

# USO DE UM SISTEMA DE ANÁLISE DE CLAUDICAÇÃO EM EQUINOS ASSENTE EM VISÃO COMPUTACIONAL NA AVALIAÇÃO DAS ASSIMETRIAS LOCOMOTORAS E DO EFEITO DO PESO DO CAVALEIRO

Mariana Inês Lima Matos Costa

Equinicultura

2025

MARIANA INÊS LIMA MATOS COSTA

Uso de um sistema de análise de claudicação em equinos assente em visão computacional na avaliação das assimetrias locomotoras e do efeito do peso do cavaleiro

Relatório de estágio curricular do tipo II – Introdução às Atividades de I&DE, apresentado para obtenção do grau de licenciado em EQUINICULTURA conferido pelo Instituto Politécnico de Portalegre

Orientador interno: Cheila de Matos David

Arguente: Miguel Minas

Presidente do Júri: Carolina Silva

Classificação: 19 valores

Escola Superior de Biociências de Elvas

2025

# Agradecimentos

Agradecer.... Tenho tanto a agradecer

Agradecer a duas Professoras, que, por motivos tão parecidos, mas tão diferentes me marcaram a mim e ao meu percurso.

Agradecer à Professora Rute Santos que demonstrou ser a mais durona, mas que ao longo destes 3 anos permitiu ver o seu coração meigo e o quanto gosta do que faz pelo tanto que dá: desde as aulas produtivas de diferentes cadeiras em que de facto senti que aprendi, aquelas aulas em que só nós sabemos o quão produtivas eram...

Agradecer para o resto da minha vida, à Professora Cheila David, que para além de orientadora de estágio, foi realmente orientadora de vida, expectativas, desgostos, receios, aprendizagens e conquistas. Desde pneus furados, mudanças, salvamentos de ovelhas e vacas, nascimento de poldros, perdas de outros, lágrimas, sorrisos e muitas horas dentro do híbrido 4x4, foram 5 meses que souberam a tanto. Mostrou-me que é possível ver o copo meio cheio, nem tudo é mau numa tempestade e que estamos sempre a tempo de mudar. Muito muito obrigada Doutora Cheila.

Ser Mulher é isto mesmo, ser tanto e querer ser mais. Em contextos tão diferentes mas em algo tão iguais, estas duas grandes Mulheres fazem-me (e acredito que a outras também) querer ser um bocadinho do que elas são durante o filme caótico que é a vida. Sem dúvida que são o que faz esta escola ser o que é: a casa dos últimos 3 anos a que custa tanto dizer adeus.

Agradecer aos professores Carlota Duarte e José Freitas, sem eles o percurso tinha sido TÃO diferente. Estiveram lá quando eu não sabia o que estava a fazer, quando só sentia frustração, quando senti medo, quando me senti muito chateada, quando senti felicidade, quando senti que não conseguia, quando consegui, quando mesmo à milésima vez eu não entendia e perdiam tempo a explicar. Obrigada por me terem deixado chorar, rir, aprender e crescer com vocês. Serão sempre o princípio.

Deixar o meu grande obrigada aos meus pais, patrocinadores oficiais, que apesar de terem duvidado da minha escolha há 3 anos atrás, acabaram por perceber que estava a fazer o meu caminho e que de facto estou a descobrir o que me faz realmente feliz. Obrigada papás.

Um obrigada diferente às minhas estrelinhas, que sei que, onde quer que estejam, de certeza que uma está a fazer beicinho e a chorar, e a outra, a sorrir com o sorriso mais meigo que conheço. Mas, ambos orgulhosos. Obrigada vô, obrigada vó.

Agradecer de forma especial às minhas amigas Carolina e Tia Bea por terem sido colinho tantas vezes, por me manterem à tona durante estes 3 anos que só vocês sabem como foi vivê-los. Que montanha russa que atravessámos mas não podia pedir melhor companhia, que seja para sempre assim.

Quero também agradecer à minha Lexa, a égua do meu coração, sem ela provavelmente não estaria neste momento a concluir esta licenciatura. *Lexita, you were more than a wonderfull ride.* À Pipa e à Gaia que apesar da dor de cabeça enorme que me deram, ouviram cada apresentação oral vezes sem conta, ouviram-me reclamar, chorar, rir e muito mais. Sobreviveram a 3 anos de caos, 1 licenciatura, 5 casas diferentes, um coração partido, praxe, casa das várias tias, amigos cavalos e passeios longos.

Por último mas talvez o mais importante, agradecer a mim por me ter permitido arriscar, sair de uma licenciatura quase concluída para uma que não sabia se ia resultar. Entrei aqui sem saber quem era ou o que queria, ao certo. Hoje, ao sair, sei com certeza quem sou e o que realmente quero fazer para o resto da vida.

# Resumo

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a influência do peso do cavaleiro na locomoção do cavalo no trote, através da análise de assimetrias locomotoras detetadas por um sistema baseado em visão computacional – SLEIP®. A questão de investigação prende-se com a crescente preocupação em torno do bem-estar dos equinos. Para tal, foram realizados ensaios com quatro cavalos de escola, avaliados em piso duro e piso mole, em três condições distintas: conduzidos à mão, e montados por um cavaleiro de 71,5 kg e por outro de 90 kg. A recolha de dados incluiu filmagens dos animais a trote e posterior análise automática dos vídeos pela aplicação SLEIP, que quantificou assimetrias nos membros anteriores e posteriores nas fases de impacto e impulsão. Adicionalmente, aplicou-se uma escala de desconforto baseada num etograma de dor para cavalos montados. Os resultados demonstraram a influência do peso do cavaleiro nos padrões de assimetria locomotora, mas também da distribuição desse peso pelas diagonais a trote e do tipo de piso, tanto nas assimetrias primárias como nas assimetrias compensatórias. Embora os valores situados no rácio aceitável de peso cavaleiro: cavalo (10-20%) possam minimizar os efeitos negativos, a técnica e experiência do cavaleiro também desempenham um papel relevante na compensação das assimetrias. Em alguns casos, a presença do cavaleiro reduziu a expressão de claudicações subtis. As alterações observadas indicam que a adição de peso pode exacerbar assimetrias já existentes ou revelar compensações biomecânicas, o que reforça a necessidade de considerar o binómio cavalo-cavaleiro na avaliação da locomoção. Conclui-se que ferramentas objetivas como o SLEIP, aliadas à análise comportamental, são fundamentais para uma gestão mais rigorosa e ética do treino e do bem-estar dos cavalos.

Palavras-chave: peso; cavaleiro; locomoção do cavalo; assimetria; SLEIP; bem-estar do cavalo, claudicação.

# Abstract

The present study aimed primarily to assess the influence of rider weight on horse locomotion at the trot, through the analysis of locomotor asymmetries detected by a computer vision-based system – SLEIP®. The research question stems from the growing concern around equine welfare. To this end, tests were conducted using four school horses, evaluated on both hard and soft surfaces under three distinct conditions: led in hand, ridden by a 71.5 kg rider, and ridden by a 90 kg rider. Data collection included video recordings of the horses trotting, followed by automatic analysis of the footage using the SLEIP application, which quantified asymmetries in the forelimbs and hindlimbs during impact and push-off phases. Additionally, a discomfort scale based on a ridden-horse pain ethogram was applied. The results demonstrated the influence of rider weight on locomotor asymmetry patterns, as well as the effect of how that weight is distributed across the diagonal pairs during trot and the type of surface, in both primary and compensatory asymmetries. Although values within the acceptable rider-to-horse weight ratio (10–20%) may minimize negative effects, rider technique and experience also play an important role in compensating for asymmetries. In some cases, the rider's presence reduced the expression of subtle lameness. The observed changes suggest that adding weight may exacerbate existing asymmetries or reveal biomechanical compensations, reinforcing the need to consider the horse–rider combination when assessing locomotion. It is concluded that objective tools such as SLEIP, combined with behavioural analysis, are essential for more rigorous and ethical management of horse training and welfare.

Key words: weight; rider; horse locomotion; asymmetry; SLEIP; horse welfare, lameness.

# Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

C – *Compensatory* (compensatório)

CdM – Centro de Massa

Cm – Centímetros

ESBE – Escola Superior de Biociências de Elvas

F – *Front* (anterior)

GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

H – *Hind* (posterior)

IA – Inteligência Artificial

IMU – *Inertial Measurement Unit* (sensores de inércia)

iOS – *iPhone Operating System*

Kg – Quilograma

L – *Left* (esquerdo)

LF – *Left front* (membro anterior esquerdo)

LH - *Left hind* (membro posterior esquerdo)

M – Metro

*Max\_diff* – diferença máxima

*Min\_diff* – diferença mínima

P – *Primary* (primário)

QTM – *Qualisys Track Manager*

R – *Right* (direito)

RF – *Right front* (membro anterior direito)

RH – *Right hind* (membro posterior direito)

# Índice Geral

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	v
Índice Geral.....	vi
Índice de Quadros.....	viii
Índice de Figuras.....	ix
1. Introdução e Objetivos.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objetivos.....	2
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. Influência do peso do cavaleiro na locomoção do cavalo.....	4
2.2. Fases da passada e intervenção do sistema locomotor na fase de apoio.....	6
2.3. Exame de claudicações.....	9
2.4. Sistemas objetivos de quantificação das claudicações.....	11
3. Materiais e Métodos.....	14
3.1. Caracterização dos cavaleiros e dos cavalos.....	14
3.1.1. Cavaleiros no estudo.....	14
3.1.2. Cavalos no estudo.....	14
3.2. Metodologia.....	15
3.2.1. Organização das gravações.....	17
3.2.2. Processo das gravações.....	18
3.2.3. Processamento dos dados obtidos.....	19
4. Resultados.....	20
4.1. Observação de sinais de desconforto e apreciação da relação entre o peso corporal do cavalo e do cavaleiro.....	20
4.2. Análise objetiva das assimetrias.....	21
5. Discussão.....	25
5.1. Sinais de desconforto e rácio peso do cavaleiro: peso do cavalo.....	25
5.2. Assimetrias detetadas no cavalo A.....	25
5.3. Assimetrias detetadas no cavalo B.....	27
5.3. Assimetrias detetadas no cavalo C.....	29

5.5. Assimetrias detetadas no cavalo D.....	30
6. Conclusões.....	32
7. Bibliografia .....	34
Anexos.....	37
Anexo 1: Tradução do <i>Riding Horse Pain Ethogram</i> (etograma de dor para cavalos montados) (Dyson et al., 2018).....	37
Anexo 2: Número de passadas válidas registadas pela aplicação SLEIP IA em cada uma das gravações de vídeo.....	38
Anexo 3: Representação gráfica do princípio da “ <i>Law of Sides</i> ” (lei dos lados) (Bragança, 2025). .....	39

# Índice de Quadros

Quadro 1 - Tabela resumo da relação entre as fases da passada e as Assimetrias de Impacto e Impulso (adaptado de SLEIP AI AB, 2024) .....	10
Quadro 2 – Principais diferenças entre os sistemas de análise.....	13
Quadro 3 - Alturas e pesos dos cavalos no estudo.....	15
Quadro 4 – Capturas de vídeo com a aplicação SLEIP® .....	17
Quadro 5 – Scores obtidos pela aplicação do <i>Riding Horse Pain Ethogram</i> .....	20
Quadro 6 - Rácio do peso cavaleiro: cavalo.....	21
Quadro 7 – Assimetrias detetadas no cavalo A .....	21
Quadro 8 – Assimetrias detetadas no cavalo B.....	22
Quadro 9 – Assimetrias detetadas no cavalo C .....	23
Quadro 10 – Assimetrias detetadas no cavalo D.....	23

# Índice de Figuras

Figura 1 - Peso suportado pelos membros anteriores e posteriores do cavalo (Adaptado de Clayton, MacKechnie-Guire & Hobbs, 2023).....	5
Figura 2 - Fase de apoio e fase de voo da passada do membro anterior do cavalo. Adaptado de: Denoix, 2014.....	6
Figura 3 - Fase de apoio e fase de voo da passada do membro posterior do cavalo. Adaptado de: Denoix, 2014.....	7
Figura 4 – Resumo gráfico produzido pela aplicação SLEIP IA. Identificação da assimetria <i>push-off</i> leve no membro anterior direito (RF) e posterior direito (RH).....	16
Figura 5 – Quantificação da assimetria produzida pela aplicação SLEIP IA.....	16
Figura 6 – Representação gráfica da consistência da assimetria produzida pela aplicação SLEIP IA.....	17
Figura 7 – Resumo gráfico – Cavalo A – Trote à Mão.....	26
Figura 8 – Resumo gráfico – Cavalo B – Trote à Mão.....	27
Figura 9 – Resumo gráfico – Cavalo B – Cavaleiro I - Piso Mole.....	28
Figura 10 – Resumo gráfico – Cavalo C – Trote à Mão.....	29
Figura 11 – Resumo gráfico – Cavalo D – Trote à Mão.....	30

# I. Introdução e Objetivos

## I.1. Introdução

As aulas de equitação desempenham um papel fundamental na indústria equina, sendo uma das principais fontes de rendimento e de promoção da prática equestre. Para responder à elevada procura e garantir a viabilidade económica, muitos centros hípicas adotam regimes intensivos, nos quais os cavalos são montados várias vezes por dia por cavaleiros de diferentes níveis de experiência. No entanto, apesar da sua relevância, existe ainda escassa orientação científica relativamente aos impactos físicos e comportamentais deste tipo de utilização intensiva. Como consequência, os responsáveis pela gestão destes programas de ensino dispõem de informação limitada para tomar decisões de manejo que assegurem verdadeiramente o bem-estar dos equinos (Strunk, 2017).

Neste contexto, a sobrecarga dos cavalos tornou-se uma preocupação crescente entre veterinários, treinadores, cavaleiros e defensores do bem-estar animal. Um dos fatores mais debatidos é o peso do cavaleiro, que pode influenciar negativamente vários parâmetros biomecânicos, fisiológicos, bioquímicos e comportamentais dos equinos durante o exercício. O excesso de peso do cavaleiro pode causar assimetrias na marcha, claudicação e sinais de desconforto nos cavalos (Bukhari, McElligott, & Parkes, 2021).

De acordo com Clayton, MacKechnie-Guire e Hobbs (2023), a equitação deve basear-se na harmonia entre cavalo e cavaleiro, ou seja, uma parceria biomecânica onde o equilíbrio, a simetria e o respeito mútuo são essenciais. No entanto, essa harmonia pode ser comprometida por diversos fatores, entre os quais o peso do cavaleiro que se destaca como um dos mais determinantes.

A forma como esse peso é distribuído sobre a sela, bem como a sua proporção em relação ao peso do cavalo, influencia diretamente os andamentos do cavalo - nomeadamente o passo, trote e galope - e pode afetar a sua resistência física, coordenação motora e saúde musculoesquelética. Alterações na distribuição de carga podem modificar a biomecânica natural do cavalo, interferindo no seu equilíbrio, provocando tensões musculares ou articulares, e desencadeando reações de resistência ou dor.

Estudos como os de Powell et al. (2008) e Dyson et al. (2019) sugerem que a relação ideal entre o peso do cavaleiro e o peso do cavalo deve situar-se entre 10% e 20%. Acima deste intervalo, observam-se alterações na cadência, fluidez e simetria dos andamentos, bem como sinais crescentes de desconforto físico e psicológico.

O peso do cavaleiro na sela pode influenciar diretamente o bem-estar do cavalo, uma vez que alterações na distribuição de carga podem provocar dor e desconforto físico. De acordo com Dyson (2022), o peso do cavaleiro foi identificado como fator que afeta o score da escala de avaliação do desconforto em cavalos montados (*Riding Horse Pain Ethogram*) (Dyson, Berger, Ellis, & Mullard, 2018). Este desconforto físico manifesta-se frequentemente através de alterações comportamentais, sendo que se observou uma forte correlação entre diversos marcadores de comportamento e a presença de claudicação em equinos (Dyson, Berger, Ellis, & Mullard, 2018). Assim, comportamentos como resistências, relutância ou sinais de desconforto poderão estar diretamente ligados ao peso do cavaleiro e funcionam como indicadores valiosos do impacto sobre o bem-estar do animal. Segundo Clayton, Dyson, Harris e Bondi (2015), reconhece-se que o tamanho inadequado do cavaleiro pode possuir implicações significativas para o bem-estar físico e mental do cavalo, tornando essencial a monitorização cuidadosa destes fatores para garantir uma prática equestre ética e segura.

Tendo em conta esta problemática, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar a influência do peso do cavaleiro na locomoção do cavalo a trote, com base na revisão da literatura científica e na observação prática, recorrendo ao apoio de tecnologias de inteligência artificial (IA), nomeadamente o sistema SLEIP. Pretende-se compreender quais os impactos mais relevantes desta variável e identificar limites aceitáveis para uma prática equestre que privilegie o bem-estar animal e a performance equilibrada.

Parte-se da hipótese de que um aumento significativo no peso do cavaleiro compromete negativamente os andamentos do cavalo, afetando a sua fluidez, ritmo e conforto. Quando os limites fisiológicos do animal são ultrapassados, podem emergir lesões, alterações comportamentais e, em última instância, uma degradação da relação cavalo-cavaleiro.

## 1.2. Objetivos

Este estudo tem como objetivo geral avaliar o impacto da presença do cavaleiro e do seu peso na deteção de assimetria locomotora através de um software de análise locomotora baseado em Inteligência Artificial.

De forma mais específica, pretende-se utilizar a metodologia de análise locomotora baseada em rastreamento de referências anatómicas através de IA para deteção de assimetrias em cavalos a trote, comparar os níveis de assimetria detetados nos cavalos conduzidos à mão com os detetados nos cavalos montados por dois cavaleiros com pesos corporais distintos, avaliar o impacto do transporte de peso e do rácio “peso transportado”/“peso corporal do cavalo” na manifestação de assimetria e de manifestações visíveis de desconforto, assegurando a proteção

do bem-estar do animal. E, por fim, explorar a utilidade das novas tecnologias na monitorização da locomoção e do treino de equinos.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Influência do peso do cavaleiro na locomoção do cavalo

O dorso do cavalo é uma região extremamente sensível e desempenha um papel fundamental na comunicação entre cavaleiro e cavalo. Esta sensibilidade é tal que o peso do cavaleiro e a posição do seu assento integram o conjunto das chamadas “ajudas naturais” na equitação. Veloso (2009) considera que as ajudas são os meios de que o cavaleiro dispõe para se relacionar com o cavalo, transmitindo-lhe — ou mesmo impondo-lhe — a sua vontade. Estas subdividem-se em ajudas naturais, que são produzidas diretamente pelo corpo do cavaleiro (como o peso, as pernas e as mãos), e ajudas artificiais, que incluem instrumentos externos, como a vara ou as esporas.

O cavaleiro influencia ativamente o desempenho do cavalo através da aplicação destas ajudas, que funcionam com base em mudanças de pressão sobre áreas específicas do corpo do animal (Clayton, MacKechnie-Guire, & Hobbs, 2023). Dentro dessas ajudas, o peso e os movimentos do cavaleiro têm efeitos particularmente marcantes, não só do ponto de vista comunicacional, mas também biomecânico.

O acréscimo de peso, seja ele vivo (como o cavaleiro) ou morto (por exemplo, equipamento adicional), sobre o dorso do cavalo está associado a alterações significativas na sua estrutura biomecânica. Um dos efeitos observados é o aumento da flexão da articulação lombossacral, provocando uma inclinação ventral da coluna lombar no sentido caudal-cranial. O afundamento da coluna toracolombar tende a aumentar proporcionalmente à carga aplicada, podendo ser comparado a uma estante sobrecarregada: quanto maior o peso do cavaleiro e/ou mais longo o dorso do cavalo, maior a probabilidade de cedência estrutural ao nível médio da coluna.

Estudos biomecânicos demonstram ainda que, durante o trote com carga, a terceira vértebra lombar e a tuberosidade sacral apresentam menores excursões verticais quando comparadas ao trote à mão, ou seja, sem cavaleiro. Estas alterações estão associadas a uma maior extensão da coluna toracolombar, evidenciando a resposta do corpo do cavalo ao peso transportado (Clayton, MacKechnie-Guire, & Hobbs, 2023).

Para compreender melhor estas dinâmicas, é essencial introduzir alguns conceitos anatómicos e físicos. Quando o cavaleiro se encontra sentado na sela, o seu centro de massa (CdM) deve estar o mais alinhado possível com o CdM do cavalo, localizado sensivelmente ao nível da vértebra torácica 14 (Buchner et al., 2000). Uma linha vertical traçada a partir do CdM do cavalo encontra o solo a cerca de 58% do comprimento da base de apoio medida a partir dos membros posteriores em direção aos anteriores. Isto significa que os membros anteriores suportam

aproximadamente 58% do peso corporal do cavalo, enquanto os posteriores suportam os restantes 42% (Heim et al., 2016). Assim, qualquer alteração no equilíbrio ou na distribuição de peso do cavaleiro pode ter um impacto direto na distribuição de forças sobre o sistema músculo-esquelético do animal.

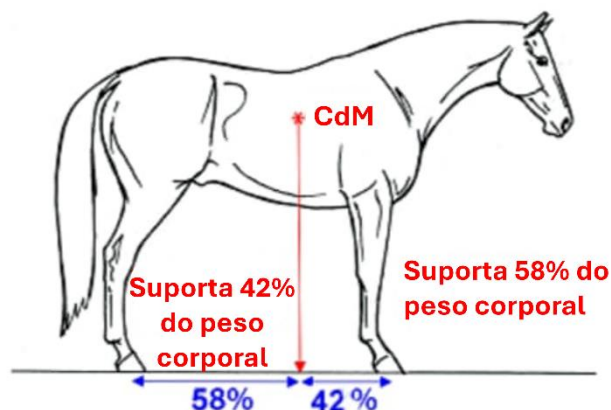


FIGURA 1 – PESO SUPORTADO PELOS MEMBROS ANTERIORES E POSTERIORES DO CAVALO (ADAPTADO DE CLAYTON, MACKECHNIE-GUIRE & HOBBS, 2023).

Bukhari, McElligott e Parkes (2021) concluíram que o excesso de trabalho e sobrecarga têm sido relatados como os problemas mais importantes em cavalos de trabalho. A sobrecarga é definida como o peso a partir do qual o ritmo do andamento do cavalo é perturbado, tendo como consequência claudicação e alteração do comportamento.

Desta forma, torna-se evidente que o peso do cavaleiro não é um fator neutro na equitação. Pelo contrário, trata-se de uma variável crítica tanto para o desempenho desportivo quanto para a manutenção da saúde e bem-estar do cavalo, exigindo conhecimento técnico e sensibilidade não só por parte do praticante, mas também de treinadores e instrutores responsáveis pelo planeamento e supervisão do trabalho dos equinos.

Além da necessidade geral de evitar o excesso de peso devido a preocupações com a saúde e o desempenho físico, os atletas equestres sentem pressão adicional para manter um peso controlado devido aos dois fatores diferentes: o impacto de uma estrutura corporal maior no desempenho equestre, ou seja, em disciplinas que transmitem um julgamento estético e subjetivo, como a Dressage (Forino, Cameron, Stones, & Freeman, 2021), e questões associadas ao bem-estar e ao desempenho de seus equivalentes equinos (Challinor, Randle, & Williams, 2021).

Portanto, embora seja amplamente reconhecido que uma constituição física inadequada do cavaleiro tem implicações no bem-estar dos cavalos (Clayton, Dyson, Harris, & Bondi, 2015), faltam evidências científicas confiáveis nas quais basear diretrizes. Esta é uma questão

multifatorial com muitos aspetos inter-relacionados, incluindo a idade do cavalo, sua aptidão e desenvolvimento muscular, comprimento toracolombar e a presença ou ausência de claudicação; o tipo, velocidade e duração do trabalho; a habilidade, aptidão, equilíbrio e coordenação do cavaleiro; a capacidade do cavaleiro de sentar-se direito; o ajuste da sela ao cavalo e ao cavaleiro; e o piso sobre o qual o cavalo é montado (Clayton, Dyson, Harris, & Bondi, 2015).

O objetivo geral é manter os cavalos saudáveis em todos os aspetos, nomeadamente que não apresentem sinais de dor ou sofrimento.

De acordo com Strunk (2017), sinais de desconforto físico ou psicológico em cavalos montados incluem comportamentos como levantar-se sobre os membros posteriores – execução indesejada de levadas, resistências ao contacto com a embocadura e elevação excessiva da cabeça, entre outros.

## 2.2. Fases da passada e intervenção do sistema locomotor na fase de apoio

A locomoção do cavalo é composta por um ciclo coordenado de movimentos que se repete a cada passada. Este ciclo pode ser dividido em duas grandes fases — a fase de apoio, em que o membro está em contacto com o solo, e a fase de voo, em que o membro se encontra no ar. Cada uma destas fases (figuras 2 e 3) desempenha um papel distinto na dinâmica do movimento, influenciando a absorção do impacto, o suporte do peso e a propulsão do corpo do cavalo.

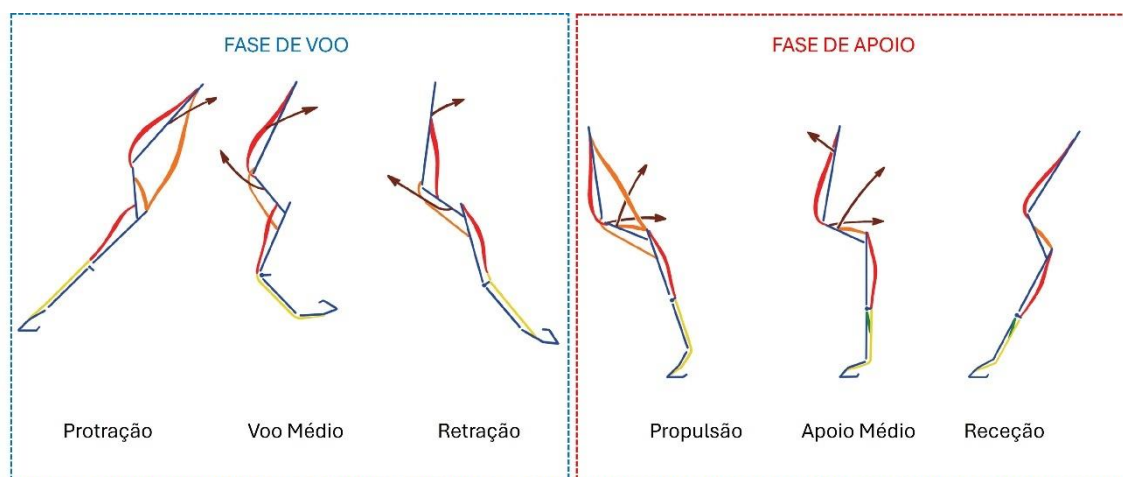


FIGURA 2 – FASE DE APOIO E FASE DE VOO DA PASSADA DO MEMBRO ANTERIOR DO CAVALO. ADAPTADO DE: DENOIX, 2014.

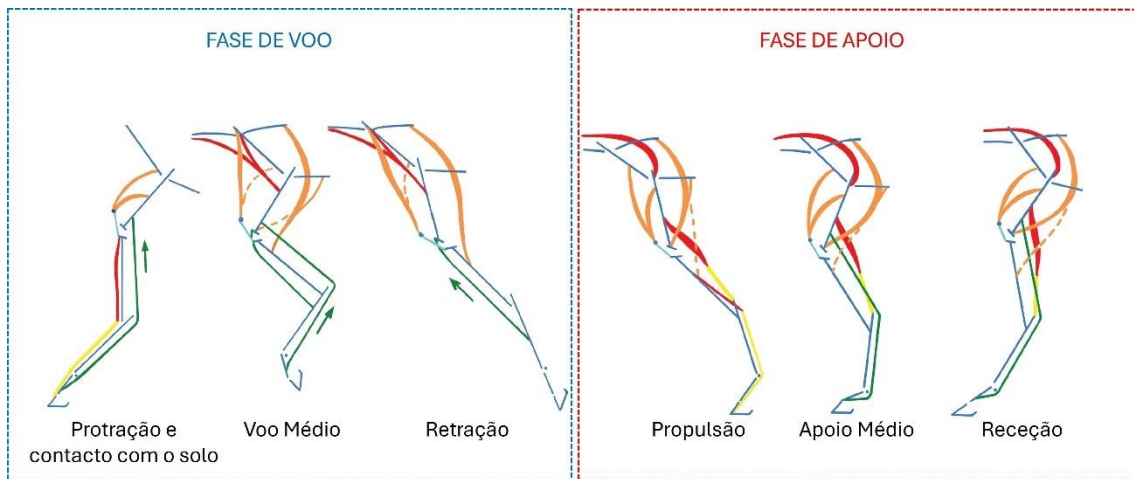


FIGURA 3 - FASE DE APOIO E FASE DE VOO DA PASSADA DO MEMBRO POSTERIOR DO CAVALO. ADAPTADO DE: DENOIX, 2014.

No apoio do membro anterior, durante a fase de receção, ou fase cranial da passada, os músculos que contribuem para o encerramento controlado das articulações desempenham um papel fundamental na absorção do impacto. Essa carga controlada ocorre devido à contração excêntrica dos músculos das regiões proximais do membro. Na região distal, os músculos flexores possuem extensões tendinosas que são sustentadas por ligamentos acessórios elásticos (ligamentos de retenção superior e distal). A contração dos músculos flexores, em combinação com o suporte dos tendões flexor digital superficial e flexor digital profundo e do ligamento suspensor, limita a descida do boleto durante a sustentação do peso. A contração das cabeças curtas do músculo tríceps braquial controla o encerramento e previne o colapso da articulação úmero-radio-ulnar. A contração excêntrica do músculo supraespinhoso limita o encerramento da articulação escapulo-umeral (Denoix, 2014).

Durante o apoio médio, todos os músculos descritos anteriormente continuam a exercer a sua ação. Isto consiste numa contração intensa durante o alongamento (contração excêntrica), que previne o colapso do membro quando ele é carregado com todo o peso do cavalo. Em particular, os músculos flexores do antebraço sustentam ativamente o boleto. O membro move-se então para trás após a contração concêntrica ativa dos músculos que iniciam a propulsão (ou seja, o peitoral ascendente e o vasto dorsal). A sua ação é auxiliada pelos músculos trapézio (parte cervical) e romboide, que puxam a extremidade superior da escápula para a frente (Denoix, 2014).

Na fase de propulsão, ou fase caudal da passada, a atividade muscular atinge o seu pico. A retração potente do membro é combinada com a abertura de todas as articulações através da contração muscular concêntrica. Durante a propulsão, o peso do cavalo quase que faz ricochete no membro, utilizando a energia armazenada nos músculos, tendões e ligamentos gerados nas

duas fases anteriores do apoio. O músculo supraespinhoso abre a articulação do ombro (escapulo-umeral), potenciando a ação do músculo tríceps braquial na extensão do codilho (articulação úmero-radio-ulnar). Por sua vez, o boleto é elevado pela contração dos músculos flexores do antebraço e pela elasticidade das suas extensões tendinosas (tendões flexores digitais superficiais e profundos) e ligamentos acessórios (Denoix, 2014).

Durante o apoio do membro posterior, a fase cranial da passada (receção) caracteriza-se pela contração excêntrica (alongamento) de diferentes grupos musculares, limitando o encerramento articular quando o peso do corpo é transferido para o membro. Esta contração também auxilia na absorção do impacto, que ocorre inerentemente quando o membro aterra no solo. A flexão da anca é limitada pela contração excêntrica dos músculos glúteo médio e femoral caudal. A flexão da soldra (articulação femorotibial) é regulada pela ação do músculo quadríceps femoral (em particular, os músculos vastos). A estabilidade do curvilhão é gerada pela tensão no tendão flexor digital superficial e pela contração excêntrica do músculo gastrocnémio, que estão ligados à articulação femorotibial. A elasticidade das estruturas tendinosas do metatarso previne o colapso do membro durante a carga e contribui significativamente para a absorção de carga e estabilidade durante esta fase (Denoix, 2014).

Durante a fase de apoio médio, o alongamento dos músculos durante a carga contribui para o armazenamento de energia, melhorando a sua eficiência e potência à medida que o membro se impulsiona durante as fases de propulsão da passada. Para fornecer resistência ao peso do corpo durante o movimento, os músculos devem limitar o grau de encerramento dos ângulos articulares durante a carga. O glúteo médio e o femoral caudal mantêm, em conjunto, a extensão das articulações da anca e da soldra. O curvilhão é mantido em extensão, em parte, pela ação passiva do tendão flexor digital superficial (aparelho de apoio) e, em parte, pela contração ativa do músculo gastrocnémio. Finalmente, o boleto é sustentado pela tensão do ligamento suspensor, auxiliado pelas extensões tendinosas dos músculos flexores, o tendão flexor digital superficial e o tendão flexor digital profundo (Denoix, 2014).

Na fase caudal da passada (propulsão), a energia armazenada durante as duas fases anteriores é libertada e otimizada pela contração concêntrica dos grupos musculares responsáveis pela rápida abertura dos ângulos articulares. A extensão potente da anca é resultado da ação dos músculos glúteo médio e femoral caudal. Ao mesmo tempo, ocorre uma extensão muito ativa da soldra. A abertura deste ângulo articular é completada pela contração concêntrica eficiente do músculo quadríceps femoral. A rápida extensão do curvilhão é iniciada pela contração do músculo gastrocnémio. A ação dos músculos e tendões flexores digitais, auxiliada pela elasticidade do ligamento suspensor, inicia a elevação do boleto e do braço de alavanca constituído pelas falanges. Compreende-se, portanto, que a fase de apoio (sustentação de peso) da passada é

caracterizada pelo envolvimento de todos os músculos da garupa e da coxa, que trabalham em primeiro lugar de forma excêntrica (alongamento) durante a carga, gerando depois contração concêntrica (encurtamento) durante a propulsão (Denoix, 2014).

## 2.3. Exame de claudicações

A claudicação pode definir-se pelo sinal indicativo de um distúrbio estrutural ou funcional, num membro (ou em mais do que um) ou no esqueleto axial. Os cavalos adaptam-se à claudicação com movimentos compensatórios. Na maioria das claudicações, o cavalo tenta diminuir a carga exercida sobre o membro que claudica durante a fase de apoio da passada. Isto consegue-se através de movimentos anómalos (como elevar a cabeça ou a bacia quando o membro afetado está em apoio), transferência de peso (para o membro ou parte do dorso contralateral ou diagonal), alteração dos ângulos articulares (por exemplo, por redução da flexão) e alterações do percurso do membro durante a fase de suspensão. O exame tradicional de rotina para o diagnóstico de claudicações em cavalos compreende as seguintes fases (Baxter e Stashak, 2020):

1. História prévia completa, incluindo os motivos da queixa e o tipo de utilização/trabalho do cavalo;
2. Observação do cavalo em repouso;
3. Palpação do sistema locomotor, incluindo o exame com a pinça de cascos;
4. Observação do cavalo em movimento (exame dinâmico), geralmente conduzido a trote numa linha reta, seguindo-se o exame no círculo (à guia);
5. Observação do cavalo montado, se necessário;
6. Testes de manipulação (como a flexão das articulações);
7. Anestesia diagnóstica (bloqueios anestésicos), se necessário;
8. Exames imagiológicos.

Na fase do exame dinâmico (observação do cavalo em movimento), tenta-se identificar a presença de claudicação e localizar o membro que claudica através da observação dos referidos movimentos compensatórios. Os testes de manipulação (flexões) destinam-se a compreender se estes movimentos de acentuam após a flexão forçada de uma determinada articulação (comprovando o seu envolvimento na claudicação), enquanto os bloqueios anestésicos se destinam a perceber se os referidos movimentos de atenuam após anestesiar uma determinada região (confirmando que a causa da claudicação se situa a jusante do bloqueio). A avaliação visual da claudicação equina pode ser pouco fiável, independentemente da formação e experiência do avaliador. A percentagem de acertos na classificação correta de cavalos sem claudicação é aparentemente maior para os membros anteriores (cerca de 70%) do que para os membros posteriores (cerca de 30%). Em claudicações subtis, os erros de classificação resultam da não

percepção da claudicação dos membros anteriores e da classificação do membro incorreto como claudicante nos membros posteriores. A precisão diagnóstica chega a ser igual ou inferior ao nível de acaso (Starke e Oosterlinck, 2019). O que provoca esta falta de precisão é provavelmente a resolução espacial e temporal limitadas do olho humano para detetar as alterações presentes no movimento, principalmente quando estas são subtis (Keegan, 2019).

Quando o cavalo se desloca a trote, um andamento simétrico, os movimentos compensatórios de adaptação à claudicação geram assimetrias locomotoras entre os apoios diagonais (direito e esquerdo). A análise das fases da passada permite uma interpretação mais precisa das assimetrias registadas (quadro I). A assimetria de impacto (*impact asymmetry*) ocorre na fase de receção, momento em que o membro toca o solo e absorve a força do impacto inicial. Esta fase é crítica para identificar desequilíbrios subtis na aterragem, podendo refletir sensibilidade, dor ou compensações precoces. Já a assimetria de impulso (*push-off asymmetry*) está associada à fase de propulsão, quando o membro sai do solo e gera a força necessária para impulsionar o corpo do cavalo. Assim, diferenças nesta fase indicam alterações na simetria da força de empurrão, frequentemente relacionadas com fadiga muscular, sobrecarga unilateral ou compensações biomecânicas.

QUADRO I - TABELA RESUMO DA RELAÇÃO ENTRE AS FASES DA PASSADA E AS ASSIMETRIAS DE IMPACTO E IMPULSO (ADAPTADO DE SLEIP AI AB, 2024)

<b>Fase da Passada</b>	<b>Relação com Assimetria de Impacto</b>	<b>Relação com Assimetria de Impulso</b>
<b>Receção</b>	! Momento crítico. O casco toca o solo → força de impacto → aqui ocorre a assimetria de impacto se houver desequilíbrio na aterragem.	— Não se aplica (membro ainda não empurra).
<b>Apoio médio</b>	Pode ainda refletir algum desequilíbrio de carga.	Início da transição para empurrão. Pode contribuir para ambas.
<b>Propulsão</b>	— Impacto já passou.	! Momento crítico. O membro sai do chão → força de impulso → aqui ocorre a assimetria de impulso se houver diferença entre os lados na força de propulsão.
<b>Fase de voo</b>	— Não têm contacto com o solo, portanto não geram impacto nem propulsão.	— Podem influenciar a coordenação geral, mas não afetam diretamente as assimetrias de impacto ou impulso.

## 2.4. Sistemas objetivos de quantificação das claudicações

Atualmente, a avaliação da locomoção dos cavalos deixou de depender exclusivamente da observação subjetiva do olho humano. Com os avanços da tecnologia e da ciência veterinária, surgiram diversos sistemas objetivos capazes de quantificar claudicações com precisão, mesmo quando estas são subtis ou inconsistentes. Estes métodos baseiam-se na análise biomecânica do movimento, através de sensores, câmaras de alta velocidade e aplicações móveis. Ao transformar o movimento em dados mensuráveis, estes sistemas permitem uma avaliação mais rigorosa, reduzindo o risco de erro humano e aumentando a fiabilidade dos diagnósticos. Assim, a objetividade tornou-se uma aliada essencial na deteção precoce de alterações locomotoras — algo fundamental para o bem-estar e longevidade do cavalo atleta.

Para além do sistema utilizado neste trabalho (SLEIP AI) existem, atualmente, mais 5 sistemas disponíveis que são adequados para uso clínico diário por veterinários equinos (e não só).

Entre os mais conhecidos está o *Lameness Locator*, (Equinosis Q), um sistema baseado em sensores de inércia (IMU) colocados na cabeça, garupa e membro anterior do cavalo. Este equipamento mede o movimento tridimensional durante o trote e fornece relatórios quantitativos que ajudam a identificar qual membro está afetado e em que fase da passada ocorre a alteração (Equinosis, 2023).

Outro sistema é o QHorse, desenvolvido pela empresa sueca Qualisys AB, que é uma solução avançada de análise de locomoção equina baseada em tecnologia de *motion capture* óptico. Este sistema é utilizado para avaliação objetiva de claudicações, traduzindo desequilíbrios específicos no trote em parâmetros quantificáveis que complementam a avaliação subjetiva veterinária. Os marcadores reflexivos são colocados na cabeça, no dorso (espáduas) e na sacro do cavalo. A configuração típica do QHorse utiliza múltiplas câmaras de alta velocidade (geralmente em torno de 20 a 18 câmaras da linha Oqus), instaladas numa área física específica para as gravações. O software QHorse, integrado no QTM (*Qualisys Track Manager*) da Qualisys, calcula automaticamente indicadores de assimetria relacionados com peso e apoio, apresentando os resultados de maneira clara e comparável. Os dados são apresentados em tempo real e podem ser usados para comparar o estado atual com medições anteriores do mesmo cavalo, permitindo um acompanhamento longitudinal das alterações locomotoras. A sincronização com vídeo facilita análises visuais complementares ao registo 3D (Qualisys AB, s.d.).

O Equi-Pro é um sistema avançado de análise de movimento que utiliza entre sete a nove sensores de inércia ProMove V (IMUs), resistentes à água e à poeira. Na configuração padrão, os sensores são colocados em três pontos do corpo superior do cavalo — cabeça, espáduas e sacro — e nos quatro membros. Na configuração avançada, podem ser adicionados sensores

adicionais nas pontas da anca, permitindo uma análise mais detalhada da simetria pélvica. A aplicação Equi Pro, que acompanha o sistema, identifica automaticamente o tipo de andamento (passo, trote ou galope), a direção do movimento (linha reta ou círculo) e o tipo de solo (duro ou mole). Este sistema mede vários parâmetros biomecânicos, como a simetria do corpo, através de indicadores como o índice de simetria (*symmetry index*), *Min\_diff* e *Max\_diff* (diferença entre as alturas mínima e máxima do sensor da cabeça). Opcionalmente, pode também medir a assimetria das ancas (*Hip hike*). No que diz respeito aos membros, o sistema avalia parâmetros como o tempo de apoio e voo (*stance/swing*), a duração da passada, a intensidade do movimento, a protração, a abdução e os fatores de apoio (*duty factor*). Estas medições fornecem uma análise detalhada e objetiva da locomoção do cavalo, contribuindo para o diagnóstico clínico, a prevenção de lesões e a otimização do desempenho (Inertia Technology, 2023).

Existe também o sistema Equimoves, um sistema de análise de movimento desenvolvido especificamente para avaliar a biomecânica do cavalo de forma precisa e objetiva. Utiliza sensores de inércia colocados em pontos estratégicos do corpo do animal, permitindo a recolha de dados detalhados durante o movimento, como o passo, trote ou galope. Este sistema mede parâmetros como a simetria e a regularidade do movimento, sendo especialmente útil na deteção precoce de claudicações e outras alterações locomotoras. O Equimoves permite ainda avaliar o impacto de diferentes fatores externos — como o peso do cavaleiro, o tipo de piso ou o tipo de andamento — no padrão de movimento do cavalo (EquiMoves, s.d.).

Está também disponível o EquiGait, um sistema portátil de análise de locomoção equina que utiliza sensores de inércia colocados em pontos estratégicos do corpo do cavalo, como a cabeça, espáduas, sacro e, opcionalmente, o dorso. Este sistema permite medir de forma objetiva a simetria e os padrões biomecânicos do movimento em diferentes andamentos (passo, trote, galope) e contextos (à mão, no círculo ou montado). O software associado analisa parâmetros como o movimento da cabeça (*head nod*), das ancas (*hip hike*) e das espáduas, além de avaliar o movimento do dorso para identificar padrões compensatórios. Os resultados são apresentados em tempo real, com visualizações intuitivas, facilitando o diagnóstico de claudicações, o acompanhamento da reabilitação e a monitorização do desempenho desportivo (EquiGait Ltd., n.d.).

Os sistemas de análise de claudicação em cavalos diferem principalmente na tecnologia utilizada, no nível de detalhe dos dados, na mobilidade e no ambiente ideal de utilização. O Equinosis Q utiliza IMU combinados com GPS, sendo um sistema muito portátil indicado para monitorização contínua e prática do cavalo em campo aberto ou em pista livre. Já o QHorse, da Qualisys AB, baseia-se numa tecnologia de captura de movimento ótico com múltiplas câmaras, exigindo uma área específica, equipada, onde se realiza a captura dos dados; é ideal para avaliações clínicas e

científicas que requerem dados 3D altamente detalhados e em tempo real. O Equi-Pro, também baseado em sensores de inércia (entre 7 a 9), é um sistema portátil que permite a identificação automática do andamento, direção e tipo de solo, oferecendo uma análise técnica completa do movimento. Similarmente, o Equimoves usa sensores de inércia *wireless* para análise objetiva da simetria e deteção precoce de claudicações, com boa aplicabilidade tanto em campo quanto em pista. O EquiGait destaca-se por incluir sensores colocados na cabeça, espáduas, pélvis e dorso, possibilitando a avaliação do movimento do dorso e dos padrões compensatórios em tempo real, com precisão superior à observação visual. Por fim, o SLEIP IA é um sistema portátil que foca na análise da simetria do trote e na medição de parâmetros como *timing*, amplitude e regularidade da passada, sendo conhecido pela facilidade de uso e pelo rápido *feedback* ao utilizador. Em suma, enquanto alguns sistemas priorizam a portabilidade e a praticidade para uso em campo, outros são desenhados para ambientes controlados com maior detalhe e precisão, permitindo aos profissionais escolher a ferramenta mais adequada às suas necessidades clínicas, desportivas ou de investigação. O quadro 2 apresenta um resumo das principais características dos vários sistemas de quantificação das claudicações.

QUADRO 2 – PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS DE ANÁLISE

Sistema	Tecnologia	Mobilidade	Ambiente ideal	Foco principal	Nível de detalhe
<b>Equinosis Q</b>	IMUs + GPS	Muito portátil	Campo / pista livre	Monitorização contínua e prática	Bom para claudicação geral
<b>QHorse</b>	Captura óptica com câmaras	Fixo	Arena equipada	Alta precisão clínica e científica	Muito detalhado, 3D
<b>Equi-Pro</b>	IMUs (7-9 sensores)	Portátil	Campo ou pista	Análise completa do movimento	Detalhado
<b>Equimoves</b>	IMUs <i>wireless</i>	Portátil	Campo ou pista	Simetria e deteção precoce	Médio
<b>EquiGait</b>	IMUs com foco nas costas	Portátil	Campo ou pista	Simetria + movimento das costas	Médio a detalhado
<b>SLEIP IA</b>	Sem marcadores físicos	Portátil	Campo ou pista	Simetria e <i>feedback</i> rápido	Médio

# 3. Materiais e Métodos

O presente estudo foi conduzido nas instalações do Museu Militar de Elvas, e foram utilizadas duas superfícies distintas para a realização das gravações: a pista de obstáculos revestida com fibras têxteis, designada como “piso mole”, e uma área adjacente com pavimento alcatroado, utilizada para as gravações em “piso duro”. Foram selecionados quatro cavalos, montados por dois cavaleiros experientes, para garantir a representatividade e controlo das variáveis relacionadas com os intervenientes.

A recolha dos dados decorreu ao longo de três sessões, realizadas nos dias 20, 22 e 23 de maio de 2025, tendo contado com o apoio indispensável de estagiários do curso de Desporto e Formação Equestre da Escola Superior de Biociências de Elvas (ESBE). A colaboração dos alunos foi fundamental não só para a organização logística, mas também para o suporte durante as sessões de gravação. O processo foi conduzido de forma eficiente e dentro das expectativas planeadas, com os cavalos demonstrando boa cooperação e adaptabilidade às diferentes condições de piso, o que contribuiu para a qualidade dos dados obtidos.

## 3.1. Caracterização dos cavaleiros e dos cavalos

### 3.1.1. Cavaleiros no estudo

No estudo participaram dois cavaleiros com alturas semelhantes, tendo o Cavaleiro 1 1,85 m de altura e o Cavaleiro 2 1,82 m de altura. Contudo, apresentaram diferenças no peso corporal: o Cavaleiro 1 tem 71,5 kg e o Cavaleiro 2 tem 90 kg. Ambos possuem experiência e rotina diária na equitação, montando regularmente diferentes cavalos. Não obstante, a idade e experiência equestre prévia dos cavaleiros difere, dado que o Cavaleiro 1 é aluno da ESBE e tem 20 anos de idade, enquanto o Cavaleiro 2 é docente de equitação e tem 56 anos de idade.

### 3.1.2. Cavalos no estudo

O procedimento experimental foi realizado com uma amostra de 4 equinos, constituída por 2 cavalos machos inteiros (B e D) e 2 cavalos machos castrados (A e C). Todos os cavalos que participaram neste estudo são cavalos de escola e usados diariamente durante 3h (no mínimo) para aulas de equitação. Os dados do quadro 3 foram obtidos através da medição da altura ao garrote com um hipómetro e com auxílio de uma fita de pesos – ferramenta utilizada para estimar o peso de um equino por meio de medições e cálculos específicos.

QUADRO 3 - ALTURAS E PESOS DOS CAVALOS NO ESTUDO

<b>Cavalo</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Altura ao garrote (cm)</b>	<b>Peso estimado (kg)</b>
Cavalo A	14	172	565
Cavalo B	14	155	522
Cavalo C	14	167	553
Cavalo D	9	150	420

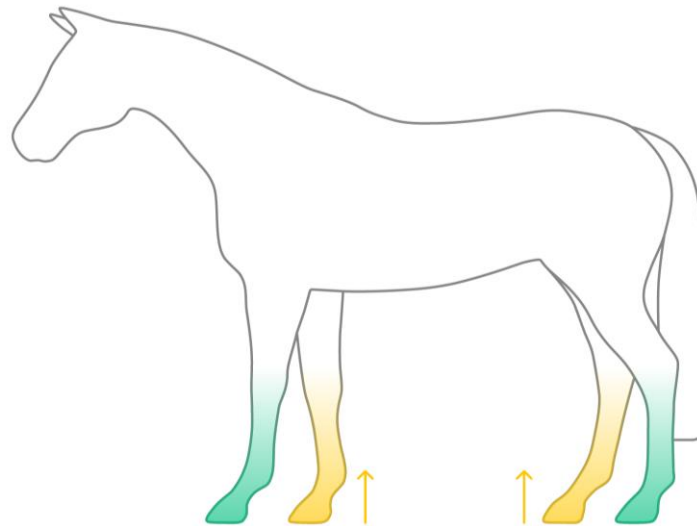
## 3.2. Metodologia

Para a captação de dados relativos à assimetria locomotora, recorreu-se à aplicação SLEIP®, versão 2.8.1, desenvolvida para o sistema operativo iOS, instalada num *tablet* IPAD 13 Pro. Esta aplicação reconhece e rastreia cerca de 100 referências anatómicas registadas em vídeo, sem necessidade de utilização de marcadores, e quantifica as assimetrias locomotoras detetadas. A aplicação deteta automaticamente a presença do cavaleiro, permitindo a sua utilização em cavalos trotados à mão ou montados, em linha reta ou em círculo (à guia).

O sistema assenta em *machine learning*, ou seja, os algoritmos utilizados permitem o reconhecimento automático de padrões nas imagens recolhidas, quantificam os parâmetros com elevado nível de sensibilidade e em tempo quase real (desde que esteja disponível uma ligação de dados de qualidade), e utilizam os dados provenientes dos registos dos utilizadores para melhorar automaticamente o seu desempenho.

O sistema permite, adicionalmente, capturar os vídeos *offline*, armazená-los e analisá-los posteriormente, quando exista uma boa conexão de dados, o que permite a sua utilização em praticamente qualquer lugar. A aplicação tem também uma funcionalidade que permite que os médicos veterinários que utilizem a aplicação recebam gravações de vídeo dos clientes e procedam à sua análise remotamente, o que pode ser muito útil para monitorizar a evolução dos cavalos em reabilitação, por exemplo.

Com base na quantificação da assimetria, a aplicação expressa os seus resultados com base em relatórios gráficos que se tornam bastante intuitivos, facilitando a interpretação. Na figura 4 pode ver-se o resumo gráfico da quantificação da assimetria, em que se pode(m) identificar o(s) membro(s) afetado(s), e em que o grau de assimetria é quantificado numa escala de cores, em que o verde significa a ausência de assimetria, o cinzento uma assimetria muito leve, o amarelo uma assimetria leve, o laranja uma assimetria moderada e o vermelho uma assimetria pronunciada/evidente. O gráfico mostra também se a assimetria é de impulsão (*push-off*) (↑) ou de impacto (↓).



RF Mild push-off asymmetry

RH Mild push-off asymmetry

FIGURA 4 – RESUMO GRÁFICO PRODUZIDO PELA APLICAÇÃO SLEIP IA. IDENTIFICAÇÃO DA ASSIMETRIA *PUSH-OFF* LEVE NO MEMBRO ANTERIOR DIREITO (RF) E POSTERIOR DIREITO (RH).

A aplicação apresenta também a quantificação numérica da assimetria, mediante um gráfico em que são apresentados os valores médios e os desvios que caracterizam a assimetria (figura 5).

### Asymmetry types

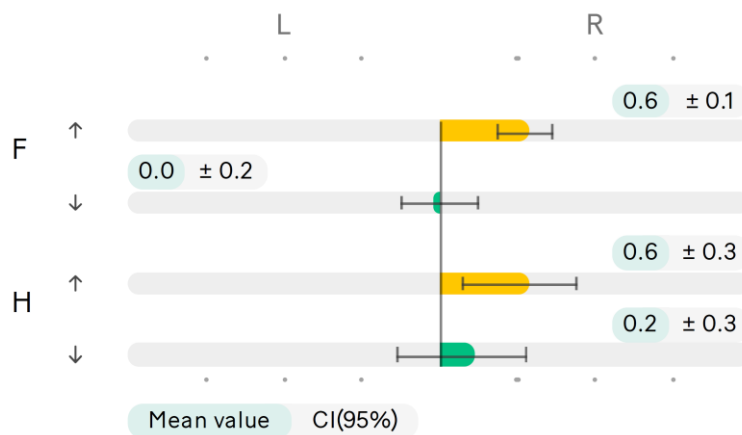


FIGURA 5 – QUANTIFICAÇÃO DA ASSIMETRIA PRODUZIDA PELA APLICAÇÃO SLEIP IA.

Adicionalmente, a aplicação apresenta também graficamente as assimetrias na posição da cabeça (para os membros anteriores) e da pélvis (para os membros posteriores) nas passadas validadas pela aplicação, onde se assinala o valor médio na cor correspondente, e que permite ao utilizador apreciar a consistência da assimetria (segmentos mais próximos e concentrados num quadrante, ou mais dispersos) (figura 6).

### Gait analysis

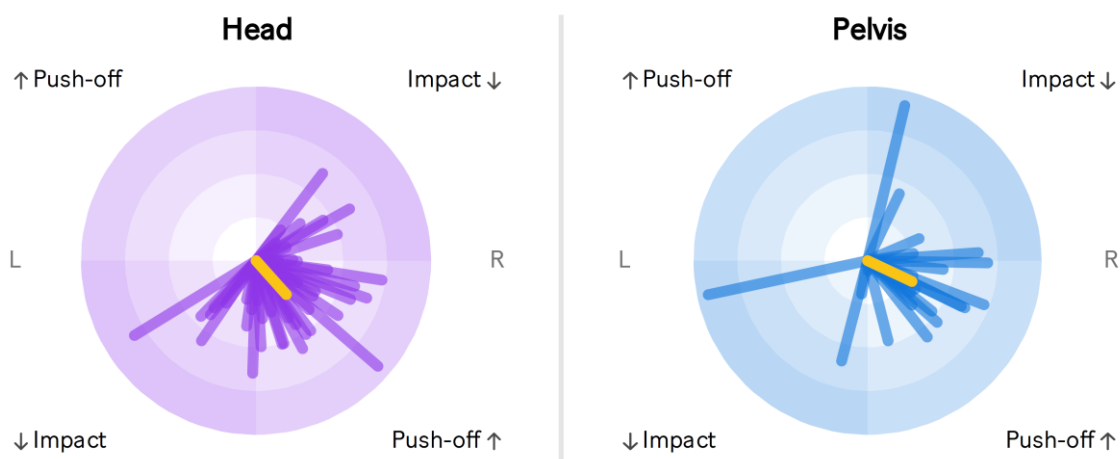


FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CONSISTÊNCIA DA ASSIMETRIA PRODUZIDA PELA APLICAÇÃO SLEIP IA.

#### 3.2.1. Organização das gravações

O procedimento experimental passou pela captura de diversos vídeos. Cada um dos 4 cavalos foi filmado a trote à mão, montado pelo cavaleiro 1 e montado pelo cavaleiro 2, tanto em piso duro como em piso mole, totalizando 6 capturas de vídeo por cavalo, num total de 24 capturas. As gravações dos cavalos trotados à mão realizaram-se no dia 20 de maio, as gravações dos cavalos montados realizaram-se nos dias 22 (cavaleiro 1) e 23 de maio (cavaleiro 2) (quadro 4).

QUADRO 4 – CAPTURAS DE VÍDEO COM A APLICAÇÃO SLEIP®

<b>Cavalo</b>	<b>Cavaleiro</b>	<b>Piso</b>	<b>Data</b>
<b>A</b>	Sem cavaleiro	Duro	20/05/2025
		Mole	20/05/2025
	1	Duro	22/05/2025
		Mole	22/05/2025
	2	Duro	23/05/2025
		Mole	23/05/2025

<b>B</b>	Sem cavaleiro	Duro	20/05/2025
		Mole	20/05/2025
	1	Duro	22/05/2025
		Mole	22/05/2025
	2	Duro	23/05/2025
		Mole	23/05/2025
<b>C</b>	Sem cavaleiro	Duro	20/05/2025
		Mole	20/05/2025
	1	Duro	22/05/2025
		Mole	22/05/2025
	2	Duro	23/05/2025
		Mole	23/05/2025
<b>D</b>	Sem cavaleiro	Duro	20/05/2025
		Mole	20/05/2025
	1	Duro	22/05/2025
		Mole	22/05/2025
	2	Duro	23/05/2025
		Mole	23/05/2025

Os comportamentos de desconforto podem mudar ou cessar quando há uma mudança de cavaleiro para um mais avançado ou equilibrado (Strunk, 2017). De acordo com a literatura, um cavaleiro experiente consegue compensar as assimetrias do cavalo, tornando-as menos perceptíveis para identificação por parte da inteligência artificial. Posto isto, durante a gravação dos vídeos, foi pedido a ambos os cavaleiros que montassem com o mínimo de interferência possível, de forma solta e descontraída, mas sempre mantendo o controlo e a segurança.

### 3.2.2. Processo das gravações

Primeiramente foram criados “perfis” para cada cavalo na aplicação. Para os momentos das gravações, foram tidas em consideração as recomendações da própria aplicação, nomeadamente: as gravações foram feitas onde os animais passam ou trabalham diariamente, portanto estão bastante familiarizados com o ambiente para evitar distrações; em relação à gravação propriamente dita, para minimizarmos possíveis erros na interpretação da imagem, levámos um cavalo de cada vez ao respetivo local da gravação para evitar que aparecessem dois cavalos em simultâneo no ecrã (o que poderia induzir erros no rastreamento); posicionámos a câmara ao nível dos olhos e com o animal bem centrado no ecrã e seguimos rigorosamente a metodologia aconselhada para gravar.

Em cada uma das capturas, os cavalos foram trotados (à mão ou montados) numa linha de 30 metros de comprimento, afastando-se da câmara, voltando, e repetindo este procedimento, numa mesma gravação; ou seja, cada um dos vídeos corresponde aproximadamente a uma sequência de 4 x 30 metros. É de salientar que todos os cavalos estavam em repouso nos dias das gravações e que os procedimentos decorreram conforme o previsto, não sendo necessário realizar repetições. Dessa forma, todos os cavalos apresentavam a mesma carga de trabalho no momento da recolha de dados.

Em relação à metodologia aconselhada pela aplicação, tivemos em consideração diversos aspetos, como por exemplo: nas gravações do grupo controlo (sem cavaleiro), a pessoa que conduziu o cavalo correu ao seu lado e não à sua frente, e sempre com a mínima interferência na guia que segurava, para não influenciar o movimento da cabeça do animal. Como já foi referido, aos cavaleiros pediu-se também que os trotes fossem realizados com a mínima interferência possível do cavaleiro, desde que salvaguardadas as condições de segurança.

### 3.2.3. Processamento dos dados obtidos

A medição objetiva do movimento de um cavalo no trote tornou-se uma parte importante dos procedimentos diagnósticos realizados durante a investigação clínica da claudicação. Essas medições, utilizadas na prática clínica há mais de uma década, traçam o deslocamento vertical dos segmentos axiais do corpo: a cabeça, a pélvis e, às vezes, o garrote. No trote, o sinal de deslocamento vertical assume a forma de uma onda dupla sinusoidal a partir de cada passada, e é a posição dos dois picos e vales desse sinal que é usada para a análise da claudicação.

Os vídeos foram descarregados na aplicação SLEIP que os analisou e obteve resultados em relação à simetria ou assimetria dos respetivos cavalos de acordo com a análise comparativa das diversas imagens capturadas.

Os vídeos foram adicionalmente utilizados para aplicação de uma escala de avaliação do desconforto em cavalos montados (*Riding Horse Pain Ethogram*) (Dyson, Berger, Ellis, & Mullard, 2018) para obtenção de um score para os cavalos que participaram no estudo. Este etograma consiste numa lista de 24 comportamentos observáveis em cavalos montados (consultar o anexo I), assumindo que um score igual ou superior a 8/24 (observação de pelo menos 8 dos 24 comportamentos) é suscetível de indicar a presença de dor com origem músculo-esquelética. Para cada cavalo, foi registrado o número total de comportamentos distintos observados ao longo de todos os vídeos em que o animal aparece montado (4 vídeos por cavalo), independentemente da frequência de ocorrência de cada comportamento.

# 4. Resultados

## 4.1. Observação de sinais de desconforto e apreciação da relação entre o peso corporal do cavalo e do cavaleiro

Há evidências de que mais de 47% da população de cavalos de desporto, em trabalho normal, pode apresentar claudicação, mas tal pode não ser reconhecida por proprietários ou treinadores. Um meio alternativo de detetar dor pode ser o reconhecimento de mudanças comportamentais em cavalos montados (Dyson, Berger, Ellis, & Mullard, 2018).

Após análise dos vídeos, utilizou-se uma adaptação do *Riding Horse Pain Ethogram* (etograma de dor para cavalos montados) (Dyson, Berger, Ellis, & Mullard, 2018) na tentativa de detetar sinais de desconforto, enquanto montados, nos cavalos em estudo. Os resultados obtidos apresentam-se no quadro 5 e verifica-se que apenas o cavalo D apresentou um score igual ou superior a 8/24.

QUADRO 5 – SCORES OBTIDOS PELA APLICAÇÃO DO *RIDING HORSE PAIN ETHOGRAM*

<b>Cavalo</b>	<b>Score</b>
<b>A</b>	6/24
<b>B</b>	4/24
<b>C</b>	3/24
<b>D</b>	9/24

Sendo um dos objetivos deste trabalho explorar a relação entre o peso corporal do cavaleiro e os sinais de dor e/ou claudicação, foi necessário definir um valor a partir do qual pudéssemos considerar que este fator interferia com o bem-estar do cavalo. Segundo Powell et al. (2008) e Dyson et al. (2019), a relação peso corporal do cavaleiro: peso corporal do cavalo considera-se aceitável quando se situa no intervalo entre 10 e 20%. Os rácios no nosso estudo foram calculados de acordo com a fórmula:

$$\text{Rácio Cavaleiro:Cavalo} = \frac{\text{Peso}_{\text{Cavaleiro}} * 100}{\text{Peso}_{\text{Cavalo}}}$$

No quadro 6 mostram-se os valores obtidos. Verifica-se que apenas o binómio cavaleiro 2 – cavalo D apresenta um rácio superior ao que se considera aconselhável.

QUADRO 6 - RÁCIO DO PESO CAVALEIRO: CAVALO

	<b>Cavalo A</b>	<b>Cavalo B</b>	<b>Cavalo C</b>	<b>Cavalo D</b>
<b>Cavaleiro 1</b>	12,39%	13,41%	12,66%	16,70%
<b>Cavaleiro 2</b>	15,93%	17,24%	16,27%	21,43%

## 4.2. Análise objetiva das assimetrias

Com base nos vídeos recolhidos ao longo do estudo, foi possível recolher informação que se expressa nos quadros 7, 8, 9 e 10 que descreve os resultados referentes aos cavalos A, B, C e D, respetivamente. Os valores numéricos da assimetria expressam a média do conjunto de passadas válidas registadas pela aplicação (consultar o anexo 2), e que foi, em média, de 30,58 passadas para o posicionamento da cabeça (membros anteriores) (mínimo de 15, máximo de 52) e de 23,46 passadas para o posicionamento pélvico (membros posteriores) (mínimo de 15, máximo de 31).

Estes valores têm uma escala diferente para os membros anteriores e posteriores. No caso dos membros anteriores, um valor de 1 representa uma diferença do posicionamento da cabeça nas diagonais direita e esquerda correspondente a 2,5% da altura ao garrote do cavalo; nos membros posteriores, um valor de 1 corresponde a uma diferença do posicionamento pélvico nas diagonais que corresponde a 1,4% da altura ao garrote. Nos quadros, os valores negativos indicam que a assimetria foi detetada no apoio do membro anterior ou posterior esquerdo, enquanto os valores positivos indicam que a assimetria foi detetada no apoio do membro anterior ou posterior direito. Os dados referem-se às fases de Impulsão (*Push-Off*) e de Impacto dos membros anteriores e posteriores.

QUADRO 7 – ASSIMETRIAS DETETADAS NO CAVALO A

	<b>Piso</b>	<b>Passadas por segundo</b>	<b>Membro anterior</b>		<b>Membro posterior</b>	
			<b>Impulsão</b>	<b>Impacto</b>	<b>Impulsão</b>	<b>Impacto</b>
<b>À mão</b>	Duro	1,38	-0,5	-0,1	0,1	-0,3
	Mole	1,33	-0,5	0,2	0,2	0,2
<b>Cavaleiro 1</b>	Duro	1,37	-0,7	-0,3	0,6	-0,1
	Mole	1,36	-0,7	0,1	1,2	-0,2
<b>Cavaleiro 2</b>	Duro	1,41	-0,7	-0,1	0,2	-0,1
	Mole	1,43	-0,5	0,2	0,7	-0,1

Ao analisarmos o quadro 7, observamos que a assimetria de *push-off* (impulsão) correspondente aos membros anteriores revela-se mais evidente no membro anterior esquerdo (predominância de valores negativos), sendo esta consistente tanto em piso duro como em piso mole, e independentemente da presença ou ausência de cavaleiro (quer seja o cavaleiro 1 ou 2), isto é, os valores não variam muito em nenhuma das variáveis enumeradas.

Ao analisar as colunas referentes aos valores da assimetria de impacto (seja no membro anterior ou no posterior), verifica-se que estes se mantêm bastante reduzidos, apresentando variação entre o membro esquerdo e o direito. Pode-se ainda notar que no membro posterior direito a assimetria de *push-off* é bastante notória no piso mole (aumentou de 0,2, sem cavaleiro, para 1,2 com o cavaleiro 1 e para 0,7 com o cavaleiro 2).

QUADRO 8 – ASSIMETRIAS DETETADAS NO CAVALO B

	Piso	Passadas por segundo	Membro anterior		Membro posterior	
			Impulsão	Impacto	Impulsão	Impacto
À mão	Duro	1,31	0,3	0,0	0,8	0,5
	Mole	1,31	0,6	0,0	0,6	0,2
Cavaleiro 1	Duro	1,41	0,5	-0,2	1,0	0,4
	Mole	1,36	1,9	-0,4	0,1	-0,1
Cavaleiro 2	Duro	1,41	0,6	0,3	0,9	0,0
	Mole	1,40	0,5	0,3	0,9	-0,6

Observando o quadro 8, verificamos que a assimetria correspondente aos membros anteriores e posteriores revela-se mais evidente no lado direito (predominância de valores positivos), sendo esta praticamente consistente tanto em piso duro como em piso mole, e independentemente da presença ou ausência de cavaleiro (quer seja o cavaleiro 1 ou 2). No entanto, a aplicação alertou para uma assimetria de *push-off* notória no membro anterior direito em piso mole com o cavaleiro 1, o que não acontece com cavaleiro 2 (passou de 0,6 sem cavaleiro para 1,9 com cavaleiro 1 e 0,5 com cavaleiro 2).

Ao analisar as colunas referentes aos valores da assimetria de impacto (seja no membro anterior ou no posterior), verifica-se que estes se mantêm bastante reduzidos, apresentando variação entre o membro esquerdo e o direito. Por este motivo, considera-se que a assimetria de impacto não representa, neste caso, um resultado clinicamente relevante ou preocupante. Por outro lado, a assimetria de *push-off*, tanto no membro anterior como no membro posterior, têm valores mais elevados e consistentes.

QUADRO 9 – ASSIMETRIAS DETETADAS NO CAVALO C

	Piso	Passadas por segundo	Membro anterior		Membro posterior	
			Impulsão	Impacto	Impulsão	Impacto
À mão	Duro	1,53	0,1	0,1	0,9	-0,1
	Mole	1,40	0,0	0,3	0,6	-0,1
Cavaleiro 1	Duro	1,49	0,3	0,5	0,3	0,3
	Mole	1,45	0,2	0,3	0,6	0,5
Cavaleiro 2	Duro	1,53	0,6	0,4	0,3	0,2
	Mole	1,47	0,3	0,6	0,5	0,2

De acordo com o quadro 9, o cavalo C apresenta uma assimetria de *push-off* do membro posterior direito (os valores são sempre positivos e mais altos), portanto é o membro que merece mais atenção nesta fase.

Na assimetria de impacto dos posteriores verifica-se que os valores se mantêm bastante reduzidos, apresentando variação entre o membro esquerdo e o direito. Por este motivo, considera-se que a assimetria de impacto não representa, neste caso, um resultado clinicamente relevante ou preocupante. No entanto, também podemos tomar em atenção as assimetrias nos membros anteriores que, independentemente do piso, pioraram com o peso do cavaleiro:

- Em piso duro: a assimetria de *push-off* passou de 0,1 sem cavaleiro, para 0,3 com o cavaleiro 1 e para 0,6 com o cavaleiro 2; e a assimetria de impacto, passou de 0,1 sem cavaleiro para 0,5 com o cavaleiro 1 e 0,4 com cavaleiro 2.
- Em piso mole: a assimetria de *push-off* passou de 0,0 sem cavaleiro para 0,2 com o cavaleiro 1 e 0,3 com o cavaleiro 2; e a assimetria de impacto, manteve-se em 0,3 sem cavaleiro e com o cavaleiro 1, mas agravou para 0,6 com o cavaleiro 2.

QUADRO 10 – ASSIMETRIAS DETETADAS NO CAVALO D

Cavaleiro	Piso	Passadas por segundo	Membro anterior		Membro posterior	
			Impulsão	Impacto	Impulsão	Impacto
À mão	Duro	1,46	0,3	0,4	0,7	0,2
	Mole	1,34	0,1	0,3	0,7	-0,1
1	Duro	1,41	0,1	0,6	0,0	0,0
	Mole	1,54	0,7	0,3	0,3	0,1
2	Duro	1,44	0,3	0,2	0,1	-0,1
	Mole	1,48	0,2	0,3	0,4	0,3

Os valores observados no quadro 10 alertam-nos para assimetrias nos membros do lado direito do cavalo (predominância de valores positivos). No entanto, concluímos que devemos tomar mais atenção ao membro posterior na assimetria de *push-off* uma vez que é onde os valores são mais altos e sofrem uma maior variação. Os valores da assimetria de impacto do membro

posterior oscilam entre positivos e negativos, e com valores baixos, indicando uma instabilidade que tanto se revela no membro esquerdo como no direito, mas à partida com menor significado.

Constatamos a mesma situação que se verificou no cavalo C: sem cavaleiro existe uma assimetria de *push-off* algo acentuada (0,7) no membro posterior direito, mas quando adicionamos o peso do cavaleiro, essa assimetria aparentemente reduz-se, no entanto acentua-se a assimetria no membro anterior direito.

# 5. Discussão

## 5.1. Sinais de desconforto e rácio peso do cavaleiro: peso do cavalo

Como referido anteriormente, e de acordo com Powell et al. (2008) e Dyson et al. (2019), a relação peso corporal do cavaleiro: peso corporal do cavalo é considerada aceitável quando se situa entre 10% e 20%. Com base nos cálculos realizados, apresentados no quadro 5, verificou-se que apenas a combinação entre o cavaleiro 2 e o cavalo D ultrapassa ligeiramente este intervalo, situando-se nos 21,43%. Apesar de exceder o limite superior, este valor encontra-se muito próximo do limiar considerado aceitável.

No entanto, ao cruzarmos os dados do rácio cavaleiro: cavalo com os resultados obtidos na escala de desconforto (quadro 6), é possível identificar um aspeto relevante: o cavalo D, embora não apresente os valores de assimetria mais elevados (quando comparado com os restantes cavalos) (quadros 7 a 10), destaca-se por ter registado os rácios cavaleiro: cavalo mais elevados (16,7% com o cavaleiro 1 e 21,43% com o cavaleiro 2), sendo também o cavalo que exibiu um score de desconforto superior (9/24), acima do limiar de 8/24 que indica a presença de dor com origem músculo-esquelética.

Esta evidência sugere que cavalos mais pequenos, e por isso mesmo submetidos a rácios cavaleiro: cavalo mais elevados, poderão manifestar maior desconforto durante o exercício. Esta observação reforça a premissa de que "um cavalo em esforço é um cavalo desconfortável", sublinhando a importância de respeitar os limites de carga individualizados para cada animal.

## 5.2. Assimetrias detetadas no cavalo A

No trote conduzido à mão, a aplicação identifica uma claudicação leve de impulsão (*push-off*) no membro anterior esquerdo, que no piso duro é acompanhada por uma claudicação muito leve de impacto do membro posterior esquerdo (figura 7).

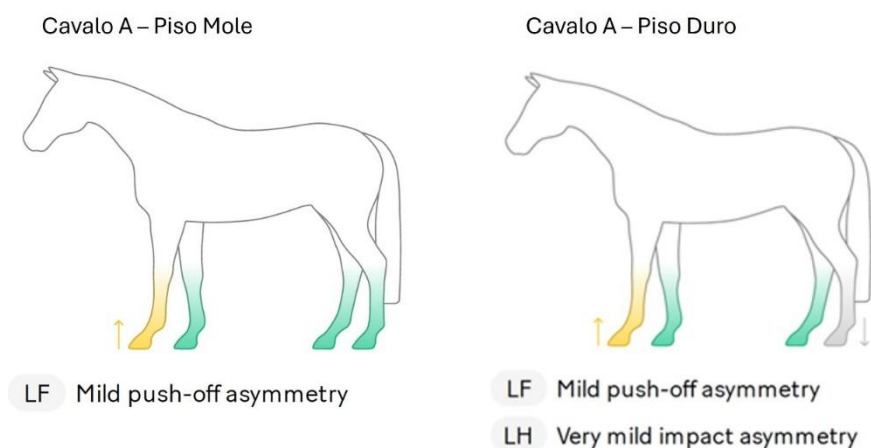


FIGURA 7 – RESUMO GRÁFICO – CAVALO A – TROTE À MÃO.

Podemos assumir que se trata de uma claudicação primária do membro anterior esquerdo, e que no piso duro poderá ser acompanhada por uma assimetria compensatória que se explica pelo princípio da chamada “*Law of Sides*” (Lei dos lados) (consultar o anexo 3), que indica que quando um cavalo apresenta claudicação ou dor num dos membros anteriores (neste caso, o esquerdo), tende a compensá-la alterando o movimento do membro posterior diagonal (transferindo peso, neste caso, para o membro posterior direito). Isto frequentemente resulta numa assimetria de impulsão do membro posterior diagonal e/ou numa assimetria de impacto no membro posterior do mesmo lado (neste caso, o membro posterior esquerdo) (Bragança, 2025).

Quando analisamos os resultados com cavaleiro, verifica-se que a assimetria primária se acentua, assim como a possível assimetria compensatória (não a de impulso no posterior direito, mas sim a de impacto no posterior esquerdo), particularmente no piso mole, o que pode indiciar que a origem da assimetria pode ser uma lesão dos tecidos moles (tendões ou ligamentos). Malikides, McGowan e Pead (2007) descrevem que superfícies mais duras estão associadas à claudicação dos cascos e superfícies macias ou irregulares podem acentuar lesões nos ligamentos ou tendões. Também Azevedo et al. (2015) referem que as superfícies duras como o asfalto têm maior probabilidade de causar claudicação por impacto, já que geram concussão máxima e, portanto, agravam uma claudicação subtil ou predisõem ao desenvolvimento de lesões nas articulações, ossos e cascos, enquanto as superfícies macias predisõem os cavalos a uma variedade de lesões de tecidos moles, como desmites (inflamação dos ligamentos) e tendinites.

Com o cavaleiro, acentuou-se a assimetria compensatória do membro posterior direito (de *push-off* no membro posterior direito), embora tenha reduzido a de impacto no membro posterior esquerdo. Curiosamente, tendo em conta que o cavaleiro 2 é mais pesado do que o cavaleiro 1, esperava-se que as assimetrias se agravassem mais com o cavaleiro 2, mas tal não

aconteceu, em qualquer dos pisos. Visualizando os vídeos, observamos que para tal pode ter contribuído o facto de o cavaleiro 1 ter feito ambos os percursos (piso mole e duro) a trote levantado na diagonal esquerda (sentando-se quando a mão direita e o pé esquerdo se apoiam no chão), enquanto o cavaleiro 2 alternou as diagonais (distribuindo o efeito do seu peso de forma equitativa). Assim, na assimetria compensatória de *push-off* do membro posterior direito, verificaram-se valores de 0,6 e 1,2 para o cavaleiro 1 e de 0,2 e 0,7 para o cavaleiro 2 (em piso duro e em piso mole, respetivamente). Ou seja, a transferência de peso para o posterior direito ter-se-á somado ao facto do peso do cavaleiro 1 estar sistematicamente assente no posterior esquerdo e contribuído para acentuar estes valores. Os valores mais elevados em piso mole estão provavelmente relacionados com o facto deste piso poder tornar mais exigente a fase propulsiva da passada.

### 5.3. Assimetrias detetadas no cavalo B

O cavalo B, no trote conduzido à mão (figura 8), apresentou assimetria de impulsão nos membros anterior e posterior direitos, mais acentuadas no piso mole.

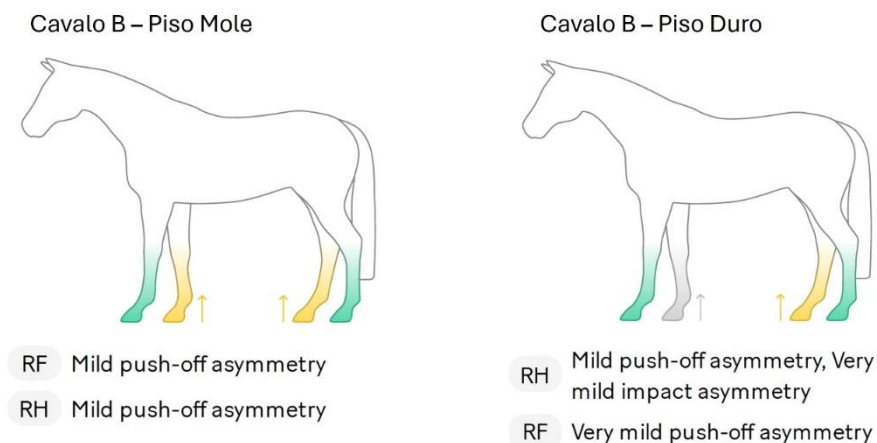


FIGURA 8 – RESUMO GRÁFICO – CAVALO B – TROTE À MÃO.

Tanto no piso duro como no piso mole, os resultados do trote montado por ambos os cavaleiros acentuam as assimetrias detetadas sem cavaleiro, indiciando o efeito do peso acrescido. No trote em piso mole com o cavaleiro 1 (mais leve), a assimetria nos membros anteriores acentua-se tanto que a aplicação passa a classificá-la como pronunciada ou evidente (cor vermelha) (figura 9), algo que não se verifica com o cavaleiro 2 (mais pesado).

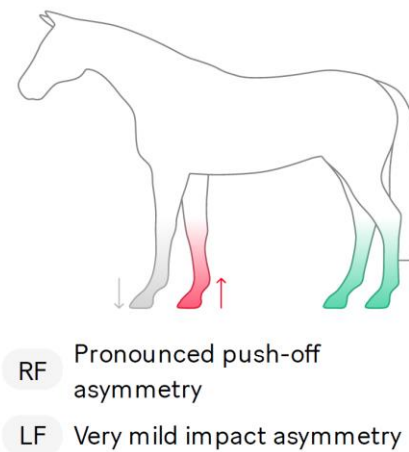


FIGURA 9 – RESUMO GRÁFICO – CAVALO B – CAVALEIRO I - PISO MOLE.

A visualização dos vídeos permitiu concluir que o cavaleiro 2 foi alternando a diagonal do trote em que se sentou ao longo dos percursos, enquanto o cavaleiro 1 se sentou sempre na diagonal esquerda (membro anterior direito – membro posterior esquerdo). Isto significa que o cavaleiro 1 sobrecarregou sempre o peso exercido no membro anterior direito e aliviou sempre o membro posterior direito, enquanto o cavaleiro 2 foi distribuindo o seu peso entre as duas diagonais de forma mais ou menos equitativa. Embora isto possa contribuir para explicar os resultados observados, é possível que haja outro fator pontual a provocar esta assimetria acentuada no membro anterior direito no piso mole, que não conseguimos identificar.

Este caso é um exemplo de como aplicações como o SLEIP, embora sejam ferramentas valiosas, não substituem (apenas complementam) o exame clínico tradicional e o papel do médico veterinário no diagnóstico de claudicações. Para uma boa compreensão das claudicações é fundamental o recurso aos bloqueios anestésicos, e exames complementares de diagnóstico (como a radiologia, ecografia., etc.).

Os resultados foram mais acentuados no piso mole na assimetria de *push-off*, o que é compatível com o facto desta se referir à fase de propulsão, ou seja, ao momento em que o membro tem de atuar para empurrar o corpo do cavalo, ação essa que em piso mole se torna muito mais exigente. Com o cavaleiro 1 a aplicação acusou ainda assimetria de impacto no membro anterior esquerdo. Esta ocorrência única pode ser justificada pelo facto de, como foi referido anteriormente, este cavaleiro ter estado sempre na diagonal esquerda (levantando-se na mão esquerda) e é possível que, no momento em que se levantou, tenha interferido com a embocadura, levantando assim a cabeça do cavalo (Persson-Sjodin et al., 2018).

### 5.3. Assimetrias detetadas no cavalo C

No trote conduzido à mão do cavalo C, a aplicação detetou uma assimetria de *push-off* no membro posterior direito, acompanhada de uma assimetria muito subtil de impacto no membro anterior direito no piso mole (figura 10).

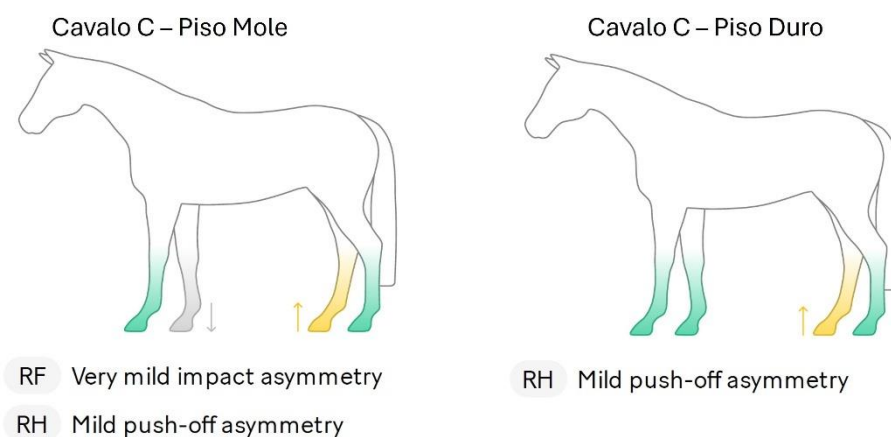


FIGURA 10 – RESUMO GRÁFICO – CAVALO C – TROTE À MÃO.

A assimetria do membro posterior direito reduz-se com a adição de peso dos cavaleiros: no piso duro, o valor era de 0,9 sem cavaleiro, e com ambos os cavaleiros passou a 0,3. Isto sugere que um cavaleiro experiente consegue compensar as assimetrias do cavalo, tornando-as menos perceptíveis para a visão computacional as identificar, isto é, o cavaleiro pode conseguir “compensar” as assimetrias do cavalo. No entanto, os valores da assimetria nos membros anteriores acentuaram-se com o peso dos cavaleiros, em qualquer dos pisos. Esta situação pode novamente justificar-se pelo princípio da “*Law of Sides*” (consultar o anexo 3), que refere que, quando um cavalo apresenta claudicação primária nos membros posteriores, o movimento de cabeça resultante pode ser erroneamente interpretado como claudicação no membro anterior do mesmo lado. Este movimento da cabeça ocorre quando o cavalo tenta aliviar o peso do membro posterior doloroso, usando a cabeça como contrapeso. Em casos de claudicação primária dos membros posteriores, o padrão compensatório observado no movimento da cabeça pode ser bastante pronunciado (Bragança, 2025). Sem o cavaleiro, o cavalo C apresenta uma assimetria (*push-off*) no posterior direito, o que significa que vai baixar a cabeça quando apoia o anterior esquerdo para aliviar o peso sobre o posterior direito. Este facto leva a que a diferença de altura da cabeça entre o apoio do anterior esquerdo e o apoio do anterior direito seja maior quando aumentamos o esforço do cavalo, colocando o peso do cavaleiro, e dando então a ilusão de claudicação do membro anterior direito. Concluímos que o peso do cavaleiro vem acentuar uma assimetria compensatória no membro anterior direito.

## 5.5. Assimetrias detetadas no cavalo D

No trote conduzido à mão, o cavalo D manifesta uma assimetria de *push-off* no membro posterior direito, acompanhada de uma ligeira assimetria do anterior direito (figura 11).

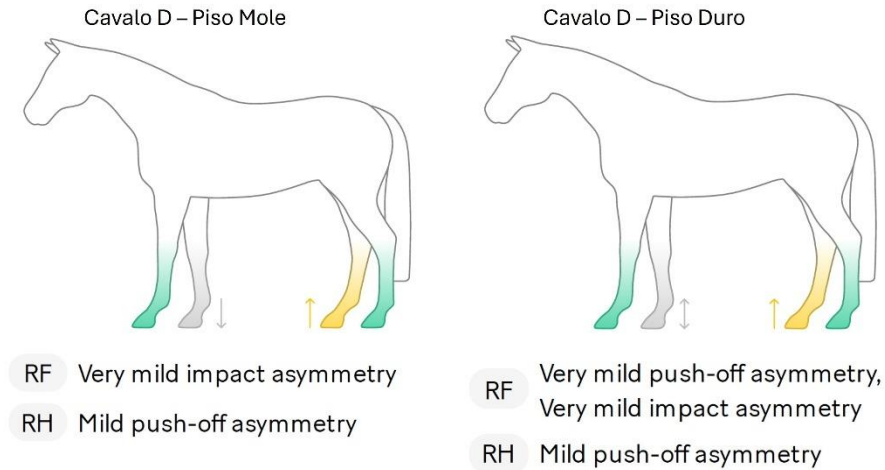


FIGURA 11 – RESUMO GRÁFICO – CAVALO D – TROTE À MÃO.

Tal como ocorre no cavalo C, no cavalo D a assimetria de *push-off* do membro posterior direito diminui com a adição do peso de qualquer dos cavaleiros, e em ambos os pisos. Segundo Strunk (2017) os comportamentos de desconforto podem mudar ou cessar quando há uma mudança de cavaleiro para um mais avançado ou equilibrado. Neste caso, o cavaleiro aparentemente atenua a assimetria.

Também à semelhança do cavalo C, com a adição do peso dos cavaleiros, vimos acentuar a assimetria do membro anterior direito. Este facto pode também ser explicado pelo princípio da “*Law of Sides*”, uma vez que o cavalo para aliviar o membro posterior direito, baixa a cabeça quando o membro anterior esquerdo se apoia no chão. Com a adição de peso este efeito acentua-se, o que provoca uma falsa ilusão de claudicação no membro anterior direito, claudicação que se identifica como “compensatória”.

No entanto, aqui pode levantar-se uma questão: se com a adição de peso vemos a assimetria do membro anterior a acentuar-se, seria de esperar que se agravasse mais com o cavaleiro 2 (sendo este o mais pesado), mas tal não se verifica.

Analisando as gravações, observamos que o cavaleiro 2 foi alternando a diagonal do trote em que se sentava ao longo dos percursos, alternando então o membro que sobrecarregava, e diluindo assim o efeito do seu peso. Pelo contrário, o cavaleiro 1 foi sempre (piso duro e mole) na diagonal direita, ou seja, a sentar-se nos membros anterior esquerdo e posterior direito do

cavalo. Isto fez com que sobrecarregasse continuamente o posterior direito (membro com a possível lesão primária), o que acentua a descida da cabeça no apoio do membro anterior esquerdo e faz com que a assimetria seja mais acentuada no cavaleiro I.

## 6. Conclusões

Através da análise dos dados obtidos com a aplicação da ferramenta de inteligência artificial SLEIP, concluiu-se que o peso do cavaleiro influencia o andamento do cavalo, mas não existe uma proporcionalidade direta entre aumento de peso e maior assimetria. Com este trabalho concluímos que existem outras variáveis que efetivamente afetaram, tanto ou mais, as assimetrias dos cavalos, nomeadamente: a diagonal do trote em que o cavaleiro se senta durante a recolha das imagens e o tipo de piso associado ao tipo de lesão.

A estabilidade do andamento é definida como a soma da regularidade da marcha (similaridade em passadas contralaterais e similaridade em passadas consecutivas) e da simetria da marcha. De acordo com Veloso (2019) o trote é um andamento saltado, simétrico e em “dois tempos” de apoio separados por um tempo de suspensão, em que o cavalo progride por bípodes diagonais associadas, isto é, com o apoio simultâneo de um anterior e de posterior do lado oposto. O trote, franco, ativo e regular nas suas batidas deve ser tomado sem hesitação. Quando tal não acontece, estamos perante uma instabilidade do andamento que decerto se comportará como uma assimetria. A qualidade do trote aprecia-se pela impressão de conjunto, pela regularidade e elasticidade das passadas, devidas à flexibilidade do dorso e à entrada dos posteriores, bem como pela capacidade de conservar o ritmo e o equilíbrio natural, mesmo depois de uma transição de um trote a outro.

Os resultados evidenciaram que existem diversos fatores que podem provocar alterações subtis na cadência, regularidade e simetria dos movimentos durante o trote. Estas alterações refletem possíveis mecanismos de compensação do cavalo face ao esforço adicional, reforçando a importância de considerar o peso do cavaleiro como um fator determinante para o bem-estar, desempenho e longevidade desportiva do equino.

Observou-se ainda que a resposta locomotora variou entre os diferentes cavalos estudados, sugerindo que fatores individuais como conformação, condição física, idade e temperamento influenciam a capacidade de adaptação ao aumento de carga. Este facto destaca a necessidade de uma abordagem personalizada na correspondência cavalo-cavaleiro, especialmente em contextos exigentes como o treino intensivo, a competição ou a reabilitação.

Do ponto de vista biomecânico, a carga adicional, o tipo de piso e as diagonais do trote resultam, em alguns casos, em assimetrias nas fases de apoio e suspensão, afetando a fluidez e a simetria do trote. Embora estas alterações possam representar adaptações transitórias, é fundamental considerar que, em situações persistentes, as mesmas podem constituir sinais precoces de

desconforto ou dor. Se não forem detetadas e corrigidas atempadamente, podem evoluir para padrões compatíveis com claudicação de grau baixo, mesmo na ausência de lesões visíveis.

A associação entre alterações de movimento e sinais comportamentais, como tensão corporal, resistência ao contacto ou mudança de atitude, pode reforçar a presença de dor subclínica.

Este estudo reforça a importância da tecnologia aplicada à equitação, como os sistemas de análise biomecânica e a inteligência artificial, que permitem uma avaliação objetiva, sensível e contínua da locomoção. A sua integração no maneio diário pode facilitar decisões mais informadas, promover práticas mais éticas e sustentáveis e, acima de tudo, preservar a saúde e a performance do cavalo, garantindo uma parceria funcional e harmoniosa com o cavaleiro.

Num estudo futuro, seria importante padronizar o tipo de trote utilizado, realizando sempre em trote sentado ou, caso se optasse pelo trote levantado, estabelecendo uma regra clara quanto à fase em que o cavaleiro se levanta, de forma a garantir maior consistência entre as comparações. Para obter resultados mais conclusivos, seria igualmente vantajoso incluir exames complementares de diagnóstico, que pudessem corroborar os dados obtidos e reforçar a fiabilidade das conclusões.

# 7. Bibliografia

- American Association of Equine Practitioners. (n.d.). *AAEP lameness scale*. Retrieved June 5, 2025, from <https://aaep.org/horsehealth/lameness-exams-explained>
- Azevedo, M. S., Côrte, F. D. D. L., Brass, K. E., Gallio, M., Dau, S. L., Pozzobon, R., Lopes, M. A. F., & Lopes, L. F. D. (2015). Impact or push-off lameness presentation is not altered by the type of track surface where horses are trotted. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(6), 1475–1482. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8454>
- Baxter, G.M.; Stashak, T.S. (2020). Examination for Lameness: History, Visual Exam and Conformation. In: *Adams and Stashak's Lameness in Horses*, 7<sup>th</sup> Edition, Gary M. Baxter (Ed.), John Wiley & Sons, Inc., 67.
- Bragança, F. (2025). Compensatory patterns explained. *Blog SLEIP*, 1 Jul 2025, disponível em: <https://SLEIP.com/blogs-tutorials/blog/compensatory-patterns-explained>, aceso a 24/07/2025.
- Buchner, H.H.; Obermüller, S.; Scheidl, M. (2000). Body centre of mass movement in the sound horse. *Vet. J.*, 160, 225–234.
- Bukhari, S. S. U. H., McElligott, A. G., & Parkes, R. S. V. (2021). Quantifying the impact of mounted load carrying on equids: A review. *Animals*, 11(5), 1333. <https://doi.org/10.3390/ani11051333>
- Challinor, C.L, Randle, H, Williams, J.M. (2021). Understanding rider:horse bodyweight ratio trends, weight management practices and rider weight perceptions within leisure and amateur riders in the UK. *Comp. Exerc. Physiol*, 17, 403–420. <https://doi.org/10.3920/CEP200082>
- Clayton, H., Dyson, S., Harris, P. and Bondi, A. (2015) Horses, saddles and riders: applying the science. *Equine Vet. Educ.* 27, 447-452.
- Clayton, H.M.; MacKechnie-Guire, R.; Hobbs, S.J. (2023). Riders' Effects on Horses—Biomechanical Principles with Examples from the Literature. *Animals*, 13, 3854. <https://doi.org/10.3390/ani13243854>

- Denoix, J-M. (2014). *Biomechanics and Physical Training of the Horse*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 20-22.
- Dyson, S. (2022). The ridden horse pain ethogram. *Equine Veterinary Education*, 34(7), 372-380. <https://doi.org/10.1111/eve.13468>
- Dyson, S., Ellis, A. D., Mackechnie-Guire, R., Douglas, J., Bondi, A., & Harris, P. (2019). The influence of rider:horse bodyweight ratio and rider-horse-saddle fit on equine gait and behaviour: A pilot study. *Equine Veterinary Education*, 32(10), 527–539. <https://doi.org/10.1111/eve.13085>
- Dyson, S., Berger, J., Ellis, A. D., & Mullard, J. (2018). Development of an ethogram for a pain scoring system in ridden horses and its application to determine the presence of musculoskeletal pain. *Journal of Veterinary Behavior*, 23, 47–57. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2017.10.008>
- EquiMoves. (s.d.). EquiMoves – Sistema avançado de análise quantitativa de marcha equina. Acedido a 25 de julho de 2025. <https://equimoves.nl/>
- Forino, S, Cameron, L, Stones, N, Freeman, M. (2021). Potential Impacts of Body Image Perception in Female Equestrians. *J. Equine Vet. Sci.*, 107, 103776. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103776>.
- Heim, C.; Pfau, T.; Gerber, V.; Schweizer, C.; Doherr, M.; Schüpbach-Regula, G.; Witte, S. (2016). Determination of vertebral range of motion using inertial measurement units in 27 Franches-Montagnes stallions and comparison between conditions and with a mixed population. *Equine Vet. J.*, 48, 509–516.
- Inertia Technology. (2023). Equi-Pro® – O sistema móvel de análise de marcha para profissionais equinos. Inertia Technology. Acedido a 25 de julho de 2025. <https://inertia-technology.com/product/equi-pro/>
- Keegan, K.G. (2019). Reliability of equine visual lameness classification. *Vet Record*, 184 (2), 60. <https://doi.org/10.1136/vr.k5366>.
- Lawin, F.J.; Byström, A.; Roepstorff, C.; Rhodin, M.; Almlöf, M.; Silva, M.; Andersen, P.H.; Kjellström, H.; Hernlund, E. (2023). Is Markerless More or Less? Comparing a Smartphone Computer Vision Method for Equine Lameness Assessment to Multi-Camera Motion Capture. *Animals*, 13, 390. <https://doi.org/10.3390/ani13030390>.

- Malikides, N., McGowan, T., & Pead, M. (2007). Equine and canine lameness. In C. M. McGowan, L. Goff, & N. Stubbs (Eds.), *Animal physiotherapy: Assessment, treatment and rehabilitation of animals* (pp. 74–89). Blackwell Publishing.
- Persson-Sjodin, E., Hernlund, E., Pfau, T., Haubro Andersen, P., & Rhodin, M. (2018). Influence of seating styles on head and pelvic vertical movement symmetry in horses ridden at trot. *PLOS ONE*, *13*(4), e0195341. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195341>
- Phelipon, R., Lansade, L., & Razzaq, M. (2025). Using deep learning models to decode emotional states in horses. *Scientific Reports*, *15*(1), Article 13154. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95853-7>
- Powell, D. M., Bennett-Wimbush, K., Peeples, A., & Duthie, M. (2008). Evaluation of indicators of weight-carrying ability of light riding horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, *28*(1), 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2007.11.008>
- Qualisys AB. (s.d.). *Clinical – QHorse, lameness analysis*. Qualisys. Acedido a 25 de julho de 2025, de <https://www.qualisys.com/life-sciences/equine-lameness-detection/>
- SLEIP AI AB. (2024). *SLEIP* (Versão 2.8.1) [Aplicação móvel]. App Store. <https://apps.apple.com/app/SLEIP/id1532033629>
- Starke, S.D., Oosterlinck, M. (2019). Reliability of equine visual lameness classification as a function of expertise, lameness severity and rater confidence. *Vet Record*, *184* (2), 63. <https://doi.org/10.1136/vr.105058>.
- Strunk, R. (2017). *Effects of rider experience level on horse kinematics and behavior* (Master's thesis, Clemson University). TigerPrints. [https://tigerprints.clemson.edu/all\\_theses/2766](https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/2766)
- Veloso, M. P. N. (2009). *Manual do monitor de equitação geral* (rev. J. M. Q. A. Souza). Escola Nacional de Equitação. Obra oficializada pela Federação Equestre Portuguesa.

# Anexos

## Anexo I: Tradução do *Riding Horse Pain Ethogram* (etograma de dor para cavalos montados) (Dyson et al., 2018)

Item	Descrição
1	Altera frequentemente a posição da cabeça, movendo-a para cima e para baixo, sem sincronia com o trote
2	Desloca-se com a cabeça inclinada, ou inclina-a várias vezes
3	Desloca-se com o chanfro mais de 30° à frente da vertical, por mais de 10 segundos
4	Desloca-se com o chanfro mais de 10° atrás da vertical, por mais de 10 segundos
5	Altera frequentemente a posição da cabeça, sacudindo-a ou torcendo-a lateralmente, obrigando a correções constantes
6	As orelhas (uma ou ambas) estão inclinadas para trás, ou achatadas, durante mais de 5 segundos; mantém-se inclinadas para trás
7	As pálpebras estão fechadas ou semicerradas durante 2 a 5 segundos; pisca frequentemente os olhos
8	Expõe a esclera (branco do olho) repetidamente
9	Olhar intenso (expressão vidrada) durante 5 segundos
10	Abertura e fecho da boca repetidamente com separação dos dentes, durante mais de 10 segundos
11	Língua exposta, saliente ou pendurada e/ou com movimentos repetidos para dentro e para fora
12	Embocadura puxada para um dos lados da boca (esquerdo ou direito) repetidamente
13	Cauda fixa firmemente ao meio, ou mantida de lado
14	Movimentos amplos da cauda: repetidamente para cima e para baixo, para os lados ou circulares; repetidamente durante as transições
15	Trote apressado (mais de 45 passos em 15 segundos)
16	Trote demasiado lento (menos de 35 passos em 15 segundos); trote “passajado”
17	Os membros posteriores não seguem a pista dos membros anteriores, desviando-se repetidamente para a esquerda ou direita; trotou ou galopou em 3 pistas
18	Mudanças de mão repetidas a galope (não solicitadas); sai para a mão errada repetidamente; galopa desunido
19	Alterações espontâneas (não solicitadas) do andamento (ex: do galope para o trote, ou do trote para o galope)
20	Tropeça mais do que uma vez; arrasta as pinças dos membros posteriores repetidamente
21	Mudança súbita de direção, contra as indicações do cavaleiro; assusta-se ( <i>spooking</i> )
22	Relutância em andar para a frente (tem de ser encorajado com a voz ou com as pernas), paragem espontânea (não solicitada)
23	Empina-se (ambos os membros anteriores no ar)
24	“Cangochas” ou coices (com 1 ou 2 membros)
<b>SCORE</b>	

**Anexo 2: Número de passadas válidas registadas pela aplicação SLEIP IA em cada uma das gravações de vídeo**

<b>Cavalo</b>	<b>Cavaleiro</b>	<b>Piso</b>	<b>Cabeça</b>	<b>Pélvis</b>
<b>A</b>	À mão	Duro	52	26
		Mole	50	26
	Cavaleiro 1	Duro	32	24
		Mole	32	23
	Cavaleiro 2	Duro	32	21
		Mole	26	19
<b>B</b>	À mão	Duro	27	31
		Mole	45	23
	Cavaleiro 1	Duro	29	24
		Mole	27	20
	Cavaleiro 2	Duro	30	21
		Mole	25	23
<b>C</b>	À mão	Duro	25	31
		Mole	45	28
	Cavaleiro 1	Duro	20	15
		Mole	15	23
	Cavaleiro 2	Duro	31	25
		Mole	25	22
<b>D</b>	À mão	Duro	18	20
		Mole	35	28
	Cavaleiro 1	Duro	33	22
		Mole	24	22
	Cavaleiro 2	Duro	29	26
		Mole	27	20
<b>Média</b>			30,58	23,46
<b>Mínimo</b>			15	15
<b>Máximo</b>			52	31

### Anexo 3: Representação gráfica do princípio da “Law of Sides” (lei dos lados) (Bragança, 2025).

À esquerda, claudicação primária do membro anterior (P) e claudicações compensatórias dos membros posteriores (C);

À direita, claudicação primária do membro posterior (P) e claudicação compensatória do membro anterior ipsilateral (P).

