131          |
| Cavalo 4         | Macho       | 7            | PSL          | Dressage          | 1177          | 1168          |
| Cavalo 5         | Macho       | 7            | Pt Desporto  | Dressage          | 1309          | 1290          |
| Cavalo 6         | Macho       | 11           | Dp.Irlandes  | Obstáculos        | 1197          | 1199          |
| Cavalo 7         | Macho       | 12           | Cruzado      | Obstáculos        | 1231          | 1213          |
| Cavalo 8         | Fêmea       | 7            | Pt Desporto  | Dressage          | 1355          | 1333          |
| Cavalo 9         | Macho       | 7            | Pt Desporto  | Dressage          | 1266          | 1221          |
| Cavalo 10        | Macho       | 10           | PSL          | Dressage          | 1156          | 1124          |
| Cavalo 11        | Macho       | 12           | PSL          | Dressage          | 1272          | 1223          |
| Cavalo 12        | Fêmea       | 13           | Pt Desporto  | Dressage          | 1230          | 1265          |
| Cavalo 13        | Fêmea       | 9            | Holseitner   | Obstáculos        | 1302          | 1232          |
| Cavalo 14        | Macho       | 12           | Cruzado      | Obstáculos        | 1141          | 1127          |
| Cavalo 15        | Macho       | 17           | Hanoveriano  | Obstáculos        | 1127          | 1084          |
| Cavalo 16        | Macho       | 9            | Pt Desporto  | Obstáculos        | 1170          | 1145          |
| Cavalo 17        | Macho       | 18           | Hanoveriano  | Obstáculos        | 1072          | 1054          |
| Cavalo 18        | Macho       | 6            | Oldenburgo   | Obstáculos        | 1219          | 1249          |
| Cavalo 19        | Macho       | 12           | Sela Francês | Obstáculos        | 1157          | 1145          |
| Cavalo 20        | Macho       | 17           | Pt Desporto  | Obstáculos        | 1120          | 1092          |
| Cavalo 21        | Macho       | 8            | Holsteiner   | Obstáculos        | 1269          | 1261          |
| Cavalo 22        | Macho       | 12           | PSL          | Dressage          | 1215          | 1235          |
| Cavalo 23        | Fêmea       | 11           | Cruzado      | Obstáculos        | 1059          | 1038          |
| Cavalo 24        | Macho       | 12           | Cruzado      | Obstáculos        | 1147          | 1161          |
| Cavalo 25        | Macho       | 14           | Holsteiner   | Obstáculos        | 1380          | 1319          |
| Cavalo 26        | Macho       | 5            | PSL          | Dressage          | 1122          | 1157          |
| Cavalo 27        | Macho       | 4            | PSL          | Dressage          | 1217          | 1201          |
| Cavalo 28        | Fêmea       | 4            | PSL          | Dressage          | 1194          | 1188          |
| Cavalo 29        | Macho       | 4            | PSL          | Dressage          | 1300          | 1270          |
| Cavalo 30        | Macho       | 7            | PSL          | Dressage          | 1189          | 1179          |

## Apêndice V – Medições em ms STRIDE – TROTE

| TROTE     |       |       |              |            | Antes  | Após   |
|-----------|-------|-------|--------------|------------|--------|--------|
| Nº Equino | Sexo  | Idade | Raça         | Disciplina | Stride | Stride |
| Cavalo 1  | Macho | 7     | Hanoveriano  | Dressage   | 806    | 773    |
| Cavalo 2  | Macho | 8     | Cruzado      | Obstáculos | 760    | 746    |
| Cavalo 3  | Fêmea | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 779    | 713    |
| Cavalo 4  | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 753    | 720    |
| Cavalo 5  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 797    | 789    |
| Cavalo 6  | Macho | 11    | Dp.Irlandes  | Obstáculos | 760    | 741    |
| Cavalo 7  | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 822    | 786    |
| Cavalo 8  | Fêmea | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 794    | 782    |
| Cavalo 9  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 760    | 753    |
| Cavalo 10 | Macho | 10    | PSL          | Dressage   | 683    | 677    |
| Cavalo 11 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 754    | 728    |
| Cavalo 12 | Fêmea | 13    | Pt Desporto  | Dressage   | 725    | 728    |
| Cavalo 13 | Fêmea | 9     | Holseitner   | Obstáculos | 789    | 755    |
| Cavalo 14 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 678    | 643    |
| Cavalo 15 | Macho | 17    | Hanoveriano  | Obstáculos | 684    | 713    |
| Cavalo 16 | Macho | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 710    | 675    |
| Cavalo 17 | Macho | 18    | Hanoveriano  | Obstáculos | 697    | 711    |
| Cavalo 18 | Macho | 6     | Oldenburgo   | Obstáculos | 766    | 741    |
| Cavalo 19 | Macho | 12    | Sela Francês | Obstáculos | 721    | 672    |
| Cavalo 20 | Macho | 17    | Pt Desporto  | Obstáculos | 698    | 704    |
| Cavalo 21 | Macho | 8     | Holsteiner   | Obstáculos | 725    | 720    |
| Cavalo 22 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 734    | 743    |
| Cavalo 23 | Fêmea | 11    | Cruzado      | Obstáculos | 675    | 638    |
| Cavalo 24 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 761    | 728    |
| Cavalo 25 | Macho | 14    | Holsteiner   | Obstáculos | 770    | 762    |
| Cavalo 26 | Macho | 5     | PSL          | Dressage   | 769    | 741    |
| Cavalo 27 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 717    | 685    |
| Cavalo 28 | Fêmea | 4     | PSL          | Dressage   | 691    | 682    |
| Cavalo 29 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 761    | 766    |
| Cavalo 30 | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 728    | 743    |

## Apêndice VI – Medições em ms do MAE - TROTE

| TROTE     |       |       |              |            | MAE             |           |       |         |             |           |       |         |
|-----------|-------|-------|--------------|------------|-----------------|-----------|-------|---------|-------------|-----------|-------|---------|
|           |       |       |              |            | Antes de ferrar |           |       |         | Após ferrar |           |       |         |
| Nº Equino | Sexo  | Idade | Raça         | Disciplina | M.Stance        | Breakover | Swing | Landing | M.Stance    | Breakover | Swing | Landing |
| Cavalo 1  | Macho | 7     | Hanoveriano  | Dressage   | 255             | 80        | 452   | 17      | 236         | 74        | 446   | 16      |
| Cavalo 2  | Macho | 8     | Cruzado      | Obstáculos | 242             | 75        | 410   | 32      | 244         | 80        | 393   | 28      |
| Cavalo 3  | Fêmea | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 248             | 62        | 457   | 11      | 218         | 49        | 429   | 15      |
| Cavalo 4  | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 233             | 44        | 449   | 24      | 224         | 32        | 434   | 28      |
| Cavalo 5  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 270             | 68        | 442   | 16      | 258         | 69        | 444   | 16      |
| Cavalo 6  | Macho | 11    | Dp.Irlandes  | Obstáculos | 266             | 80        | 384   | 28      | 256         | 67        | 398   | 19      |
| Cavalo 7  | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 246             | 75        | 488   | 12      | 231         | 69        | 469   | 15      |
| Cavalo 8  | Fêmea | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 261             | 67        | 442   | 23      | 242         | 74        | 433   | 31      |
| Cavalo 9  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 214             | 58        | 478   | 9       | 211         | 60        | 471   | 9       |
| Cavalo 10 | Macho | 10    | PSL          | Dressage   | 239             | 52        | 378   | 13      | 239         | 58        | 362   | 16      |
| Cavalo 11 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 265             | 89        | 375   | 24      | 246         | 79        | 386   | 17      |
| Cavalo 12 | Fêmea | 13    | Pt Desporto  | Dressage   | 250             | 47        | 412   | 14      | 226         | 76        | 410   | 14      |
| Cavalo 13 | Fêmea | 9     | Holseitner   | Obstáculos | 277             | 74        | 424   | 12      | 255         | 70        | 413   | 15      |
| Cavalo 14 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 221             | 74        | 361   | 20      | 202         | 78        | 348   | 14      |
| Cavalo 15 | Macho | 17    | Hanoveriano  | Obstáculos | 183             | 58        | 419   | 22      | 195         | 61        | 426   | 29      |
| Cavalo 16 | Macho | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 237             | 74        | 380   | 17      | 221         | 60        | 376   | 16      |
| Cavalo 17 | Macho | 18    | Hanoveriano  | Obstáculos | 203             | 73        | 397   | 22      | 223         | 76        | 395   | 16      |
| Cavalo 18 | Macho | 6     | Oldenburgo   | Obstáculos | 247             | 84        | 420   | 13      | 237         | 69        | 415   | 18      |
| Cavalo 19 | Macho | 12    | Sela Francês | Obstáculos | 209             | 92        | 401   | 17      | 183         | 72        | 392   | 22      |
| Cavalo 20 | Macho | 17    | Pt Desporto  | Obstáculos | 229             | 69        | 381   | 17      | 234         | 64        | 392   | 12      |
| Cavalo 21 | Macho | 8     | Holsteiner   | Obstáculos | 173             | 74        | 442   | 34      | 183         | 70        | 432   | 34      |
| Cavalo 22 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 261             | 75        | 387   | 10      | 279         | 71        | 374   | 18      |
| Cavalo 23 | Fêmea | 11    | Cruzado      | Obstáculos | 219             | 62        | 361   | 32      | 208         | 61        | 349   | 17      |
| Cavalo 24 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 231             | 75        | 421   | 33      | 219         | 72        | 404   | 31      |
| Cavalo 25 | Macho | 14    | Holsteiner   | Obstáculos | 236             | 98        | 410   | 25      | 245         | 83        | 411   | 21      |
| Cavalo 26 | Macho | 5     | PSL          | Dressage   | 257             | 65        | 437   | 8       | 246         | 57        | 424   | 13      |
| Cavalo 27 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 251             | 48        | 404   | 13      | 234         | 40        | 396   | 14      |
| Cavalo 28 | Fêmea | 4     | PSL          | Dressage   | 239             | 42        | 392   | 16      | 248         | 39        | 378   | 16      |
| Cavalo 29 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 260             | 33        | 450   | 16      | 257         | 34        | 461   | 12      |
| Cavalo 30 | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 223             | 48        | 433   | 22      | 230         | 40        | 450   | 22      |

## Apêndice VII – Medições em ms do MAD - TROTE

| TROTE     |       |       |              |            | MAD             |           |       |         |             |           |       |         |
|-----------|-------|-------|--------------|------------|-----------------|-----------|-------|---------|-------------|-----------|-------|---------|
|           |       |       |              |            | Antes de ferrar |           |       |         | Após ferrar |           |       |         |
| Nº Equino | Sexo  | Idade | Raça         | Disciplina | M.Stance        | Breakover | Swing | Landing | M.Stance    | Breakover | Swing | Landing |
| Cavalo 1  | Macho | 7     | Hanoveriano  | Dressage   | 253             | 83        | 453   | 16      | 221         | 87        | 445   | 18      |
| Cavalo 2  | Macho | 8     | Cruzado      | Obstáculos | 227             | 91        | 403   | 37      | 242         | 83        | 392   | 28      |
| Cavalo 3  | Fêmea | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 244             | 78        | 442   | 14      | 207         | 60        | 428   | 17      |
| Cavalo 4  | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 250             | 34        | 446   | 20      | 228         | 36        | 433   | 22      |
| Cavalo 5  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 267             | 72        | 444   | 12      | 268         | 68        | 441   | 11      |
| Cavalo 6  | Macho | 11    | Dp.Irlandes  | Obstáculos | 259             | 75        | 399   | 25      | 258         | 65        | 404   | 13      |
| Cavalo 7  | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 251             | 93        | 465   | 12      | 241         | 61        | 474   | 8       |
| Cavalo 8  | Fêmea | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 259             | 56        | 463   | 15      | 256         | 61        | 452   | 11      |
| Cavalo 9  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 214             | 56        | 479   | 9       | 216         | 54        | 473   | 9       |
| Cavalo 10 | Macho | 10    | PSL          | Dressage   | 234             | 55        | 383   | 10      | 236         | 58        | 370   | 12      |
| Cavalo 11 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 264             | 92        | 378   | 18      | 243         | 79        | 384   | 20      |
| Cavalo 12 | Fêmea | 13    | Pt Desporto  | Dressage   | 240             | 45        | 418   | 20      | 247         | 51        | 415   | 14      |
| Cavalo 13 | Fêmea | 9     | Holseitner   | Obstáculos | 260             | 84        | 421   | 22      | 249         | 70        | 418   | 16      |
| Cavalo 14 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 197             | 89        | 357   | 33      | 202         | 70        | 356   | 14      |
| Cavalo 15 | Macho | 17    | Hanoveriano  | Obstáculos | 214             | 48        | 402   | 19      | 195         | 69        | 426   | 21      |
| Cavalo 16 | Macho | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 221             | 73        | 392   | 22      | 215         | 56        | 381   | 22      |
| Cavalo 17 | Macho | 18    | Hanoveriano  | Obstáculos | 211             | 65        | 403   | 17      | 232         | 73        | 394   | 11      |
| Cavalo 18 | Macho | 6     | Oldenburgo   | Obstáculos | 254             | 77        | 411   | 22      | 238         | 65        | 417   | 19      |
| Cavalo 19 | Macho | 12    | Sela Francês | Obstáculos | 202             | 109       | 388   | 21      | 190         | 80        | 377   | 22      |
| Cavalo 20 | Macho | 17    | Pt Desporto  | Obstáculos | 237             | 61        | 370   | 27      | 236         | 68        | 385   | 13      |
| Cavalo 21 | Macho | 8     | Holsteiner   | Obstáculos | 185             | 71        | 440   | 28      | 190         | 71        | 431   | 26      |
| Cavalo 22 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 246             | 80        | 382   | 25      | 273         | 69        | 387   | 12      |
| Cavalo 23 | Fêmea | 11    | Cruzado      | Obstáculos | 216             | 66        | 368   | 24      | 212         | 56        | 355   | 14      |
| Cavalo 24 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 231             | 79        | 410   | 40      | 222         | 78        | 403   | 23      |
| Cavalo 25 | Macho | 14    | Holsteiner   | Obstáculos | 244             | 85        | 416   | 23      | 249         | 74        | 412   | 25      |
| Cavalo 26 | Macho | 5     | PSL          | Dressage   | 259             | 62        | 439   | 7       | 249         | 54        | 428   | 8       |
| Cavalo 27 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 252             | 46        | 407   | 10      | 219         | 39        | 414   | 11      |
| Cavalo 28 | Fêmea | 4     | PSL          | Dressage   | 240             | 47        | 391   | 13      | 246         | 40        | 381   | 14      |
| Cavalo 29 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 264             | 37        | 448   | 12      | 259         | 38        | 455   | 12      |
| Cavalo 30 | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 232             | 44        | 438   | 13      | 238         | 43        | 446   | 14      |

## Apêndice VIII – Medições em ms da diferença MAD/MAE - TROTE

|           |       |       |              |            | TROTE             |           |       |         |             |           |       |         |
|-----------|-------|-------|--------------|------------|-------------------|-----------|-------|---------|-------------|-----------|-------|---------|
|           |       |       |              |            | Diferença MAD/MAE |           |       |         |             |           |       |         |
| Nº Equino | Sexo  | Idade | Raça         | Disciplina | Antes de ferrar   |           |       |         | Após ferrar |           |       |         |
|           |       |       |              |            | M.Stance          | Breakover | Swing | Landing | M.Stance    | Breakover | Swing | Landing |
| Cavalo 1  | Macho | 7     | Hanoveriano  | Dressage   | 2                 | 2         | 1     | 1       | 15          | 13        | 0     | 2       |
| Cavalo 2  | Macho | 8     | Cruzado      | Obstáculos | 14                | 16        | 7     | 4       | 1           | 3         | 1     | 0       |
| Cavalo 3  | Fêmea | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 3                 | 15        | 14    | 2       | 11          | 10        | 0     | 1       |
| Cavalo 4  | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 17                | 10        | 2     | 3       | 3           | 3         | 1     | 5       |
| Cavalo 5  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 2                 | 4         | 1     | 3       | 9           | 0         | 2     | 5       |
| Cavalo 6  | Macho | 11    | Dp.Irlandes  | Obstáculos | 7                 | 5         | 14    | 2       | 2           | 1         | 5     | 6       |
| Cavalo 7  | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 5                 | 18        | 22    | 0       | 10          | 8         | 4     | 6       |
| Cavalo 8  | Fêmea | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 1                 | 10        | 21    | 8       | 14          | 13        | 19    | 20      |
| Cavalo 9  | Macho | 7     | Pt Desporto  | Dressage   | 0                 | 1         | 1     | 0       | 4           | 6         | 2     | 0       |
| Cavalo 10 | Macho | 10    | PSL          | Dressage   | 4                 | 2         | 4     | 2       | 3           | 0         | 7     | 4       |
| Cavalo 11 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 0                 | 3         | 2     | 5       | 2           | 0         | 1     | 3       |
| Cavalo 12 | Fêmea | 13    | Pt Desporto  | Dressage   | 10                | 1         | 5     | 6       | 20          | 25        | 4     | 0       |
| Cavalo 13 | Fêmea | 9     | Holseitner   | Obstáculos | 16                | 9         | 3     | 10      | 6           | 0         | 5     | 0       |
| Cavalo 14 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 23                | 14        | 3     | 13      | 0           | 7         | 7     | 0       |
| Cavalo 15 | Macho | 17    | Hanoveriano  | Obstáculos | 30                | 9         | 17    | 3       | 0           | 7         | 0     | 8       |
| Cavalo 16 | Macho | 9     | Pt Desporto  | Obstáculos | 16                | 1         | 12    | 12      | 6           | 3         | 4     | 6       |
| Cavalo 17 | Macho | 18    | Hanoveriano  | Obstáculos | 7                 | 7         | 5     | 5       | 9           | 3         | 0     | 5       |
| Cavalo 18 | Macho | 6     | Oldenburgo   | Obstáculos | 7                 | 6         | 9     | 8       | 0           | 4         | 2     | 1       |
| Cavalo 19 | Macho | 12    | Sela Francês | Obstáculos | 6                 | 16        | 13    | 3       | 7           | 8         | 14    | 0       |
| Cavalo 20 | Macho | 17    | Pt Desporto  | Obstáculos | 8                 | 7         | 11    | 9       | 1           | 4         | 6     | 1       |
| Cavalo 21 | Macho | 8     | Holsteiner   | Obstáculos | 11                | 2         | 2     | 6       | 7           | 1         | 1     | 7       |
| Cavalo 22 | Macho | 12    | PSL          | Dressage   | 15                | 5         | 4     | 14      | 5           | 2         | 13    | 6       |
| Cavalo 23 | Fêmea | 11    | Cruzado      | Obstáculos | 2                 | 3         | 6     | 7       | 3           | 5         | 5     | 3       |
| Cavalo 24 | Macho | 12    | Cruzado      | Obstáculos | 0                 | 4         | 11    | 7       | 2           | 6         | 0     | 8       |
| Cavalo 25 | Macho | 14    | Holsteiner   | Obstáculos | 7                 | 12        | 6     | 1       | 4           | 8         | 0     | 3       |
| Cavalo 26 | Macho | 5     | PSL          | Dressage   | 1                 | 2         | 1     | 0       | 2           | 2         | 4     | 4       |
| Cavalo 27 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 1                 | 1         | 2     | 3       | 14          | 0         | 17    | 2       |
| Cavalo 28 | Fêmea | 4     | PSL          | Dressage   | 0                 | 4         | 1     | 3       | 1           | 0         | 3     | 2       |
| Cavalo 29 | Macho | 4     | PSL          | Dressage   | 3                 | 3         | 2     | 4       | 2           | 4         | 6     | 0       |
| Cavalo 30 | Macho | 7     | PSL          | Dressage   | 8                 | 3         | 4     | 9       | 7           | 2         | 3     | 7       |

## Apêndice IX – Média, Desvio Padrão, Intervalo de Confiança – PASSO

|       |                                         |           | Média   | Desvio padrão | 95% Intervalo de confiança |                 |
|-------|-----------------------------------------|-----------|---------|---------------|----------------------------|-----------------|
|       |                                         |           |         |               | Limite inferior            | Limite superior |
| Passo | MAE<br>Antes de ferrar                  | Midstance | 610,43  | 11,289        | 587,34                     | 633,52          |
|       |                                         | Breakover | 141,83  | 5,060         | 131,49                     | 152,18          |
|       |                                         | Swing     | 441,23  | 5,119         | 430,76                     | 451,7           |
|       |                                         | Landing   | 18,93   | 1,907         | 15,03                      | 22,83           |
|       | MAE<br>Após de ferrar                   | Midstance | 591,97  | 9,924         | 571,67                     | 612,26          |
|       |                                         | Breakover | 138,13  | 5,437         | 127,01                     | 149,25          |
|       |                                         | Swing     | 439,00  | 5,407         | 427,94                     | 450,06          |
|       |                                         | Landing   | 19,97   | 2,499         | 14,85                      | 25,08           |
|       | MAD<br>Antes de ferrar                  | Midstance | 600,30  | 11,347        | 577,09                     | 623,51          |
|       |                                         | Breakover | 146,73  | 5,672         | 135,13                     | 158,33          |
|       |                                         | Swing     | 442,57  | 5,599         | 431,12                     | 454,02          |
|       |                                         | Landing   | 22,60   | 2,111         | 18,28                      | 26,92           |
|       | MAD<br>Após de ferrar                   | Midstance | 587,67  | 10,627        | 565,93                     | 609,4           |
|       |                                         | Breakover | 138,80  | 5,296         | 127,97                     | 149,63          |
|       |                                         | Swing     | 441,13  | 6,130         | 428,6                      | 453,67          |
|       |                                         | Landing   | 21,30   | 2,661         | 15,86                      | 26,74           |
|       | Diferença<br>MAE/MAD<br>Antes de ferrar | Midstance | 17,17   | 2,511         | 12,03                      | 22,3            |
|       |                                         | Breakover | 10,17   | 1,869         | 6,34                       | 13,99           |
|       |                                         | Swing     | 9,70    | 1,733         | 6,15                       | 13,25           |
|       |                                         | Landing   | 7,13    | 1,108         | 4,87                       | 9,4             |
|       | Diferença<br>MAE/MAD<br>Após de ferrar  | Mistance  | 10,87   | 1,742         | 7,3                        | 14,43           |
|       |                                         | Breakover | 9,30    | 1,234         | 6,78                       | 11,82           |
|       |                                         | Swing     | 11,93   | 1,696         | 8,47                       | 15,4            |
|       |                                         | Landing   | 7,40    | 1,967         | 3,38                       | 11,42           |
|       | Passada<br>Antes de ferrar              | Stride    | 1212,53 | 14,368        | 1183,15                    | 1241,92         |
|       | Passada<br>Após de ferrar               | Stride    | 1190,53 | 13,396        | 1163,14                    | 1217,93         |

## Apêndice X – Média, Desvio Padrão, Intervalo de Confiança – TROTE

|       |                                         |           | Média  | Desvio padrão | 95% Intervalo de confiança |                 |
|-------|-----------------------------------------|-----------|--------|---------------|----------------------------|-----------------|
|       |                                         |           |        |               | Limite inferior            | Limite superior |
| Trote | MAE<br>Antes de ferrar                  | Midstance | 238,17 | 4,517         | 228,93                     | 247,41          |
|       |                                         | Breakover | 67,17  | 2,849         | 61,34                      | 72,99           |
|       |                                         | Swing     | 416,23 | 6,072         | 403,81                     | 428,65          |
|       |                                         | Landing   | 19,07  | 1,36          | 16,28                      | 21,85           |
|       | MAE<br>Após ferrar                      | M. Stance | 231    | 4,083         | 222,65                     | 239,35          |
|       |                                         | Breakover | 63,47  | 2,607         | 58,14                      | 68,8            |
|       |                                         | Swing     | 410,37 | 6,041         | 398,01                     | 422,72          |
|       |                                         | Landing   | 18,80  | 1,183         | 16,38                      | 21,22           |
|       | MAD<br>Antes de ferrar                  | Midstance | 237,57 | 3,981         | 229,42                     | 245,71          |
|       |                                         | Breakover | 68,43  | 3,435         | 61,41                      | 75,46           |
|       |                                         | Swing     | 415,20 | 5,820         | 403,3                      | 427,1           |
|       |                                         | Landing   | 19,53  | 1,487         | 16,49                      | 22,57           |
|       | MAD<br>Após ferrar                      | Midstance | 232,57 | 4,071         | 224,24                     | 240,89          |
|       |                                         | Breakover | 62,53  | 2,527         | 57,36                      | 67,7            |
|       |                                         | Swing     | 412,57 | 5,870         | 400,56                     | 424,57          |
|       |                                         | Landing   | 16,00  | 1,017         | 13,92                      | 18,08           |
|       | Diferença<br>MAE/MAD<br>Antes de ferrar | Midstance | 7,53   | 1,358         | 4,76                       | 10,31           |
|       |                                         | Breakover | 6,50   | 0,949         | 4,56                       | 8,44            |
|       |                                         | Swing     | 6,87   | 1,119         | 4,58                       | 9,16            |
|       |                                         | Landing   | 5,10   | 0,710         | 3,65                       | 6,55            |
|       | Diferença<br>MAE/MAD<br>Após ferrar     | Midstance | 5,67   | 0,936         | 3,75                       | 7,58            |
|       |                                         | Breakover | 4,93   | 0,970         | 2,95                       | 6,92            |
|       |                                         | Swing     | 4,53   | 0,923         | 2,65                       | 6,42            |
|       |                                         | Landing   | 3,83   | 0,741         | 2,32                       | 5,35            |
|       | Passada<br>Antes de ferrar              | Stride    | 742,23 | 7,487         | 726,92                     | 757,55          |
|       | Passada<br>Após ferrar                  | Stride    | 725,27 | 7,296         | 710,34                     | 740,19          |

## Apêndice XI – Análise do valor de p das diferenças entre variáveis antes e após ferrar - PASSO

| PASSO                                                         | Média das diferenças entre variáveis | Desvio padrão | Erro padrão | 95% Intervalo de confiança da diferença |                 | t      | Valor de P |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|-----------------------------------------|-----------------|--------|------------|
|                                                               |                                      |               |             | Limite Inferior                         | Limite Superior |        |            |
| <b>midstance</b><br>MAE Antes e Após Ferrar                   | 18,467                               | 34,321        | 6,266       | 5,651                                   | 31,282          | 2,947  | 0,006      |
| <b>breakover</b><br>MAE Antes e Após Ferrar                   | 3,7                                  | 11,466        | 2,093       | -0,581                                  | 7,981           | 1,768  | 0,088      |
| <b>swing</b><br>MAE Antes e Após Ferrar                       | 2,233                                | 12,475        | 2,278       | -2,425                                  | 6,892           | 0,981  | 0,335      |
| <b>landing</b><br>MAE Antes e Após Ferrar                     | -1,033                               | 9,547         | 1,743       | -4,598                                  | 2,531           | -0,593 | 0,558      |
| <b>midstance</b><br>MAD Antes e Após Ferrar                   | 12,633                               | 29,671        | 5,417       | 1,554                                   | 23,713          | 2,332  | 0,027      |
| <b>breakover</b><br>MAD Antes e Após Ferrar                   | 7,933                                | 16,739        | 3,056       | 1,683                                   | 14,184          | 2,596  | 0,015      |
| <b>swing</b><br>MAD Antes e Após Ferrar                       | 1,433                                | 11,215        | 2,048       | -2,754                                  | 5,621           | 0,7    | 0,489      |
| <b>landing</b><br>MAD Antes e Após Ferrar                     | 1,3                                  | 8,039         | 1,468       | -1,702                                  | 4,302           | 0,886  | 0,383      |
| <b>midstance</b><br>Diferença MAD/ MAE<br>Antes e Após Ferrar | 6,3                                  | 18,521        | 3,382       | -0,616                                  | 13,216          | 1,863  | 0,073      |
| <b>breakover</b><br>Diferença MAD/ MAE<br>Antes e Após Ferrar | 0,867                                | 13,423        | 2,451       | -4,146                                  | 5,879           | 0,354  | 0,726      |
| <b>swing</b><br>Diferença MAD/ MAE<br>Antes e Após Ferrar     | -2,233                               | 9,324         | 1,702       | -5,715                                  | 1,248           | -1,312 | 0,2        |
| <b>landing</b><br>Diferença MAD/ MAE<br>Antes e Após Ferrar   | -0,267                               | 8,208         | 1,499       | -3,332                                  | 2,798           | -0,178 | 0,86       |
| <b>stride</b><br>Antes e Após Ferrar                          | 22                                   | 32,744        | 5,978       | 9,773                                   | 34,227          | 3,68   | <0,001     |

## Apêndice XII – Análise do valor de p das diferenças entre variáveis antes e após ferrar - TROTE

| TROTE                                                      | Média das diferenças entre variáveis | Desvio padrão | Erro padrão | 95% Intervalo de confiança da diferença |                 | t     | Valor de P |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|-----------------------------------------|-----------------|-------|------------|
|                                                            |                                      |               |             | Limite Inferior                         | Limite Superior |       |            |
| <b>midstance</b><br>MAE Antes e Após Ferrar                | 7,167                                | 13,578        | 2,479       | 2,097                                   | 12,237          | 2,891 | 0,007      |
| <b>breakover</b><br>MAE Antes e Após Ferrar                | 3,7                                  | 9,403         | 1,717       | 0,189                                   | 7,211           | 2,155 | 0,04       |
| <b>swing</b><br>MAE Antes e Após Ferrar                    | 5,867                                | 10,988        | 2,006       | 1,764                                   | 9,97            | 2,924 | 0,007      |
| <b>landing</b><br>MAE Antes e Após Ferrar                  | 0,267                                | 5,304         | 0,968       | -1,714                                  | 2,247           | 0,275 | 0,785      |
| <b>midstance</b><br>MAD Antes e Após Ferrar                | 5                                    | 14,98         | 2,735       | -0,594                                  | 10,594          | 1,828 | 0,078      |
| <b>breakover</b><br>MAD Antes e Após Ferrar                | 5,9                                  | 11,201        | 2,045       | 1,717                                   | 10,083          | 2,885 | 0,007      |
| <b>swing</b><br>MAD Antes e Após Ferrar                    | 2,633                                | 9,686         | 1,768       | -0,984                                  | 6,25            | 1,489 | 0,147      |
| <b>landing</b><br>MAD Antes e Após Ferrar                  | 3,533                                | 6,318         | 1,153       | 1,174                                   | 5,892           | 3,063 | 0,005      |
| <b>midstance</b><br>Diferença MAD/ MAE Antes e Após Ferrar | 1,867                                | 10,03         | 1,831       | -1,879                                  | 5,612           | 1,019 | 0,316      |
| <b>breakover</b><br>Diferença MAD/ MAE Antes e Após Ferrar | 1,567                                | 6,771         | 1,236       | -0,961                                  | 4,095           | 1,267 | 0,215      |
| <b>swing</b><br>Diferença MAD/ MAE Antes e Após Ferrar     | 2,333                                | 7,097         | 1,296       | -0,317                                  | 4,983           | 1,801 | 0,082      |
| <b>landing</b><br>Diferença MAD/ MAE Antes e Após Ferrar   | 1,267                                | 5,232         | 0,955       | -0,687                                  | 3,22            | 1,326 | 0,195      |
| <b>stride</b><br>Antes e Após Ferrar                       | 16,967                               | 21,336        | 3,895       | 9                                       | 24,933          | 4,356 | <0,001     |

## **ANEXOS**

## Anexo I – Tabelas com as medições em ms efectuadas pelo aparelho Black Werkman Lite©

