



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

GASTO ENERGÉTICO DE EQUINOS TREINADOS EM PASSADEIRA AQUÁTICA

Dissertação apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de mestre em Medicina Veterinária, orientada por Professora Doutora Clarisse Coelho e Professora Mestre Carolina Nascimento.

Inês Almeida Teles de Meneses Barbosa, nº 21901527

2025

www.ulusofona.pt



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

GASTO ENERGÉTICO DE EQUINOS TREINADOS EM PASSADEIRA AQUÁTICA

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa, no dia 07/05/2025, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º: 299/2025, de 14 de abril, com a seguinte composição:

Presidente: Professora Doutora Mariana Batista
Arguente: Professora Doutora Márcia Ramos
(UNISUAM / AFYA-UNIGRANRIO, Brasil)
Orientador: Professora Doutora Clarisse Coelho

Este trabalho também foi orientado por Professora Mestre Carolina Nascimento (co-orientadora) e Tom Mariën (orientador externo).

Inês Almeida Teles de Meneses Barbosa, nº 21901527

2025

www.ulusofona.pt

*Some horses will test you, some will teach you,
And some will bring out the best in you.*

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação representa o cumprir de um grande sonho. Um caminho longo, mas muito bonito, recheado de desafios e surpresas! Apesar de tencionar agradecer pessoalmente a cada pessoa que fez parte desta jornada, gostaria de deixar registada a minha profunda gratidão a todos aqueles que contribuíram para que este dia chegasse.

Em primeiro lugar, à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona e a todos os seus docentes e colaboradores, que me fizeram sentir que estava não só no melhor curso, mas na melhor instituição do mundo.

A toda a equipa que tornou este projeto possível, mas em especial: Professora Dr^a Clarisse Coelho, por toda a orientação e carinho, não só nesta fase, mas desde a primeira aula que me lecionou. Professora Carolina Nascimento, por abrir as portas da sua casa não só para este projeto, mas também por todos os estágios, cursos, workshops e palavras. E à Bitá.

À Dr^a Mafalda Pardal, que se tornou muito mais do que uma professora. Além de excelente médica veterinária, uma pessoa excecional, sempre pronta para me ensinar tudo e me motivar como ninguém. Obrigada por toda a confiança que deposita em mim constantemente!

À equipa do Hospital Escolar de Equinos, que em cada turno, me ensinaram muito e me motivaram ainda mais.

À AE e ao EQUIRA, que me deram muitas dores de cabeça, mas também o dobro das alegrias bem como amizades extraordinárias que levo no meu coração para a vida.

Ao Nuno, a pessoa mais especial, o meu melhor amigo, o meu verdadeiro porto de abrigo!

À minha família, por terem contribuído para que eu me tornasse na pessoa que sou hoje, em especial às minhas manas. Aos meus pais, por me concederem esta incrível oportunidade.

Aos meus amigos, por serem os melhores do mundo. Aos smurfs, que me mostraram o significado de “este curso não se faz sozinho”. Em especial à Cátia, que depressa se tornou mãe, irmã e melhor amiga (numa só pessoa). E por último, contudo os mais importantes: Scampy, Suzy, Lee, Murphy, Durga, Gandhi, Maui, Hari, Cacau, Goji, Equador, Bogotá e Quinoa. Alguns já anjinhos, outros desaparecidos em combate...pelo amor incondicional e por tudo o resto!

RESUMO

Os potenciais benefícios do treino na passadeira aquática baseiam-se nas características de fluabilidade, viscosidade e pressão hidrostática conferidas pela água. É sabido que os efeitos fisiológicos do treino na passadeira aquática dependem da altura da água, velocidade, duração e frequência do treino, mas as respostas à manipulação destas variáveis ainda não estão bem esclarecidas.

Pretendeu-se estudar os efeitos do treino na passadeira aquática sobre o gasto energético estimado de equinos de saltos de obstáculos. Para tal, seis equinos treinados (~16 anos de idade e ~578Kg) foram avaliados antes (M1) e depois (M2) de um programa de treino de 10 semanas que incluiu a passadeira aquática (20min, 2x/semana com a água ao nível do carpo) a uma sequência conhecida de exercícios. O grupo de animais serviu como seu próprio controlo, pois já realizava atividade física há mais de seis meses.

Em ambos os momentos, os animais foram examinados através de testes de campo de salto de obstáculos utilizando um monitor cardíaco (Polar H10) conectado a um acelerómetro triaxial com unidade de medição inercial baseada em GPS Alogo Move Pro. A partir desses dados, foram calculados gasto energético (GE), custo de transporte (COT) e poder metabólico (Pmet) através das seguintes fórmulas: $GE (J/Kg/min) = 0,0566 \times FC^{1,9955}$, $COT = (FC_{\text{esforço}} - FC_{\text{basal}})/Kg/m \times 10^3$ e $Pmet = (FC_{\text{esforço}} - FC_{\text{basal}})/min/Kg$. Os dados foram analisados através de teste-t de student em pares ($p < 0,05$).

Foram observadas melhorias significativas para GE (M1 vs. M2) (1000,3 vs. 573,5 J/Kg/min) e COT (0,428 vs. 0,237 batimentos/Kg/m $\times 10^3$), com os animais a atingir velocidades significativamente maiores (12,9 Km/h vs. 17,0 Km/h) após o programa de treino. Não foram registadas alterações para Pmet.

Estes resultados confirmaram que o programa proposto melhorou a eficiência energética dos equinos estudados.

Palavras-chave: custo de transporte, poder metabólico, treino, exercício.

ABSTRACT

The potential benefits of water treadmill training are based the buoyancy, viscosity and hydrostatic pressure characteristics of the water. The physiological effects of water treadmill training are known to vary with water height and the speed, duration and frequency of training but the responses to manipulation of these variables are not fully understood.

Thus, the objectives were to study the effects of a WT training on energy expenditure of jumping horses. Six trained horses (~16 years-old and ~578 Kg) were evaluated before (M1) and after (M2) a training protocol that included the water treadmill (20min, twice/week with water height at the carpus) to a well-known sequence of exercises for 10 weeks. The animals served as their own control because they were performing those exercises for more than six months.

On both occasions animals were examined through a show jumping field test using a HR monitor (Polar H10) connected to a triaxial accelerometer with a GPS-based inertial measurement unit (Alogo Move Pro). From these data, energy expenditure (EE), cost of transport (COT) and metabolic power (Pmet) were calculated using following formulas: $EE (J/Kg/min) = 0.0566 \times HR^{1.9955}$, $COT = (HR_{effort} - HR_{basal})/Kg/m \times 10^3$ and $Pmet = (HR_{effort} - HR_{basal})/min/Kg$. Data was analyzed using paired t-test ($p < 0.05$).

Significant improvements were observed for EE (M1 vs. M2) (1000.3 vs. 573.5 J/kg/min) and COT (0.428 vs. 0.237 beats/Kg/m $\times 10^3$), with animals reaching significative higher speeds (12.9 km/h vs. 17.0 km/h) after the training program. No changes were observed for Pmet.

These data confirm that the proposed protocol improved energetic efficiency of this group of horses.

Key-words: cost of transport, metabolic power, training, exercise.

LISTA DE ABREVIATURAS

% - Percentagem

°C – Graus Celsius

ATP – Trifosfato de adenosina

BASAL – Avaliação da aptidão dos cavalos para serem incluídos no estudo

bpm – Batimentos por minuto

Cinti – Cintigrafia

CO₂ – Dióxido de carbono

COT – Custo de transporte

EEG – Exame de estado geral

Eco – Ecografia

Endo – Endoscopia

Et al – E outros, da locução latina “et alli”

FC – Frequência cardíaca

FCpico – Pico da frequência cardíaca

FEI – Federação equestre internacional

FR – Frequência respiratória

GE – Gasto energético

GPS – Sistema de posicionamento global, do inglês “global positioning system”

h – Horas

IM – Via intramuscular

IV – Via intravenosa

L – Litro

LASER – Amplificação da luz por emissão estimulada de radiação, acrónimo inglês

m – Metros

min – Minutos

ml – Mililitros

m/s – Metros por segundo

mmol/L – Milimoles por litro

M1 – Avaliação pré-treino

M2 – Avaliação pós-treino

nº – Número

O₂ – Oxigénio

PA – Passadeira aquática

Pmet – Poder metabólico

Kcal – Quilocaloria

Kg – Quilograma

RM – Ressonância magnética

RX – Radiografia

SC – Via subcutânea

SW – Terapia por ondas de choque, do inglês “shockwave”

TC – Tomografia computadorizada

TR – Temperatura retal

TSO – Teste de campo de salto de obstáculos

T0 – Antes do exercício físico, com o animal em repouso ainda na boxe

T1 – Imediatamente após o exercício físico

T2 – 30 minutos após o fim da atividade física

T3 – 4 horas após o fim da atividade física

UTC – Caracterização ecográfica tecidular, acrónimo inglês

VO₂ – Consumo de oxigénio

VO₂max – Captação máxima de oxigénio

Vmed – Velocidade média

vs. – Em comparação com, da locução latina “versus”

ÍNDICE GERAL

CASUÍSTICA DE ESTÁGIO.....	12
I. INTRODUÇÃO	18
1. Treino e condicionamento físico.....	19
2. Testes de exercício a campo	23
3. Modalidades equestres	24
3.1. Disciplina de saltos de obstáculos	25
4. Passadeira aquática	27
5. Metabolismo energético	29
a. Metabolismo aeróbio	30
b. Metabolismo anaeróbio	31
c. Avaliação do gasto energético	32
II. MATERIAL E MÉTODOS	35
1. Animais	35
2. Delineamento do estudo	35
3. Treino com a passadeira aquática.....	36
3.1. Teste de esforço na passadeira aquática	36
3.2. Treino.....	37
4. Teste de campo de salto de obstáculos (TSO)	39
4.1. Monitorização cardíaca.....	40
4.2. Colheita e análise sanguínea.....	41
5. Análise estatística.....	41
III. RESULTADOS	42
IV. DISCUSSÃO	44
V. CONCLUSÃO.....	50
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Representação esquemática da casuística observada, dividida por especialidade.....	15
Gráfico 2 – Representação esquemática da casuística assistida em medicina interna.....	16
Gráfico 3 – Representação esquemática das abordagens terapêuticas assistidas em ortopedia.....	17
Gráfico 4 – Representação esquemática dos exames complementares de diagnóstico imagiológico acompanhados nos vários departamentos.....	18
Gráfico 5 – Representação esquemática dos procedimentos cirúrgicos assistidos.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da EquiTom Equine Clinic.....	14
Figura 2 – Sequência de fotografias obtidas durante o período de estágio.....	15
Figura 3 – Cronograma esquemático do estudo.....	37
Figura 4 – Pista de obstáculos utilizada no TSO.....	40
Figura 5 – Banda com frequencímetro.....	41
Figura 6 – Relógio com sistema GPS acoplado a cilhão por cima da banda.....	41

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Programa de treino específico para cavalos de obstáculos, utilizando a PA.....	39
Tabela 2 – Características basais para seleção dos animais utilizados.....	42
Tabela 3 – GE, COT e Pmet registados nos TSO para avaliação do programa de treino de 10 semanas utilizando a PA.....	43
Tabela 4 – Parâmetros fisiológicos e lactacidemia (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em TSO, usados na avaliação do treino de 10 semanas utilizando a PA.....	44

CASUÍSTICA DE ESTÁGIO

Para a finalização do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, a autora realizou o estágio curricular na EquiTom Equine Clinic, sob orientação do Dr. Tom Mariën, fundador e diretor clínico da mesma. O estágio teve a duração de 4 meses e foi realizado entre os meses de setembro a dezembro de 2024, nos quais foram efetuados um total de 1066 horas.

A EquiTom Equine Clinic localiza-se em Lummen, na Bélgica e é a maior clínica de equinos da Europa. É reconhecida internacionalmente por fornecer os melhores serviços médico-veterinários possíveis a equinos e é pertencente ao Equine Care Group, um grupo de médicos veterinários que defende a colaboração próxima com vários especialistas como futuro da medicina veterinária, bem como a chave para a progressão na carreira.

Esta clínica apresenta-se como a mais moderna e inovadora clínica em vários serviços, apresenta-se disponível para urgências 365 dias por ano e tem capacidade de hospitalização de mais de 150 cavalos. É composta por edifício de urgências e cuidados intensivos (A), edifício de medicina interna (B), centro de diagnóstico imagiológico (C), edifício de cirurgia e hospitalização (D) e centro de ortopedia e reabilitação (E), como se pode visualizar na figura 1.

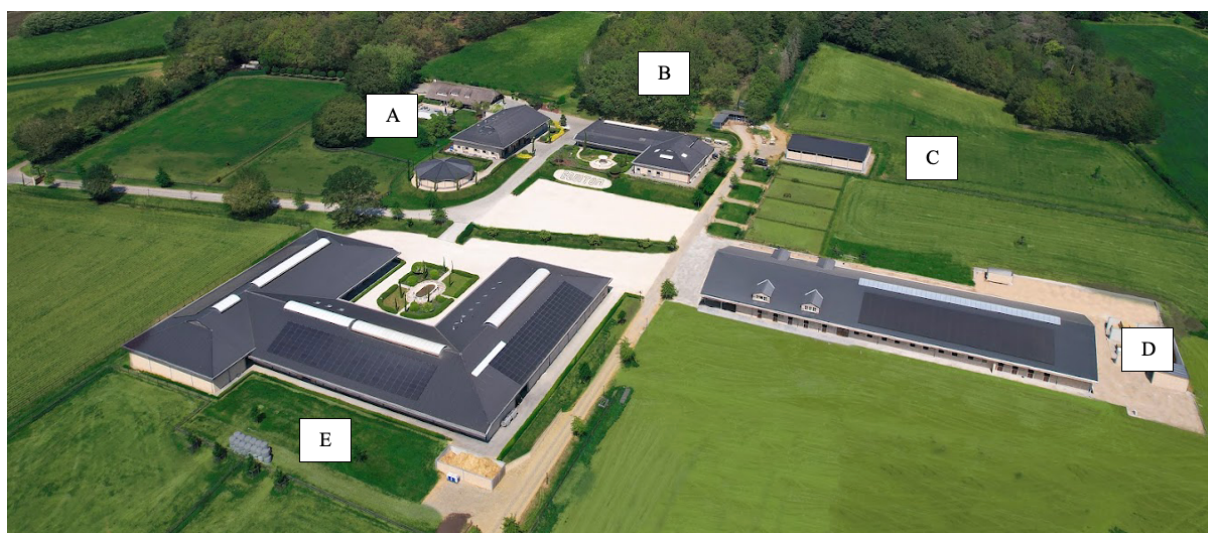


Figura 1 – Mapa da EquiTom Equine Clinic (Retirada de EquiTom a 1 de janeiro de 2025 de <https://www.equitom.be/en/clinic/infrastructure-and-terrain/>).

No decorrer do estágio, foram efetuadas rotações semanais nos departamentos de medicina interna e cuidados intensivos, ortopedia, imagiologia, cirurgia e hospitalização.

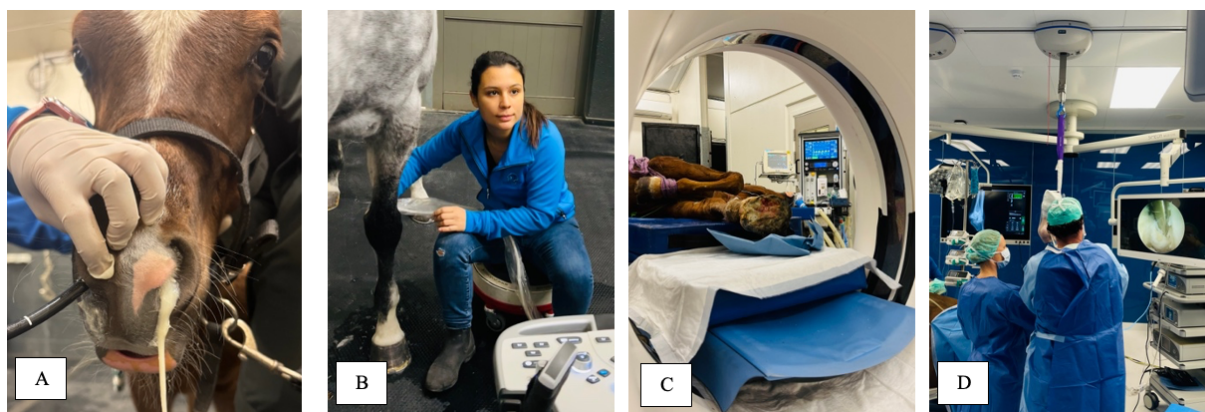


Figura 2 – Sequência de fotografias obtidas durante o período de estágio. A – Realização de endoscopia em caso de gurma, B – Realização de ecografia em caso de desmíte proximal do ligamento suspensor do boleto, C – Realização de TC em caso de abscesso de casco; D – Realização de artroscopia nos boletos anteriores em caso de osteocondrite dissecante

Ao rotacionar nos vários departamentos, a autora teve a oportunidade de acompanhar profissionais experientes e um total de 551 casos clínicos, discriminados no Gráfico 1. O contacto diário com especialistas de referência e a casuística extensa proporcionou a consolidação de conhecimentos teóricos e o aprimoramento de competências clínicas essenciais, especialmente em abordagens diagnósticas e terapêuticas avançadas.

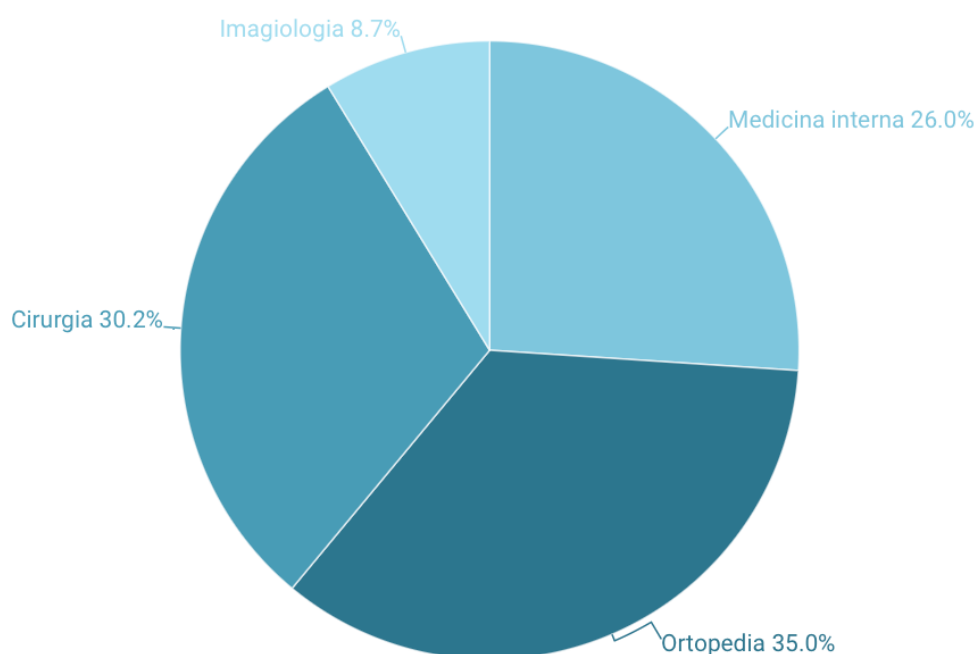


Gráfico 1 – Representação esquemática da casuística observada, dividida por especialidade.

Relativamente às rotações de medicina interna e hospitalização, a autora foi responsável pelos equinos internados, pelo que as suas principais funções foram garantir o bem-estar dos mesmos através da realização de exames de estado geral (EEG), cálculo de doses e preparação de medicações, administração de medicações pelas vias oral (PO), subcutânea (SC), intramuscular (IM), intravenosa (IV), cateterização e controlo de fluidoterapia, lavagens gástricas através de entubação nasogástrica, limpeza de feridas e realização de vários tipos de pensos, consoante a necessidade de cada paciente.

A medicina interna é uma especialidade generalista que se dedica à prevenção, diagnóstico e tratamento médico dos vários sistemas orgânicos, abrangendo assim várias áreas clínicas. Nesta rotação, foram frequentados essencialmente o edifício de medicina interna e o edifício de cuidados intensivos. Relativamente às instalações, existe receção, sala de consulta médica (com balança e tronco de contenção) sala de consulta imagiológica (dois ecógrafos, equipamento de radiografia e endoscópio) e neurológica (equipamento de estimulação magnética transcranial), laboratório, farmácia, bloco cirúrgico, duas salas de indução e recuperação anestésicas, boxes de cuidados intensivos, boxes de internamento, um redondel e paddocks. Neste departamento foi possível acompanhar 143 casos clínicos, organizados por sistema no gráfico 2.

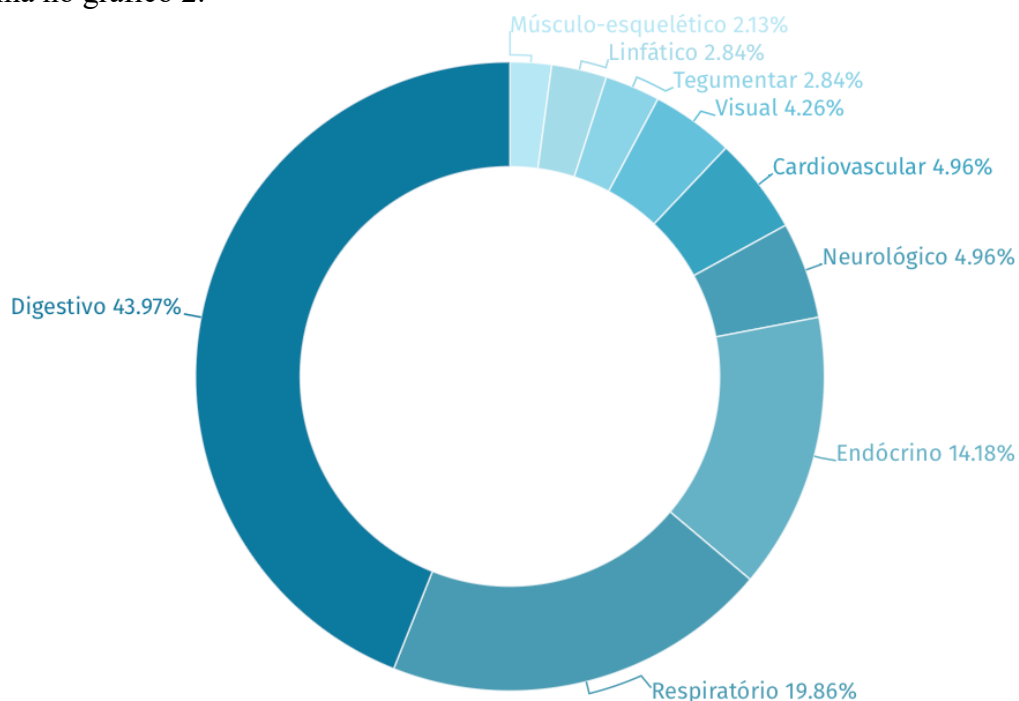


Gráfico 2 – Representação esquemática da casuística assistida em medicina interna.

A ortopedia é a especialidade focada na prevenção, diagnóstico e tratamento de lesões que afetam o sistema locomotor. O centro de ortopedia e reabilitação é composto por recepção, farmácia, laboratório, duas salas de consulta equipadas com ecógrafos e caracterização tecidual ecográfica (UTC), quatro salas de espera, sala de radiografias, pista retangular de piso concreto, redondel de areia dura, redondel de areia mole, picadeiro (25x50m) de sílica, spa, passarela aquática, guia mecânica, boxes e paddocks. Esta é a especialidade com maior casuística deste hospital, tendo sido acompanhadas um total de 192 consultas. Além de acompanhar as consultas e o seu raciocínio clínico, foi possível realizar contenção, bloqueios perineurais, antisepsia das regiões a serem tratadas, auxiliar na realização dos exames imagiológicos e aplicar pensos.

Nas consultas em que os cavalos estavam a ser avaliados pela primeira vez, estas foram conduzidas de forma a obter a anamnese detalhada, exame estático (inspeção, palpação e mobilização), exame dinâmico (inspeção em pisos mole e duro, testes de flexão em ambos os pisos e localização de lesões através de bloqueios anestésicos), exames complementares de diagnóstico (radiografia e ecografia) ou o encaminhamento para o departamento de imagiologia e discussão das opções terapêuticas. No entanto, a maioria dos pacientes acompanhados apresentaram-se às consultas para seguimento de uma ou várias lesões já diagnosticadas, tornando-as muito mais direcionadas às abordagens imagiológicas (radiografia, ecografia e caracterização tecidual ecográfica) e terapêuticas (locais ou sistémicas).

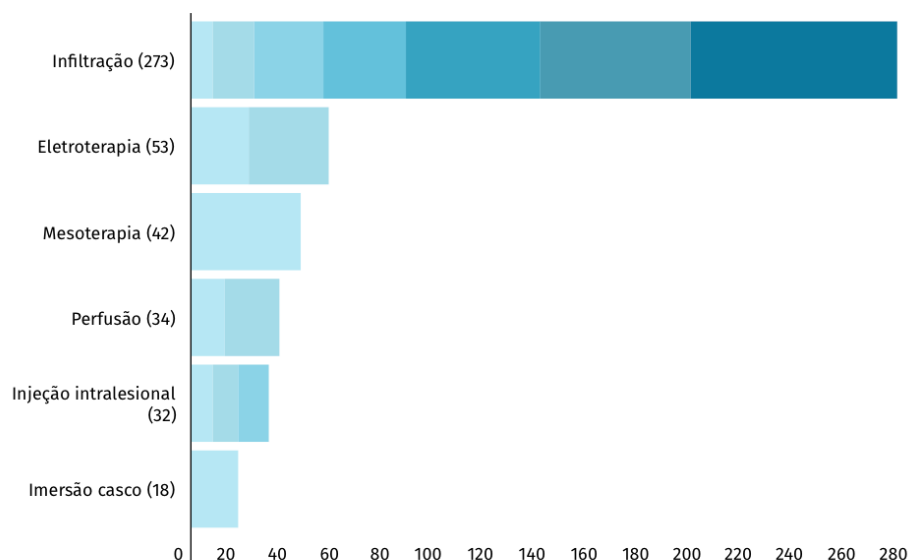


Gráfico 3 – Representação esquemática das abordagens terapêuticas assistidas em ortopedia.

O centro de diagnóstico imagiológico é composto por uma ressonância magnética (RM), uma cintigrafia e duas tomografias computadorizadas (TC), possibilitando a realização de TCs em estação e em decúbito. Neste departamento, a autora era responsável pela cateterização, sedação e imobilização dos pacientes para a realização das RM e TC em estação; e acompanhar a indução, manutenção anestésica e recuperação para as TCs realizada em decúbito.

Considerando os vários casos acompanhados, foi possível à autora observar as fichas clínicas dos pacientes, com especial atenção na anamnese enviada pelos médicos veterinários referentes, bem como acompanhar a realização e interpretação dos exames imagiológicos de alta resolução. Relativamente aos exames complementares de diagnóstico imagiológico, a autora participou ativamente num total de 457, discriminados no gráfico 4.

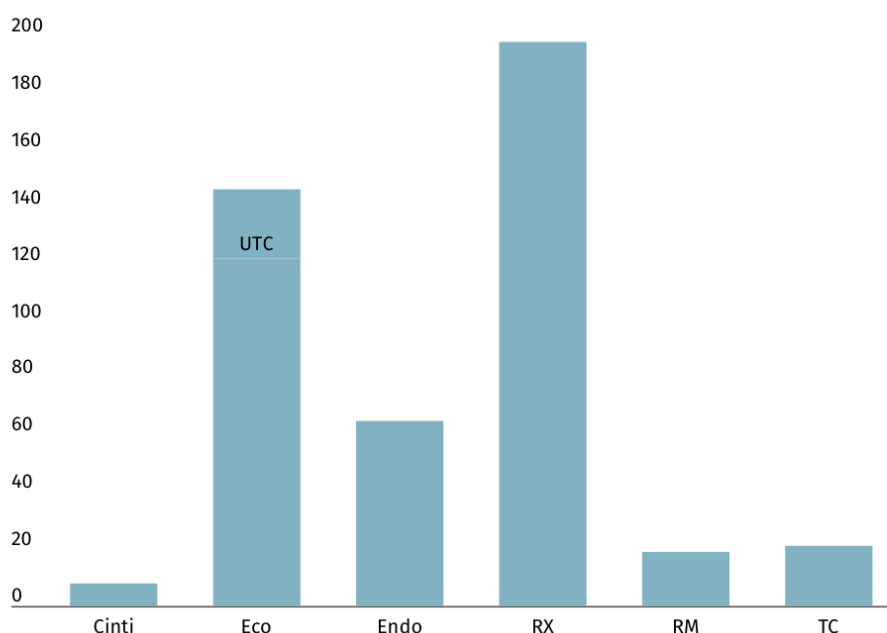


Gráfico 4 – Representação esquemática dos exames complementares de diagnóstico imagiológico acompanhados nos vários departamentos. Cinti – Cintigrafia, Eco – Ecografia, UTC – Caracterização ecográfica tecidular, Endo – Endoscopia, RX – Radiografia, RM – Ressonância magnética, TC – Tomografia computadorizada.

A cirurgia é o departamento responsável pela realização de procedimentos cirúrgicos, sejam estes eletivos ou emergenciais. O edifício de cirurgia e hospitalização é composto por dois blocos cirúrgicos equipados com equipamentos tecnológicos modernos, três boxes de indução e recuperação anestésicas, sala para procedimentos cirúrgicos em estação com tronco de contenção, duas salas de hospitalização, balança, boxes de hospitalização e paddocks.

Na rotação de cirurgia, as funções da autora passavam essencialmente pela preparação dos pacientes, iniciando-se pela pesagem e avaliação pré-anestésica, sedação, encaminhamento para a sala de indução anestésica, e antissepsia da região a ser intervencionada e nas atividades volantes em geral, sendo que foi possível escolher acompanhar a manutenção anestésica ou a cirurgia propriamente dita, bem como dar assistência na recuperação anestésica. Ao longo do estágio, foi possível assistir a 168 cirurgias, discriminadas por sistema no gráfico 5.

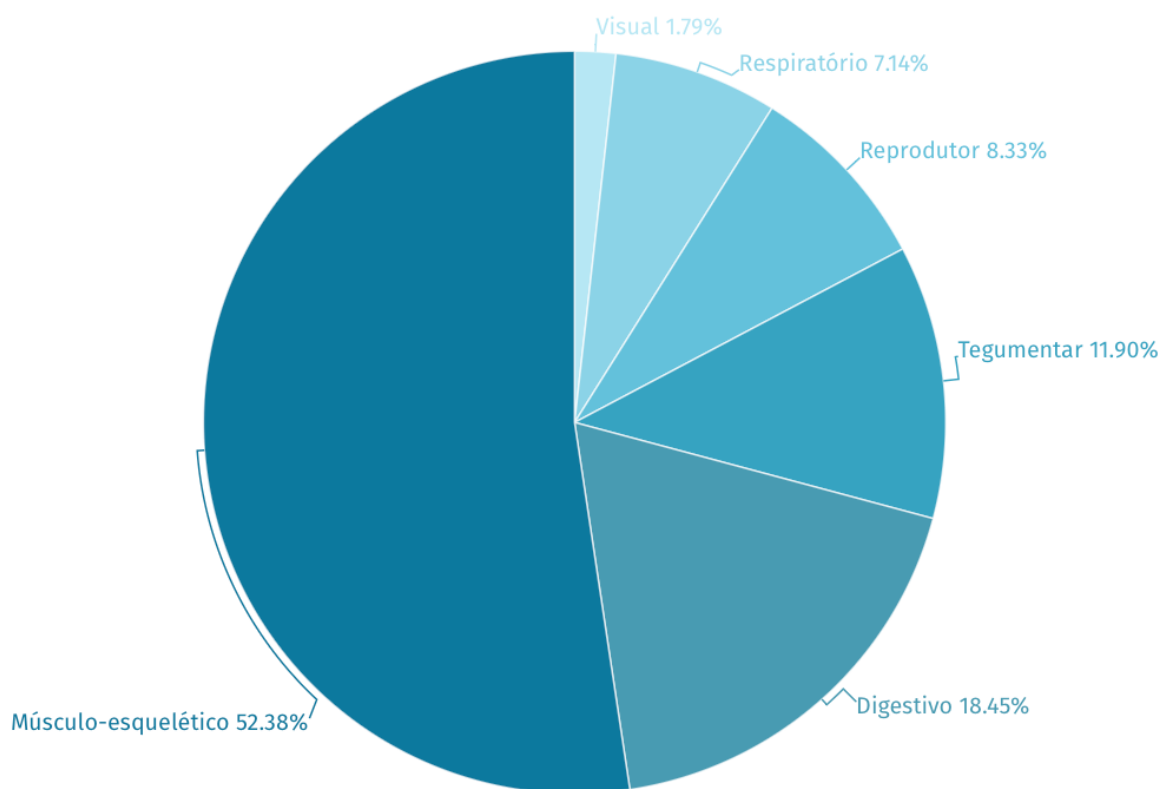


Gráfico 5 – Representação esquemática dos procedimentos cirúrgicos assistidos.

A rotação de hospitalização incluiu a monitorização, tratamento, reabilitação e recuperação dos pacientes pós-cirúrgicos e ortopédicos. Neste departamento, foi também possível acompanhar várias técnicas para melhoria de cicatrização, incluindo terapias medicamentosas, suplementos naturais e protocolos de reabilitação que utilizaram passadeira aquática, guia mecânica, spa, LASER e terapia de ondas de choque (SW).

I. INTRODUÇÃO

A evolução dos equinos conferiu-lhes uma capacidade atlética notável, o que lhes permitiu alcançar altas velocidades (15 m/s) rapidamente como mecanismo de fuga e percorrer longas distâncias diariamente em busca de alimento (Patterson-Kane & Firth, 2014).

Esse desempenho resulta de um sistema músculo-esquelético altamente eficiente, aliado a características anatómicas e fisiológicas distintas (Valberg, 2014). Destas, destacam-se a elevada capacidade aeróbia máxima, amplas reservas energéticas intramusculares, eficiente captação de oxigénio pelo músculo esquelético e a contração esplénica, que aumenta em cerca de 50% a capacidade sanguínea de transporte de oxigénio. O sistema cardiorrespiratório muito desenvolvido, aliado a um volume cardíaco significativo e a uma ventilação pulmonar eficiente, possibilita a manutenção do esforço físico por períodos prolongados, favorecendo tanto a resistência como a capacidade de recuperação pós-esforço (Gerard, Graaf-Roelfsema, Hodgson & Van der Kolk, 2014). Além disso, a locomoção eficiente e os mecanismos avançados de termorregulação contribuem para a resistência e desempenho atlético dos cavalos (Vincze, Szabo, Veres, Uto & Hevesi, 2017).

A preparação dos equinos como atletas exige uma abordagem multidisciplinar, englobando princípios de fisiologia, biomecânica e comportamento animal. Além disso, baseia-se nos fundamentos da adaptação biológica, visto que cada sessão de treino representa um estímulo de *stress* que desencadeia respostas fisiológicas transitórias para manutenção da homeostasia (Lonell *et al.*, 2014). As adaptações induzidas pelo treino podem ocorrer a nível cardiovascular, respiratório, metabólico e músculo-esquelético, contribuindo para a melhoria da *performance* global do cavalo atleta (Vincze *et al.*, 2017).

No âmbito da medicina desportiva, tanto humana como veterinária, o treino é compreendido como um processo estruturado de preparação com vista a um determinado objetivo, sendo a otimização da *performance* um dos principais propósitos (Vermeulen *et al.*, 2017). Embora seja amplamente reconhecido que o treino físico promove melhorias no desempenho, a definição de diretrizes específicas para maximizar a *performance* continua a ser um desafio, dado que envolve múltiplos fatores (Lambert, Viljoen, Bosch, Pearce & Sayers, 2009).

1. Treino e condicionamento físico

A fisiologia do exercício estuda as adaptações fisiológicas geradas pela prática de exercício físico. Ao ter conhecimento das alterações fisiológicas que ocorrem, é possível melhorar os programas de treino, de forma a otimizar a *performance* (Davies, 2017). Durante o exercício físico, ocorrem alterações agudas como aumento do fluxo sanguíneo muscular, aumento das frequências cardíaca e respiratória, aumento do consumo de oxigénio, aumento da taxa de transpiração, aumento da temperatura, secreção de hormonas de *stress*, aumento do fluxo glicolítico e alteração do recrutamento muscular (Gerard *et al.*, 2014; Marlin & Nanverkis, 2008). Estas alterações agudas são transitórias, visto que voltam aos valores de repouso durante o período de recuperação. Se estas sessões de exercício forem repetidas ao longo do tempo, induzem adaptações crónicas ou de condicionamento (Lambert *et al.*, 2009).

A preparação dos cavalos atletas envolve uma combinação de treino e condicionamento físico. O treino desenvolve a coordenação neuromuscular e a disciplina mental, enquanto o condicionamento induz adaptações fisiológicas e estruturais que maximizam o desempenho enquanto o consolidam. Os objetivos gerais do treino são aumentar a *performance* desportiva, retardar o início da fadiga, melhorar as habilidades atléticas, manter o entusiasmo para a prática de exercício físico (Riber, Rubio, Agüera & Muñoz, 2017) e evitar ou minimizar a incidência de lesões, visto que estas são a causa principal de perda de valor na indústria dos equinos (Rogers, Bolwell & Gee, 2012).

Ao estudar os princípios de treino baseados em medicina humana, pedagogia, medicina veterinária e treinadores, Riber e colaboradores (2017) desenvolveram os sete princípios básicos para o treino de equinos: evitar ou minimizar a incidência de lesões, supercompensação, periodização, carga progressiva, especificidade, individualidade e unidade.

As lesões ocorrem quando a carga aplicada a uma estrutura excede a sua capacidade de sustentação, pelo que se aumentar a força músculo-esquelética, torna-se possível evitar lesões dos tecidos biológicos adaptáveis, tais como músculos, tendões, ossos e articulações (Patterson-Kane & Firth, 2014).

A supercompensação é um conceito fundamental na medicina desportiva humana, que afirma que, após um estímulo de treino, ocorre um decréscimo do desempenho devido à fadiga e depleção das reservas energéticas (Mukhopadhyay, 2021).

Assim, o corpo começa a etapa de recuperação, durante a qual repõe as reservas energéticas e repara os tecidos danificados, pelo que o repouso e a nutrição são fundamentais para uma boa recuperação (Garcia *et al.*, 2020). Após a recuperação, o corpo eleva as suas reservas energéticas e capacidades físicas além do nível pré-treino, de forma a preparar-se para suportar uma carga de treino mais intensa (Riber *et al.*, 2017). Este conceito é amplamente discutido, tendo-se tornado a base da periodização do treino, que implica a alteração sistemática de uma ou mais variáveis ao longo do tempo, de forma que o estímulo de treino permaneça desafiador e eficaz, no momento adequado (Mukhopadhyay, 2021).

A carga progressiva defende que, para obter uma resposta positiva no condicionamento, o sistema em questão tem de ser sobrecarregado de alguma forma (Sigler, 2012), considerando variáveis como ação muscular, carga e volume, ordem dos exercícios, períodos de descanso, velocidade e frequência dos treinos (Bird, Tarpenning & Marino, 2005). Para continuar a melhorar o condicionamento físico, a carga imposta tem de ser aumentada gradualmente (Riber *et al.*, 2017).

A especificidade baseia-se em condicionar o indivíduo para o tipo de atividade física que este pratica, realizando treinos com o mesmo nível de exigência das competições, de forma a habituá-los às mesmas (Sigler, 2012).

A individualidade biológica afirma que cada cavalo é um indivíduo único, pelo que todas as suas características (raça, idade, forma como foi criado e histórico médico-veterinário) devem ser tidas em conta quando se desenha o protocolo de treino (Riber *et al.*, 2017).

Por fim, o princípio da unidade defende a integração dos vários sistemas do cavalo como uma unidade funcional, pelo que para uma *performance* individual ótima, os cavalos devem apresentar-se no pico da sua condição física e psicológica (Riber *et al.*, 2017).

Os treinos cardiovasculares, de força e exercícios complementares são bastante importantes para o condicionamento físico, sendo que a importância respetiva depende das exigências da modalidade praticada (Clayton & Harris, 2004).

Nos estágios iniciais de programas de condicionamento físico, o trabalho lento de longa distância é utilizado para aumentar a resistência cardiorrespiratória e iniciar alterações adaptativas nos tecidos musculoesqueléticos (Clayton, 1996). Isto acontece através da utilização das vias metabólicas apropriadas, pelo que é essencial em modalidades de resistência como raides (Clayton & Harris, 2004).

Em medicina desportiva humana, os treinos cardiovasculares são recomendados realizar entre duas a três vezes por semana. Quando se compara o ser humano com o cavalo, o cavalo consegue manter a sua condição cardiovascular mais facilmente, mesmo com menos trabalho imposto (Clayton & Harris, 2004).

Depois de alcançar o grau de resistência desejado, devem intercalar-se exercícios de alta intensidade, para fornecer potência anaeróbia suficiente para os intensos esforços musculares associados à superação da inércia do corpo durante a descolagem, aterragem e mudanças de velocidade ou direção (Clayton, 1996). O treino de força trabalha grupos musculares específicos e apresenta especial importância nos saltos de obstáculos, visto que é uma modalidade de explosão em que é necessário acelerar e saltar rapidamente (Clayton & Harris, 2004).

Para atividades cujo principal requisito é a potência muscular, devem ser realizados treinos de força cerca de três dias alternados por semana, nos quais a carga e a intensidade devem aumentar progressivamente, equilibrando a estimulação muscular e o descanso suficiente. Com o aumento progressivo da intensidade, pode reduzir-se a frequência dos treinos para duas vezes por semana e quando se quer apenas manter, pode realizar-se apenas um treino de força por semana (Clayton & Harris, 2004; Vermeulen *et al.*, 2017).

Existem também alguns exercícios complementares (passivos e dinâmicos) que devem ser realizados diariamente para aumentar a amplitude de movimento articular, através da redução da tensão dos tecidos moles (Clayton, 2017). Mais especificamente nos cavalos de saltos de obstáculos, deve ser trabalhada a flexibilidade de articulações como ombro, cotovelo e carpo, importantes para o salto (Clayton & Harris, 2004). Ao trabalhar a flexibilidade e aumentar a amplitude de movimento articular, torna-se possível que os cavalos apliquem a mesma força contra o solo em distâncias maiores, aumentando a sua velocidade. Além disso, a maior capacidade para gerar impulso e absorção de forças de impacto e choque, são importantes para a diminuição da incidência de lesões (Clayton & Harris, 2004).

Atualmente, existem diversas modalidades equestres. Cada modalidade equestre varia em grau de exigência muscular, força, agilidade, duração e velocidade, além de ser influenciado por fatores extrínsecos como condições climáticas. Os diferentes graus de exigência geram métodos de treino diferentes (Mattosinho *et al.*, 2017).

Os treinos de cada cavalo devem ser adaptados às suas próprias características e à modalidade que praticam, aplicando exigências individuais, tendo em conta o objetivo de condicionar os vários sistemas a suportar o nível crescente de exercício físico (Gomes *et al.*, 2020). Assim, as várias alterações que ocorrem com o condicionamento físico dependem do tipo de estímulo imposto, sendo que podem variar consoante a intensidade e frequência da modalidade praticada (Brooks, Fahey & Baldwin, 2005).

Contudo, ao contrário do que acontece em medicina desportiva humana, os protocolos de treino de equinos ainda são limitados em número e diversidade, pelo que as estratégias para o treino de cada cavalo são baseadas principalmente em julgamentos subjetivos e métodos de treino tradicionalmente empíricos (Rogers *et al.*, 2012), dificultando o trabalho dos cavaleiros e treinadores (Riber *et al.*, 2017).

As modalidades mais estudadas são as corridas de galope e de resistência, por serem mais exigentes metabolicamente (Fraipont *et al.*, 2012). O treino intervalado de alta intensidade é caracterizado por períodos curtos de alta intensidade alternados com períodos de recuperação ativa e é considerado eficaz para melhoria da aptidão cardiorrespiratória, pelo que é utilizado principalmente em cavalos de corrida. Este treino demonstra também melhorias significativas na tolerância ao lactato (Orozco, Arias, Carvajal, Gallo-Villegas & Olivera-Angel, 2021).

De outro modo, protocolos de treino contínuo de longa duração visam melhorar a resistência aeróbia, pelo que se focam em exercícios de baixa intensidade, mas de longa duração, sendo comumente utilizados em cavalos praticantes de raides (Vermeulen *et al.*, 2017). O treino aquático, seja este em piscina ou passadeira, destaca o fortalecimento muscular com menor impacto articular, podendo ser útil para várias modalidades equestres (Greco-Otto, Bond, Sides, Bailey & Leguillette, 2020).

O sucesso do treino de qualquer atleta depende de fatores que vão além das adaptações fisiológicas ao exercício (Gerard *et al.*, 2014). Aspectos como manutenção da motivação, identificação dos limites de tolerância e o desenvolvimento do componente psicogénico, frequentemente descrito como a "vontade de vencer" são essenciais, apesar de difíceis de medir. Estes elementos, muitas vezes relacionados ao "fator humano", são o que distingue os treinadores de elite e os treinadores de desempenho mediano (Gerard *et al.*, 2014).

2. Testes de exercício a campo

A consciencialização crescente da necessidade de compreensão e padronização dos protocolos de condicionamento físico está a levar à realização de testes de exercício de uma forma mais frequente, nas várias modalidades (Allen, Van Erck-Westergren & Franklin, 2016). Os testes de exercício podem ser realizados a campo ou em ambientes controlados, sendo que ambos apresentam vantagens e desvantagens (Mare *et al.*, 2017).

Os testes realizados a campo apresentam como principais vantagens custos mais baixos, poderem ser integrados nos cronogramas de treino, avaliando assim os animais no seu ambiente normal e as possíveis interações entre o cavalo, o cavaleiro e arreios; enquanto as principais desvantagens são a limitação de medições que podem ser realizadas e os potenciais fatores de confusão, que podem levar a erros de interpretação (Courouc -Malblanc *et al.*, 2000).

Normalmente, os testes de exercício a campo são realizados em pistas de treino ao ar livre, pelo que devem ser considerados fatores como temperatura, humidade relativa do ar, condições do solo e o cavaleiro (Mare *et al.*, 2017). Ao serem realizados em pistas de treino, podem ser representativos de ambientes semelhantes aos das competições, pelo que apresentam um papel importante na avaliação dos protocolos de treino dos equinos, através da avaliação das respostas cardiorrespiratórias e metabólicas (Hodgson, McGowan & McKeever, 2014). A base de dados necessária para a realização de testes de esforço é, no mínimo, dependente de medições de frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), concentração de lactato sanguíneo e de glicemia (Mare *et al.*, 2017). Desta forma, permitem estimar a capacidade anaeróbia, também importante para a avaliação física (Hanak *et al.*, 2001; Hodgson *et al.*, 2014).

As padronizações dos testes a campo têm melhorado com a modernização de aparelhos de sistema de posicionamento global (GPS, do inglês “global positioning system”) acoplados a frequencímetros cardíacos, que permitem a medição contínua da FC enquanto medem a velocidade, ao longo do treino (Costa *et al.*, 2015). Além disso, os aparelhos portáteis medidores de lactato permitem a medição rápida e acessível da concentração de lactato no sangue, facilitando a monitorização durante os testes a campo (Mare *et al.*, 2017).

Os testes de exercício realizados em ambientes controlados podem ser realizados, por exemplo, em passadeiras. Ao utilizarem material mais sofisticado, apresentam maior precisão e exatidão, e permitem a medição de um maior número de variáveis, pelo que são considerados mais fidedignos na medicina desportiva humana (Allen *et al.*, 2016).

Os testes realizados em ambientes controlados apresentam várias vantagens, mas diferem das condições normais de treino dos cavalos, o que pode resultar num gasto energético distinto daquele observado em treinos ou competições reais. Além disso, a utilização de passadeiras apresenta algumas desvantagens, como o elevado custo do equipamento, a necessidade de transporte dos animais para instalações específicas e o stress associado à adaptação a um novo ambiente (Allen *et al.*, 2016).

3. Modalidades equestres

A equitação é um desporto muito único, no qual cooperam dois atletas diferentes (o cavalo e o cavaleiro) em termos de capacidades físicas, psicológicas e táticas. Dentro da equitação, existem várias modalidades e disciplinas equestres com objetivos diferentes (Rudmиеze *et al.*, 2023). Os treinadores e cavaleiros têm um trabalho difícil, cujo objetivo é que o cavalo atinja o seu potencial máximo, independentemente da modalidade praticada. Os cavalos devem ser mantidos na sua melhor forma possível, de forma a completarem a quantidade necessária de atividade física sem fadiga, *stress* ou lesões (Riber *et al.*, 2017).

As modalidades variam nos níveis de exigência física, sendo que em algumas o sucesso baseia-se principalmente na capacidade de resistência, como no caso da *endurance*, ou velocidade, como no caso das corridas (Kirsch *et al.*, 2022). O denominador comum das várias modalidades de corrida é a manutenção da maior velocidade média ao longo da corrida, seja esta de 200 m ou 160 km, sendo que a velocidade é o produto do comprimento e da frequência da passada (Gerard *et al.*, 2014).

Altas frequências de passada são o principal requisito das corridas de velocidade, mas a capacidade de aumentar o comprimento da passada torna-se cada vez mais relevante à medida que a distância da corrida aumenta. Em corridas de grandes distâncias, os pontos chave são relativos à eficiência energética e economia de movimento (Clayton, 2017).

Além da velocidade ser um fator determinante das corridas, é também um fator desejável em outras modalidades equestres. Naturalmente, os cavalos conseguem selecionar a velocidade na qual gastam menos energia, contudo a imposição de velocidades mais lentas ou mais rápidas pelos cavaleiros resultam em custos metabólicos mais altos (Clayton & Van Weeren, 2013).

O cavalo de desporto moderno apresenta uma aparência elegante e é descendente de raças de tração cruzadas com raças de sangue quente nomeadamente puro sangue inglês e puro sangue árabe, selecionados essencialmente devido à avaliação visual dos seus andamentos e coordenação (Clayton & Van Weeren, 2013). Estes animais são utilizados essencialmente em disciplinas como *dressage*, saltos de obstáculos e curso completo de equitação, atualmente modalidades equestres olímpicas (FEI, 2022).

3.1. Disciplina de saltos de obstáculos

A prova equestre de salto de obstáculos é uma disciplina olímpica, reconhecida como a mais popular entre atletas e espectadores, na qual homens e mulheres competem entre si e são regulados por instituições nacionais com base em regulações internacionais (FEI, 2022; Hobbs & Clayton, 2023). Os requisitos são complexos, visto que exigem uma combinação de velocidade, potência, força, resistência e técnica, pois necessitam de gerar uma força explosiva para ultrapassar obstáculos, recuperar rapidamente e realizar isto sucessivamente num curto espaço de tempo (Kirsch *et al.*, 2022). A disciplina requer habilidades biomecânicas, mas também potência e força (Riber *et al.*, 2017). Para alcançar totalmente o potencial de um cavalo de obstáculos, são necessários anos de treino técnico e condicionamento físico (Clayton, 1996).

As competições desta modalidade avaliam as capacidades técnicas e a relação cavalo-cavaleiro. Os percursos podem variar em graus de dificuldade, sendo que as dificuldades técnicas das competições dependem da altura e largura dos obstáculos, velocidade necessária e proximidade entre os mesmos (Hobbs & Clayton, 2023).

Os percursos são constituídos por 12 a 14 obstáculos com altura até 1,60 m de altura, 1,80 m de comprimento e até 3 m de largura, ao longo de 450 a 650 m. A distância do percurso e a quantidade e tipo de obstáculos varia consoante o nível de competição (FEI, 2022). A exigência energética depende da extensão total do percurso, velocidade necessária, tamanho e número dos obstáculos e dificuldade técnica do percurso (Hobbs & Clayton, 2023).

Os cavalos de saltos galopam aerobicamente a velocidades entre 5 e 10 m/s entre cada salto, com FC média de 150 a 190 bpm (Hobbs & Clayton, 2023). No entanto, a passagem por cada salto vai aumentando progressivamente a FC, gerando esforço responsável pela utilização das vias anaeróbias, atingindo concentrações sanguíneas de ácido láctico relativamente elevadas, até 9 mmol/L (Mare *et al.*, 2017).

O desempenho desportivo depende de uma combinação entre as capacidades do cavalo e cavaleiro realizarem um percurso onde ultrapassam uma série de obstáculos no menor tempo possível, idealmente sem derrubar nenhuma vara (FEI, 2018).

Relativamente ao cavalo, a conformação física é considerada um fator chave, visto que a capacidade máxima para saltar depende muito das características do sistema músculo-esquelético (Gerard *et al.*, 2014). Para saltar um obstáculo, o cavalo tem de projetar o seu corpo alto o suficiente para o ultrapassar, mas também “girar” e “dobrar-se” sobre o obstáculo, sem lhe tocar. Teoricamente, esta capacidade pode ser uma questão de talento (intrínseco em algumas raças selecionadas para tal), pode ser adquirida através do treino físico ou ser uma combinação de ambos (Santamaría, Bobbert, Back, Barneveld & Van Weeren, 2005).

A monitorização regular de indicadores objetivos de aptidão através de protocolos específicos de teste de exercício para cavalos de obstáculos, além de poderem ser facilmente integrados à rotina de treino diário, também podem ajudar a reconhecer se o cavalo está a lidar bem com as cargas de trabalho aplicadas e minimizar lesões associadas ao exercício (Kirsch *et al.*, 2022). Existem alguns protocolos de testes de aptidão publicados, maioritariamente relativos a cavalos de raça e modalidade específicas, nomeadamente cavalos da raça Puro-Sangue Inglês praticantes de corridas em pistas planas (Mare *et al.*, 2017). Desta forma, nas várias modalidades, os cavalos ainda são treinados por cavaleiros que determinam a forma mais benéfica de condicionamento empiricamente e avaliam subjetivamente a *performance* desportiva de ambos os atletas (Fraipont *et al.*, 2012; Soares *et al.*, 2016).

Tendo em conta a escassa divulgação de protocolos de treino utilizados em cavalos de obstáculos, Lonell e colaboradores (2014) realizaram um estudo prospetivo no qual quantificaram e compararam os métodos de treino de conjuntos profissionais. A carga de trabalho variou substancialmente entre os vários cavaleiros, sendo que os cavalos eram trabalhados (incluindo trabalho à guia, montado e em passadeira) entre 19 a 52 min/dia, mas em todos, o trabalho montado correspondeu à maioria do tempo de exercício praticado.

4. Passadeira aquática

Apesar das passadeiras aquáticas serem amplamente conhecidas em protocolos de reabilitação, a sua aplicação como ferramenta de treino em equinos tem ganho destaque devido ao seu potencial na melhoria da *performance* desportiva (McCrae *et al.*, 2021).

Este tipo de treino aproveita as propriedades físicas da água, como a flutuabilidade, a viscosidade e a pressão hidrostática, para criar um ambiente controlado que permite a redução do impacto articular, estimular a ativação muscular e favorecer o condicionamento físico global (Muñoz *et al.*, 2019).

A redução da carga articular deve-se à flutuabilidade da água, que diminui o peso aparente do cavalo entre 10 e 30%, dependendo da altura do nível da água utilizada (McCrae *et al.*, 2021; Muñoz *et al.*, 2019). Paralelamente, a viscosidade gera resistência adicional ao movimento, levando a maior arrasto, o que exige maior esforço muscular para o deslocamento. Como resultado, a velocidade do exercício pode ser reduzida até metade ou um terço do que seria necessário em terra para despender a mesma quantidade de energia (McCrae *et al.*, 2021). Além disso, a elevação progressiva do nível da água aumenta a resistência ao movimento, intensificando a ativação muscular, melhorando o controlo motor e contribuindo para a estabilidade articular. Simultaneamente, a pressão hidrostática contribui para melhor circulação sanguínea e linfática, otimizando a recuperação muscular (Muñoz *et al.*, 2019).

Em medicina desportiva humana, está descrito que o treino na passadeira aquática (PA) permite promover uma resposta cardiorrespiratória máxima fisiológica. A principal vantagem do exercício em PA reside na possibilidade de proporcionar um treino aeróbio controlado e de baixo impacto, benéfico tanto para cavalos em reabilitação como para cavalos em plena atividade desportiva (McCrae *et al.*, 2021).

Os estudos realizados em equinos indicam que a profundidade da água influencia significativamente a resposta fisiológica. Por exemplo, Greco-Otto e colaboradores (2020) observaram que níveis de água ao nível da articulação femuro-tíbio-patelar aumentam significativamente o consumo de oxigênio e a FC. McCrae e colaboradores (2021) reportaram um aumento de 16% na capacidade aeróbia após apenas 18 dias de treino, além de um desenvolvimento muscular mais acentuado nos membros pélvicos após 20 semanas a utilizar a passadeira apenas uma vez por semana.

No entanto, nem todos os estudos apontam para benefícios consistentes, tendo em conta que Vincze e colaboradores (2017) não identificaram melhorias significativas a nível cardiometabólico, e Firshman e colaboradores (2013) não verificaram mudanças na composição muscular, embora tenham registado um aumento na amplitude de movimento articular.

A utilização de níveis variáveis de água durante o treino em passadeiras aquáticas influencia significativamente a biomecânica dos cavalos, gerando um alongamento da passada, maior impulsão e retidão. À medida que o nível de água aumenta até a região da articulação carpo-metacárpica, ocorre um prolongamento da fase de suspensão da passada com redução na frequência e aumento no comprimento da passada, além de maior amplitude dos movimentos articulares (McCrae *et al.*, 2021).

Adicionalmente, Greco-Otto e colaboradores (2020) demonstraram que este tipo de exercício reduz a aceleração segmental dos membros e atenua o impacto sobre o sistema musculoesquelético, minimizando os riscos associados aos treinos convencionais. Estas alterações indicam um recrutamento muscular específico, tornando o treino em PA uma estratégia promissora para o condicionamento físico em modalidades como saltos de obstáculos, onde força, coordenação e potência muscular são características cruciais (McCrae *et al.*, 2021; Muñoz *et al.*, 2019).

Apesar das evidências promissoras, ainda existem divergências entre os estudos. Fatores como o nível da água e a velocidade da passadeira variam amplamente e podem influenciar os resultados observados. Por outro lado, níveis inadequados de água ou velocidades excessivas podem levar a sobrecarga de estruturas ou ao desenvolvimento desigual de grupos musculares (Tranquille, Tacey, Walker, Nanverkis & Murray, 2018).

Assim, há uma necessidade crescente de padronização dos protocolos de treino (Tranquille *et al.*, 2018), de forma a esclarecer como estas variáveis afetam a carga de trabalho e a maximizar os benefícios para as várias modalidades (Greco-Otto *et al.*, 2020; Mccrae *et al.*, 2021).

Por fim, o treino em PA deve ser visto como uma abordagem complementar e não como substituta do treino convencional. A adaptação progressiva é um fator crítico, sendo essencial a dessensibilização ao equipamento, ao contato com a água e às variações de velocidade para evitar situações de *stress* e insegurança (Equine Hydrotherapy Working Group, 2020). Adicionalmente, a manutenção de uma postura adequada durante o exercício é determinante para garantir uma execução biomecânica eficiente e reduzir o risco de lesões (King, 2016).

5. Metabolismo energético

Para a locomoção ocorrer, é necessária transformação de energia química em energia cinética. A energia química é armazenada em combustíveis metabólicos e as vias de produção de energia estão relacionadas com a produção de trifosfato de adenosina (ATP), utilizado para a contração muscular (Gerard *et al.*, 2014).

Em condições normais, a reserva muscular de ATP é limitada e é apenas suficiente para atividade muscular momentânea, pelo que há necessidade de ressintetizar ATP através das vias aeróbias e anaeróbias (Figueiredo, Costa, Rodrigues & Junior, 2021). Ao iniciar o exercício físico, há um período de latência antes da produção aeróbia de energia contribua de forma substancial. Durante esse tempo, a reserva limitada de ATP muscular é esgotada e é necessária a rápida regeneração de ATP através da fosforilação anaeróbia, que ocorre no citoplasma da célula muscular através de três vias: reação da fosfocreatina, reação da miocinase e glicólise anaeróbia, sendo que as duas primeiras são aláticas (nas quais não há produção de ácido láctico) e produzem quantidades mínimas de ATP (Gerard *et al.*, 2014).

A glicólise anaeróbia é semelhante à aeróbia, mas por cada molécula de glicose há produção de duas moléculas de piruvato, que é convertido em lactato. Esta forma de produção de energia é relativamente rápida quando comparada com a glicólise aeróbia, mas produz menor quantidade de ATP (Chaundry & Varacallo, 2025).

Relativamente às vias aeróbias, a produção de ATP ocorre no interior das mitocôndrias através de reações oxidativas, principalmente através da fosforilação e glicólise aeróbias. Para a fosforilação aeróbia ocorrer, é necessário ter oxigénio (O_2) disponível no músculo e substratos doadores de eletrões, principalmente hidratos de carbono (como a glicose, que se não for utilizada para produção de energia imediata é armazenada como glicogénio no músculo esquelético e fígado) e ácidos gordos (como os triglicéridos, armazenados no citoplasma dos adipócitos) (Gerard *et al.*, 2014).

A importância dos hidratos de carbono para a produção de energia aumenta consoante o aumento da intensidade do exercício, o que torna a glicólise aeróbia bastante importante, visto que a utilização completa de uma mol de glicose gera entre 36 a 38 moléculas de ATP (Chaundry & Varacallo, 2025).

A oxidação de gordura é uma forma considerada eficiente para a produção energética. Após ocorrer lipólise, os ácidos gordos são libertados na circulação sanguínea e ficam disponíveis para produção de energia, sendo que a oxidação completa de uma molécula de ácido palmítico produz 129 moléculas de ATP (Gerard *et al.*, 2014).

a. Metabolismo aeróbio

A aptidão aeróbia ou resistência cardiovascular refere-se à capacidade de um organismo oxigenar o sistema musculoesquelético enquanto realiza atividade física (UC Davis, 2024). Esta capacidade depende principalmente do sistema cardiorrespiratório, nomeadamente da captação e do consumo de O_2 (VO_2) (Greco-Otto *et al.*, 2020).

O VO_2 e a consequente acumulação de dióxido de carbono (CO_2) causam o aumento da FC, bem como resposta no débito cardíaco (Coenen, 2011). Reflete a oxidação de gordura, de hidratos de carbono e de proteínas, principalmente para a produção de ATP, tornando a FC um forte indicador da fosforilação de ATP, ou seja, do gasto energético (Coenen, 2011). Em repouso, o VO_2 dos cavalos é de 3 a 5 ml/Kg/min, mas os cavalos de corrida têm valores em torno de 150 a 170 ml/Kg/min, o dobro dos valores dos atletas humanos. Quando se aumenta a carga de trabalho até ao momento em que o VO_2 não aumenta mais, significa que o organismo atingiu a taxa de captação de oxigénio máxima ($VO_{2máx}$) (Gerard *et al.*, 2014).

Estudos demonstram que o metabolismo aeróbio é predominante em cavalos de *endurance*, dada a natureza prolongada e de baixa intensidade. Os cavalos bem treinados para esta disciplina apresentam maior capacidade de utilização de ácidos gordos como fonte primária de energia, reduzindo a utilização de glicogénio muscular, o que permite maior eficiência metabólica e retardar a fadiga muscular (Clayton & Harris, 2004).

Na fisiologia do exercício humano, o método padrão ouro para avaliar a capacidade aeróbia é a medição direta de VO_2 e $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (Greco-Otto *et al.*, 2020). Contudo, a medição destes parâmetros em equinos é um desafio técnico complexo, devido à falta de sistemas de ergoespirometria portáteis e adaptados para essa finalidade, além de serem muito dispendiosos (Van Erck, Votion, Serteyn & Art, 2007). Mais recentemente, Goachet e Julliand (2015) constataram que a máscara respiratória em equinos exige um período de familiarização relativamente longo, de forma a garantir a sua utilização de forma segura e sem *stress*.

Adicionalmente, a maioria dos cavaleiros e proprietários não têm consciência da importância de definir corretamente as necessidades energéticas dos seus cavalos, pelo que a probabilidade de aderirem a medições invasivas é muito baixa (Nery, Raioppi, Vale, Assenza & Bergero, 2018).

b. Metabolismo anaeróbio

O metabolismo anaeróbio desempenha um papel crucial no fornecimento de energia durante exercícios de alta intensidade e curta duração, em que a disponibilidade imediata de oxigénio é insuficiente para atender às exigências metabólicas (Coenen, 2011). Durante esforços intensos, como provas de explosão, a rápida produção de ATP é essencial para sustentar a contração muscular (Valberg, 2014).

O lactato é o produto da glicólise anaeróbia e apresenta valores de referência de $<0,7$ mmol/L (Williamson, James, May & Casey, 1996). Em esforços máximos, estudos demonstraram que o aumento da concentração de lactato pode alcançar valores entre 20 a 30 mmol/L, refletindo o predomínio do metabolismo anaeróbio (Gerard *et al.*, 2014).

A capacidade anaeróbia de um cavalo é influenciada por fatores como a sua composição muscular, genética e treino, sendo que cavalos com maior proporção de fibras musculares de contração rápida apresentam maior capacidade para esforços anaeróbios intensos, como por exemplo os cavalos de corrida (Gerard *et al.*, 2014). O treino voltado para aumentar a capacidade anaeróbia inclui exercícios intervalados de alta intensidade, que estimulam a glicólise anaeróbia e a tolerância ao lactato (Valberg *et al.*, 2014).

Ao considerar o metabolismo anaeróbio, a monitorização da FC e do lactato sanguíneo são ferramentas indispensáveis para avaliar a intensidade do exercício e a resposta metabólica (Hanak *et al.*, 2001). Estudos reforçam a importância do equilíbrio entre a produção de energia aeróbia e anaeróbia no desenvolvimento de programas de treino adaptados às exigências específicas de cada modalidade (Greco-Otto *et al.*, 2020).

A resposta ao treino e a intensidade relativa de uma sessão podem ser analisadas por meio de medição das concentrações de lactato no sangue ou plasma, realizada durante ou após o exercício (Hanak *et al.*, 2001). O lactato apresenta um aumento exponencial conforme a carga de trabalho se intensifica, sendo que cavalos em melhor condição física acumulam lactato de forma mais lenta durante exercícios em níveis submáximos (Gerard *et al.*, 2014).

c. Avaliação do gasto energético

As necessidades energéticas dos cavalos de desporto têm sido objeto de estudo ao longo dos séculos, sendo que a base do conhecimento atual é resultante de estudos realizados essencialmente nos anos 90 (Nery *et al.*, 2018). O VO_2 é um excelente indicador da capacidade aeróbia do músculo esquelético e da aptidão cardiovascular e o $VO_{2máx}$ integra a eficiência e a coordenação entre os sistemas respiratório, cardiovascular e neuromuscular, além de fornecer informações metabólicas (Greco-Otto *et al.*, 2020).

A taxa metabólica aeróbia total de um organismo num determinado momento é equivalente ao VO_2 , cujas unidades de medida são geralmente ml/Kg/min ou L/min, o que representa uma taxa de consumo energético e não uma capacidade finita (Gerard *et al.*, 2014). Contudo, conforme supracitado, a medição em equinos em testes a campo é um desafio técnico complexo, devido à falta de sistemas de ergoespirometria portáteis e adaptados para essa finalidade, bem como o facto de serem muito dispendiosos (Van Erck *et al.*, 2007).

Atualmente, o método mais fácil e preciso para avaliar as necessidades energéticas no campo é baseado na monitorização da FC e acelerómetros (Nery *et al.*, 2018), o que permite a análise detalhada da *performance* aeróbia (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo & Di Prampero, 2010). Piccione e colaboradores (2013) afirmaram que independentemente da FC apresentar alguns limites (nomeadamente alterações consoante o estado emocional e nível de condicionamento físico), apresenta uma relação linear com a carga de trabalho.

Dentro dos vários métodos propostos na literatura internacional para o cálculo do gasto energético (GE), o método alemão é bastante relevante ao introduzir uma avaliação indireta da energia metabolizável, baseada na relação entre FC e VO₂ (Nery *et al.*, 2018) que reflete a produção de ATP para atividade muscular e permite a estimativa da produção de energia anaeróbia em altos níveis de exercício. Este método baseia-se na seguinte equação GE (J/Kg/min) = $0,0566 \times FC^{1,9955}$ (Coenen, 2011). Goachet and Jullian (2015) obtiveram coeficientes de determinação superiores a 80%, sem diferenças significativas entre estimar o GE através da medida direta de VO₂ e pelo modelo de Coenen.

De forma a definir o GE relacionado com o VO₂, é possível utilizar a FC para quantificar o custo de transporte (COT) por unidade de distância e a exigência de poder metabólico (Pmet) por quilograma de peso vivo. Estes parâmetros podem ser aplicados para determinar a intensidade de esforço e condicionamento físico (Lage *et al.*, 2017; Piccione, Messina, Bazzano, Gianetto & Fazio, 2013).

O gasto energético por unidade de massa corporal para percorrer uma determinada distância em diferentes velocidades, definido como COT, é muitas vezes medido como custo aeróbio, considerando o VO₂ (Piccione *et al.*, 2013). Representa a carga de trabalho a que um animal é sujeito e é utilizado para avaliar a eficiência biomecânica durante a locomoção (Coelho, Sodré & Sousa, 2021). Além de se tratar de uma constante, independente da velocidade, que diminui com o aumento do peso corporal,   afetada pelo tamanho corporal e comprimento dos membros (Piccione *et al.*, 2013). Assumindo a relação linear entre a FC e o VO₂, estudos anteriores determinaram que $COT = (FC - 35) / Kg/m \times 10^3$, tendo em conta que os cavalos utilizados apresentavam FC semelhantes em repouso (35 ± 1 bpm) (Williams, Nankervis, Colborne, Marlin & Schroter, 2009).

Durante os saltos de obstáculos, o movimento vertical do centro de massa do cavalo é mais pronunciado do que em andamentos a altas velocidades, o que requer maior força contra a gravidade, resultando num custo de transporte (COT) mais elevado nessa modalidade (Piccione *et al.*, 2013), sendo que os cavalos em melhor condicionamento físico apresentam menor COT, ao otimizarem o seu desempenho com menor gasto de energia.

O poder metabólico (Pmet) refere-se à quantidade de energia requerida para sustentar o movimento, incluindo tanto o trabalho mecânico como os processos fisiológicos que o suportam (Geor *et al.*, 2013). Fisiologicamente, o Pmet está associado à eficiência com que o cavalo transforma alimento em energia utilizável durante o exercício (Piccione *et al.*, 2013). Pode ser estimado por meio da fórmula $P_{met} = (FC - 35)/\text{min/kg}$, utilizando a FC como indicador indireto da taxa metabólica. Estudos indicam que o Pmet apresenta uma relação linear negativa com a velocidade, ou seja, tende a diminuir à medida que a velocidade aumenta (Schroter *et al.*, 1996). Durante atividades a alta velocidade ou com variações bruscas de ritmo, como aceleração e desaceleração, o Pmet pode aumentar substancialmente devido ao elevado custo energético destas ações (Geor *et al.*, 2013).

No contexto do cavalo atleta, a utilização das estimativas de GE, COT e o Pmet tornam-se parâmetros importantes não só para avaliação da *performance* desportiva, como para a otimização dos protocolos de treino e ajuste nutricional individual, de forma a economizar energia e possibilitar uma recuperação mais rápida (Coelho *et al.*, 2019). Da mesma forma, Williams e colaboradores (2009) observaram que programas de treino que equilibram os estímulos aeróbios e anaeróbios resultam em melhor eficiência energética e menor tempo de recuperação.

Neste sentido, o presente projeto tem como objetivo estudar os efeitos do treino na PA sobre o gasto energético de equinos usados em provas de salto de obstáculos, através da estimativa de índices específicos, nomeadamente GE, COT e Pmet. A hipótese proposta é que a adição da PA ao programa de treino aprimore a condição física dos animais e assim, reduza o consumo de energia dos animais na execução de testes de campo. A compreensão destas respostas é crucial para a preparação de equinos para a disciplina de saltos de obstáculos.

II. MATERIAL E MÉTODOS

A recolha de dados foi realizada no âmbito da rotina de treino realizado no Centro Equestre “O Paddock”, sob a supervisão e monitorização da equipa veterinária da Hidrovet (Centro de Reabilitação e Medicina Desportiva Equina).

Este trabalho foi aceite, sob o formato de póster, no 5º encontro científico do Colégio Europeu de Medicina Veterinária Desportiva e Reabilitação, realizado em Córdoba (Espanha). Além de ter sido apresentado no Concurso de Comunicações Científicas das 16ª Jornadas Internacionais do Hospital Veterinário Muralha de Évora, o seu resumo foi publicado na Revista de Ciências Veterinárias Portuguesa.

1. Animais

Para a realização do presente estudo foram selecionados seis equinos, cinco machos e uma fêmea (três portugueses de desporto, um trotador francês, um puro *warmblood* alemão e um puro *warmblood* belga), com idade estimada de $16,0 \pm 2,37$ anos e peso estimado de $578,3 \pm 17,1$ Kg.

Os animais pertenciam a um centro hípico, localizado em Sintra, Portugal, pelo que eram submetidos ao mesmo tipo de manejo alimentar e sanitário. Foram mantidos em boxes individuais (3x3m) e a base alimentar consistiu em luzerna e aveia fornecida três vezes por dia (pelas 8h, 12h e 18h), 30 minutos antes do alimento concentrado (Easy Mix, Intacol, com 10,5% de proteína e 2750 Kcal de energia digestível), na base de 0,5 Kg/100 Kg de peso vivo. O fornecimento de água foi realizado através de bebedouros automáticos, pelo que estava sempre disponível.

A população escolhida para o estudo foi composta por uma amostra não aleatória, incluindo equinos com constituição corporal e condicionamento físico semelhantes, que saltavam obstáculos de altura igual ou superior a 1m de altura. Encontravam-se em plena atividade física, com rotina de atividade física constante.

Os animais foram sujeitos a exames clínicos prévios, incluindo exames de claudicação, e foram considerados clinicamente aptos para realizarem o estudo, sem quaisquer sinais de dor ou desconforto. No processo de seleção foi considerado o peso corporal e a classificação da condição corporal através de métodos ecográficos.

2. Delineamento do estudo

Cada cavalo foi acompanhado por aproximadamente 23 semanas. O estudo incluiu uma avaliação inicial de aptidão (BASAL), realizada 10 semanas antes do início do treino, seguida pela avaliação pré-treino (M1), realizada uma semana antes do início do treino na passadeira PA. Após o período de treino, foi realizada a avaliação pós-treino (M2), cinco dias após o último dia de treino na PA, como esquematizado na Figura 3. Nas avaliações M1 e M2, os cavalos realizaram um teste de campo de salto de obstáculos (TSO) para analisar o GE e biomarcadores.

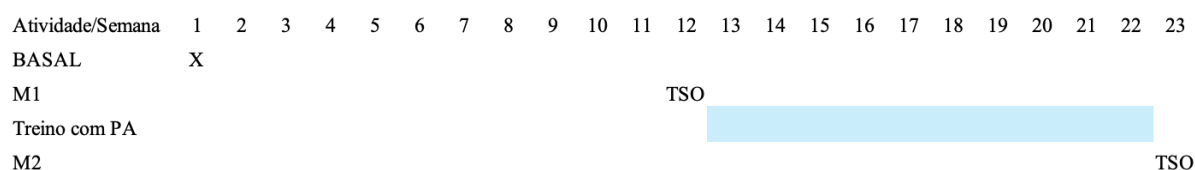


Figura 3 – Cronograma esquemático do estudo.

3. Treino com a passadeira aquática

3.1. Teste de esforço na passadeira aquática

Em M1, todos os cavalos foram submetidos a um teste de esforço, no qual foram trabalhados com a água na altura da articulação carpo-metacárpica, a velocidades progressivas até demonstrem sinais de cansaço, nomeadamente diminuir a velocidade, recuar ou tropeçar.

Durante esta avaliação, os animais utilizaram um sistema de monitorização cardíaca (sensor H10, Polar Electro, Lake Success, NY, EUA) conectado a um acelerómetro triaxial com unidade de medição inercial baseada em GPS (Alogo Move Pro sensor, Alogo Swiss Technology, Renens, Suíça).

Os animais começaram a atividade física na passadeira, ainda seca, a uma velocidade de 4 km/h, para aquecimento por 5 min. Em seguida, iniciou-se o enchimento com água, por um período de 3 a 4 min, até que atingisse cerca de 40 cm de altura (altura da articulação carpo-metacarpiana), mantendo sempre a velocidade. A partir de então, a velocidade foi aumentada progressivamente em 1 km/h para cada minuto, até que atingisse os 7 km/h quando, então, foi mantida a velocidade até o tempo máximo de 15 minutos de duração.

A interrupção do teste aconteceu nas seguintes situações: recuo do animal mesmo com estímulos humanos; aumentos abruptos de FC e/ou FR; tropeços constantes ou dificuldade em manter ritmo. Nos casos de interrupção, ou nos casos em que o tempo máximo foi atingido, o animal permaneceu a trabalhar a ~4 km/h enquanto a cuba era esvaziada.

O valor calculado da FC_{pico} em M1 foi usado para controlo da velocidade de trabalho durante as 10 semanas de treino.

3.2. Treino

Ao longo das 10 semanas do estudo, os equinos foram treinados seis dias por semana, por um período diário de 40 a 60 minutos, durante os quais executaram atividades preparatórias para provas equestres de saltos de obstáculos (trabalho específico), com intensidade moderada (trabalho de resistência), alternadas com picos de maior exigência (trabalho de força), respeitando os limites físicos individuais. A intensidade imposta foi ajustada individualmente.

Para o presente estudo, os animais serviram como seus próprios controlos, pois encontravam-se a realizar o programa de treino específico, com regularidades e intensidades iguais, há mais de um ano. Durante as 10 semanas do projeto, foi incluída a PA na rotina de treino específico para o qual estavam familiarizados (Tabela 1).

Tabela 1 – Programa de treino específico para cavalos de obstáculos, utilizando a PA.

Dia da semana	Andamento	Duração(min)	Obstáculos(nº)	Altura obs(cm)
1º, 3º e 5º dia	Passo	5		
	Trote	25		
	Galope	25		
	Passo	5		
1º e 3º dia	PA	25		
	Passo	5		
	Trote	30		
2º e 4º dia	Galope	20		
	Passo	-	8	90
			3x salto aquecimento	50
	Passo	5		
	Passo	5		
	Trote	30		
6º dia (TSO)	Galope	20	8	100
	Passo	-	3x salto aquecimento	50

Em todas as terças e quintas-feiras (primeiro e terceiro dia da semana), foi realizado um treino em PA (Activo-Med Aqualine). É importante ressaltar que os equinos analisados realizaram dessensibilização ao equipamento previamente, para que este treino não representasse um fator de *stress* adicional.

Durante as sessões, os animais realizaram 5 minutos de aquecimento na passadeira sem água a uma velocidade de 4 km/h. Em seguida, a cuba era enchida com água até ao nível da articulação carpo-metacárpica, com duração de 3 a 4 minutos. Ao longo de 16 a 17 minutos, trabalharam em velocidade compatível com 60% da FCpico nas primeiras 5 semanas; e 80% da FCpico nas últimas 5 semanas do protocolo. No fim da sessão, a cuba era esvaziada em 3-4 minutos, com retorno da velocidade a 4 km/h e posteriormente o equipamento era desligado.

4. Teste de campo de salto de obstáculos (TSO)

Os equinos foram submetidos a dois TSO, um antes e outro após as 10 semanas da inclusão da PA no programa de treino. Em ambos, foram montados pelo mesmo cavaleiro, orientado a realizar o percurso no menor tempo possível, sem penalizações, tal como nas provas desta modalidade. O teste foi realizado num picadeiro descoberto com piso de alto rendimento (sílica) com a dimensão de 60x20m. Antes da execução do teste, todos os animais aqueceram montados a passo por um período médio de 10 minutos, seguido de 15 a 20 minutos de trote e galope, intercalados com períodos de passo de dois minutos.

No TSO, o cavalo e o cavaleiro executaram uma sequência de exercícios característicos da modalidade desportiva de saltos de obstáculos, com a qual estavam familiarizados. A temperatura ambiente, humidade do ar, peso de cavaleiro, peso dos equipamentos e condições de pista foram registadas para auxiliar na interpretação dos dados. A sequência de exercícios está representada na Figura 4, sendo caracterizado por um percurso de aproximadamente 300 metros, com 10 saltos, sendo dois oxers e oito simples, de 1 metro de altura.

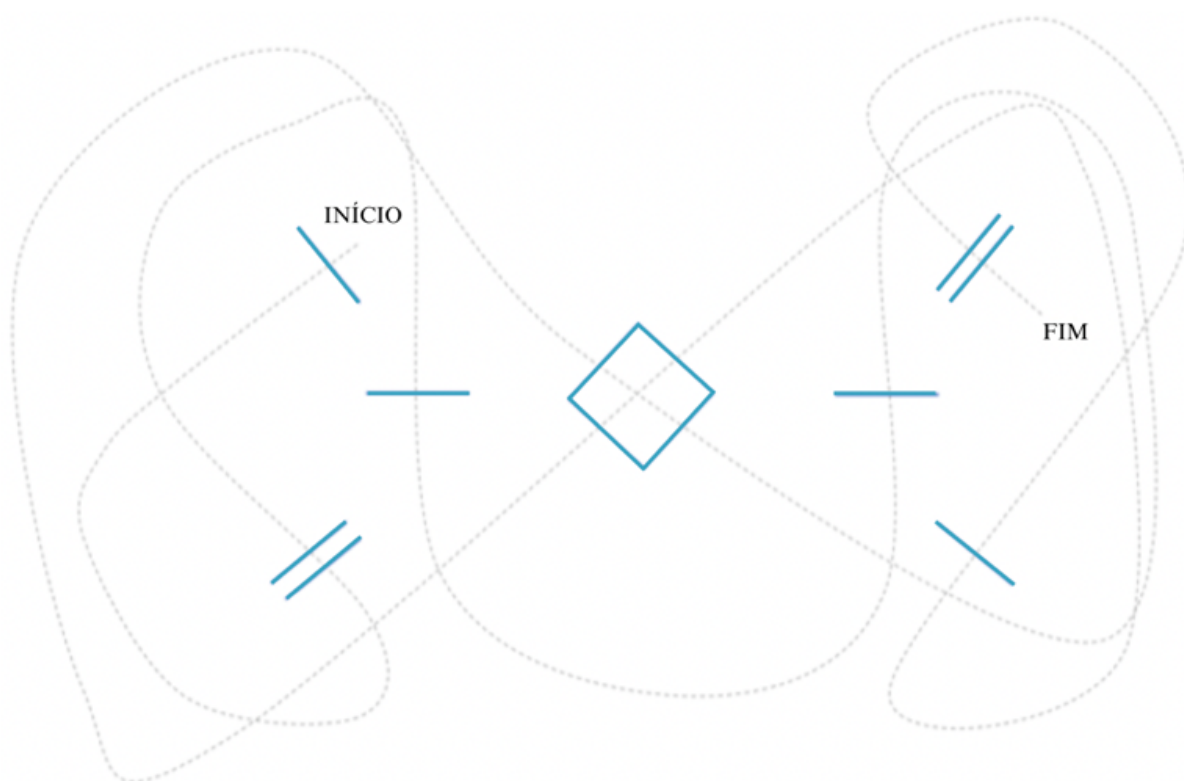


Figura 4 – Pista de obstáculos utilizada no TSO.

4.1. Monitorização cardíaca

Durante o exercício, os animais utilizaram o mesmo sistema de monitorização cardíaco descrito no teste de esforço e a partir da análise dos dados registou-se velocidade média (Vmed) e FC média (FCmed).



Figura 5 – Banda com frequencímetro



Figura 6 – Relógio com sistema GPS
acoplado a cilhão por cima da banda

A partir dos dados registados no monitor cardíaco durante os TSO, foram calculados gasto energético (GE), custo de transporte (COT) e poder metabólico (Pmet) através de fórmulas utilizadas em estudos prévios, considerando a FC de repouso de cada animal, peso corporal total (considerando cavalo, cavaleiro e acessórios) e distância percorrida (m) para COT e duração (min) para Pmet.

$$GE \text{ (J/Kg/min)} = 0,0566 \times FC^{1,9955} \text{ (Coenen et al., 2011).}$$

$$COT \text{ (batimentos/Kg/m} \times 10^3\text{)} = (FC - 35)/Kg/m \times 10^3 \text{ (Williams et al., 2009).}$$

$$Pmet \text{ (batimentos/min/Kg)} = (FC - 35)/min/Kg \text{ (Schroter et al., 1996).}$$

4.2. Colheita e análise sanguínea

Em M1 e M2, foram realizados exames físicos em quatro momentos distintos: antes do exercício físico, com o animal em repouso ainda na boxe (T0); imediatamente após o exercício físico (tempo máximo de 1 minuto após a paragem dos animais) (T1); 30 minutos após o fim da atividade física (T2); 4 horas após o fim da atividade física (T3). Nos momentos acima descritos, foram registadas FC, FR, TC e foram recolhidas amostras sanguíneas após assepsia local com álcool a 70% através de punção da veia jugular para determinação imediata do lactato sanguíneo, através de um aparelho portátil (Lactate Pro 2 LT-1730, Arkray).

5. Análise estatística

A análise estatística foi realizada num programa informático (GraphPad Prism, version 10.3.0, GraphPad, Boston, USA). As variáveis foram consideradas com distribuição normal a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$). Para avaliar a influência do exercício físico em M1 e M2, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas seguido de uma comparação entre médias (teste de Tukey); para avaliar a influência do treino (M1 vs. M2), os dados foram comparados usando teste-t de student em pares. Os resultados foram expressos como médias $\pm$ desvios-padrão, a significância foi estabelecida em $p < 0,05$ em todos os casos.

III. RESULTADOS

No exame físico realizado no momento BASAL, os animais estavam aptos para competir. Os dados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Características basais para seleção dos animais utilizados.

Variável	Equinos (6)
Peso corporal (Kg)	578,3 ± 17,16
Espessura da gordura da garupa (cm)	0,78 ± 0,42
Gordura corporal (%)	12,3 ± 2,0
Massa magra (Kg)	507 ± 18,0

Conforme apresentado na Tabela 3, é possível observar um aumento estatisticamente significativo da Vmed no segundo TSO, acompanhado de reduções estatisticamente significativas no GE e no COT. Para os cálculos de GE, COT e Pmet foram considerados os pesos de cavalos (578,3 ± 17,16 Kg), cavaleiro (100 Kg), sela (8,2 Kg) e equipamentos usados (0,9-1,2 Kg).

Tabela 3 – GE, COT e Pmet registados nos TSO para avaliação do programa de treino de 10 semanas utilizando a PA.

	M1	M2	<i>p</i>
FC (bpm)	128,5±43,3	99,1±25,2	0,1553
Vmed (km/h)	12,9±0,4 ^a	17,0±1,8 ^b	0,0040
GE (J/Kg/min)	1000,3±523,0 ^a	573,5±292,9 ^b	0,0463
COT (batimentos/Kg/mx10 ³)	0,43±0,18 ^a	0,24±0,09 ^b	0,0359
Pmet (batimentos/min/Kg)	0,07±0,03	0,05±0,02	0,2275

Letras diferentes na mesma linha sinalizam influência do treino pelo teste-t de Student em pares ($p \leq 0,05$). M1 – teste de campo realizado antes do treino de 10 semanas, M2 – teste de campo realizado após o treino de 10 semanas, Vmed – velocidade média.

O TSO influenciou todas as variáveis estudadas (FC, FR, TR e lactato), antes e após as 10 semanas do treino, com pico de valores registados geralmente em T1 e recuperação em T2. O treino não alterou as mesmas (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros fisiológicos e lactacidemia (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em TSO, usados na avaliação do treino de 10 semanas utilizando a PA.

Parâmetros	Período de avaliação				<i>p</i>	
	T0	T1	T2	T3	TSO	Treino
FC (bpm)						
M1	30,0 ± 5,5 ^b	91,3 ± 27,5 ^a	34,7 ± 2,1 ^b	33,7 ± 4,8 ^b	<0,0001	0,1647
M2	32,8 ± 3,3 ^b	98,7 ± 16,1 ^a	40,7 ± 3,0 ^b	36,7 ± 3,0 ^b	<0,0001	
FR (rpm)						
M1	13,3 ± 3,3 ^b	46,0 ± 17,3 ^a	17,3 ± 4,8 ^b	15,7 ± 6,3 ^b	<0,0001	0,2200
M2	12,8 ± 1,6 ^b	39,3 ± 11,2 ^a	20,7 ± 5,9 ^b	12,0 ± 0,0 ^b	<0,0001	
TR (°C)						
M1	37,1 ± 0,5 ^b	37,8 ± 0,3 ^a	37,7 ± 0,2 ^a	37,4 ± 0,4 ^a	0,0119	0,2230
M2	37,4 ± 0,2 ^a	37,6 ± 0,4 ^a	37,5 ± 0,3 ^a	37,2 ± 0,2 ^b	0,0001	
Lactato (mmol/L)						
M1	0,87 ± 0,22 ^b	2,07 ± 0,69 ^a	0,95 ± 0,10 ^b	0,92 ± 0,12 ^b	0,0119	0,3627
M2	0,78 ± 0,13 ^b	1,97 ± 0,50 ^a	1,33 ± 0,34 ^b	1,00 ± 0,20 ^b	0,0003	

Letras diferentes na mesma linha sinalizam influência da atividade física (TSO) pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e influência do treino pelo teste-t de student em pares ($p \leq 0,05$). T0 – repouso; T1 – imediatamente após o exercício; T2 – com 30 minutos de recuperação; T3 – com 240 minutos de recuperação; FC – frequência cardíaca; FR – frequência respiratória; TR – temperatura rectal.

Ao longo do protocolo de treino, os animais trabalharam sem sinais de desconforto, apresentando boa aptidão física, sob acompanhamento diário das suas atividades.

Em M1 e M2, a temperatura média ambiente foi de 13,2°C e a humidade relativa do ar de 74,9%. Ao longo dos treinos, a temperatura média ambiente foi de 14,5°C, a humidade relativa do ar foi de 79,1% e a temperatura média da água da passadeira foi de 14,9°C.

O TSO realizado em M1 teve uma duração de 2,19 $\pm$ 0,29 minutos e uma distância total 335,0 $\pm$ 33,9 m. Em M2, a duração foi de 2,02 $\pm$ 0,12 minutos e uma distância total 348,3 $\pm$ 19,4 m.

IV. DISCUSSÃO

A hipótese proposta de que a adição da PA ao programa de treino aprimorasse a condição física e, assim, reduzisse o consumo energético dos animais durante os testes de campo, confirmou-se através da redução estatisticamente significativa de GE e COT e aumento estatisticamente significativo da Vmed, porém sem alterações no Pmet (Tabela 3). As reduções no GE e no COT são especialmente relevantes, pois sugerem menor gasto energético e potencial otimização de protocolos de treino e nutrição. Estes benefícios podem contribuir para uma melhor recuperação pós-esforço, mas também para uma maior longevidade desportiva (Garcia *et al.*, 2020; Gerard *et al.*, 2014).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram a literatura que já havia sugerido benefícios do treino com PA na economia de movimento de equinos (Nankervis *et al.*, 2017; Greco-Otto *et al.*, 2020), mas expandem este conhecimento ao demonstrar melhorias específicas para cavalos usados em provas de salto de obstáculos. A economia de movimento refere-se ao custo líquido de energia (ml O₂/Kg/m), sendo independente da velocidade e do peso corporal. Com a domesticação, os cavalos são forçados a trabalhar em velocidades não naturais, estendendo ou restringindo os andamentos, aumentando o custo de locomoção que teriam naturalmente (Clayton & Van Weeren, 2013).

No presente estudo, a avaliação das adaptações ao treino proposto foi realizada por meio de testes de salto de obstáculos a campo, antes e depois do programa de treino, o que permitiu avaliar objetivamente o nível de desempenho físico de cada animal. Este método apresenta vantagens importantes no contexto das disciplinas equestres, especialmente em contexto de competição (Hodgson *et al.*, 2014).

Ao serem realizados no ambiente habitual, os testes a campo permitem uma análise mais representativa do desempenho real, incluindo as interações entre o conjunto cavalo-cavaleiro e acessórios, bem como a influência de condições externas (Courouc  -Malblanc *et al.*, 2000). As características supracitadas tornam os testes a campo particularmente úteis para monitorizar a eficácia de protocolos de treino em cenários realistas, alinhados com as condições de competição (Allen *et al.*, 2016). A padronização e interpretação dos resultados deste tipo de testes fornece informações objetivas essenciais acerca da *performance* dos cavalos (Mare *et al.*, 2017; Coelho *et al.*, 2019).

Em contrapartida, uma das limitações dos testes a campo está na menor capacidade de controlo de variáveis ambientais e fisiológicas em comparação aos ambientes controlados, como as passadeiras (Mare *et al.*, 2017). No presente estudo, essa limitação foi mitigada pela utilização de monitor cardíaco conectado a acelerómetro triaxial com unidade de medição inercial baseada em GPS, que permitiram a recolha de dados contínuos sobre FC e velocidade durante os testes. No entanto, problemas pontuais como perda de conexão dos dispositivos, evidenciam desafios técnicos que podem impactar a precisão dos dados e dificultar a interpretação de resultados (Coelho *et al.*, 2019).

A *performance* dos equinos foi avaliada através da medição dos parâmetros vitais (FC, FR e TR) e de lactato sanguíneo em quatro momentos diferentes em ambos os TSO, conforme apresentado na tabela 4. Para o estudo em causa, a FC era o parâmetro mais relevante, sendo que para além de possibilitar a avaliação da intensidade da carga de trabalho, iria possibilitar a estimativa de GE, COT e Pmet. Embora a FC média tenha apresentado redução de $128,5 \pm 43,3$ bpm em M1 para $99,1 \pm 25,2$ bpm em M2, a mesma não foi estatisticamente significativa ($p=0,1553$). Contudo, observa-se uma tendência clinicamente relevante, que pode ser relacionada à melhoria da aptidão cardiovascular obtida com o protocolo de treino. A ausência de significância estatística pode ser atribuída às limitações do monitor cardíaco utilizado, que em alguns momentos perdeu conexão, o que pode ter comprometido em parte a recolha de dados em tempo real. Apesar da limitação enunciada, é possível contorná-la através da humedificação do frequencímetro cardíaco (Coelho *et al.*, 2019).

Além da facilidade de utilização do frequencímetro, a sua portabilidade, validação para a espécie equina e o baixo valor comercial, torna-o uma ferramenta bastante útil não só em testes a campo mas também nos treinos diários. A prática da medição da FC durante o exercício físico torna-se bastante importante para o estabelecimento de programas de treino e para o ajuste nutricional (Coelho *et al.*, 2023).

A análise dos dados apresentados na tabela 3 revela aumento estatisticamente significativo da Vmed (de $12,9 \pm 0,4$ km/h em M1 para $17,0 \pm 1,8$ km/h em M2) ($p=0,0040$) e redução estatisticamente significativa no GE e no COT após o período de treino.

O GE diminuiu de $1000,3 \pm 523,0$ J/Kg/min em M1 para $573,5 \pm 292,9$ J/Kg/min em M2 ($p=0,0463$), enquanto o COT reduziu de $0,43 \pm 0,18$ para $0,24 \pm 0,09$ batimentos/Kg/m $\times 10^3$ ($p=0,0359$).

A melhoria do GE e COT está diretamente relacionada com a redução da FC, registada pelo monitor cardíaco utilizado (Nery *et al.*, 2018), sendo que o GE é utilizado essencialmente para estimar a produção total de energia (Coenen *et al.*, 2011) e o COT é utilizado para avaliar a eficiência biomecânica da locomoção (Coelho *et al.*, 2021; Jahn & Seebacher, 2022).

Os valores de GE obtidos foram concordantes aos relatados por Coenen e colaboradores (2011) em que a velocidades idênticas (14,4 km/h) atingiram ~1090 J/Kg/min. Comparativamente, os valores obtidos são inferiores aos de cavalos de corrida trabalhados a trote (~982,8 J/Kg/min) e a galope (~2447,3 J/Kg/min) (Hanák *et al.*, 2001). No entanto, são superiores aos valores de passo (~438,4 J/Kg/min) e, obviamente, em repouso (~87,6 J/Kg/min). Por outro lado, os valores foram semelhantes aos obtidos por Coelho e colaboradores (2021) em cavalos jovens praticantes de *dressage* (~682,8 J/Kg/min).

Os valores de COT obtidos foram concordantes aos relatados por Piccione e colaboradores (2013) em cavalos de obstáculos (~0,25 batimentos/Kg/m x10³), por Schroter e colaboradores (1996) em corridas de obstáculos no terreno (~0,32 batimentos/Kg/m x10³) e aos relatados por Coelho e colaboradores (2021) em provas de vaquejada (valores entre 27,7 e 46,67 batimentos/cavalo/m x10³). Comparativamente, os valores obtidos foram superiores aos de marcha e passo (~0,04-0,8 batimentos/Kg/m x 10³) (Lage *et al.*, 2017; Williams *et al.*, 2009).

O facto do COT ser superior em velocidades menores (como ocorreu em M1) nas provas de salto deve-se ao movimento vertical do centro de massa, pois envolve maior esforço contra a gravidade do que trotar ou galopar a direito em altas velocidades. Conforme já descrito previamente, o COT estima a energia interna necessária para mover os membros em torno do centro de massa e o trabalho necessário para contrariar a gravidade (Piccione *et al.*, 2013).

As alterações supracitadas, apresentadas na Tabela 3, sugerem que o treino na PA melhorou a economia de movimento dos cavalos, ao permitir que estes realizassem a mesma tarefa (TSO) em velocidades superiores, com menor GE e esforço cardíaco (Tranquille *et al.*, 2018; Greco-Otto *et al.*, 2020). Esta melhoria pode ser atribuída à adaptação fisiológica e muscular promovida essencialmente pela resistência imposta pela água, como relatado em estudos anteriores (Vincze *et al.*, 2017).

A adaptação muscular sugerida pelos resultados obtidos neste estudo foi evidenciada por outro estudo realizado paralelamente, pela mesma equipa de investigação, que confirmou que o treino de dez semanas na PA aprimorou o recrutamento muscular. Ao longo do protocolo de treino realizado, os cavalos apresentaram crescimento muscular progressivo (evidenciado através dos valores de CK basais), aumento de massa magra ($485,1 \pm 19,1$ Kg em M1 e $520,1 \pm 42,2$ Kg em M2) e aumento do fluxo sanguíneo e atividade metabólica dos músculos braquiocefálico, semitendinoso e semimembranoso (avaliados termograficamente) (Santos, 2024).

Relativamente ao Pmet, este foi também calculado a partir da FC, mas não se alterou significativamente com o protocolo de treino realizado ($p=0,2275$). Teoricamente, conforme a velocidade aumenta, o Pmet diminui (Piccione *et al.*, 2013), contudo o aumento da velocidade atingida não foi acompanhado por uma diminuição do Pmet estatisticamente significativa. Este resultado não invalida a eficiência do treino, visto que apesar da estabilidade do Pmet, os cavalos foram capazes de sustentar uma maior exigência energética associada a velocidades médias significativamente mais elevadas em M2 (Polglaze & Hoppe, 2019).

No estudo comparativo do poder metabólico (Pmet) entre diferentes tipos de trabalho, Piccione e colaboradores (2013) analisaram o passo em guia mecânica (130 m/min), a passadeira com inclinação de 5% (130 m/min), corrida a trote (660 m/min), percursos de saltos de obstáculos (700 m/min) e corrida a galope (700 m/min). Estes resultados indicaram que o Pmet foi inferior durante o passo na guia mecânica e na passadeira com inclinação, acompanhado por menor FC e velocidade. Além disso, não foi observada influência significativa da distância ou duração do exercício sobre esta variável (Piccione *et al.*, 2013). Não obstante, foram registados valores muito superiores em provas de vaquejada, caracterizadas por alternância entre picos de esforço intenso e períodos curtos de recuperação. Durante estas provas, os cavalos realizam acelerações e desacelerações bruscas para acompanhar e derrubar o boi em alta velocidade (Coelho *et al.*, 2021).

Adicionalmente, os achados da presente pesquisa são concordantes com os obtidos na modalidade de *dressage*, no qual os resultados indicaram reduções estatisticamente significativas de GE e COT após o período de treino, além de um aumento estatisticamente significativo da Vmed.

No entanto, o Pmet manteve-se constante ao longo do estudo, o que sugere que os treinos realizados para as modalidades de *dressage* e saltos de obstáculos, com ou sem utilização de PA, não exigem acelerações e desacelerações suficientemente intensas para alterar esta variável (Coelho *et al.*, 2023).

Através da análise dos parâmetros fisiológicos, representados na Tabela 4, podemos observar que os cavalos recuperaram os valores basais em 30 minutos após o término do exercício, o que significa que o grupo de animais escolhido estava condicionado fisicamente para a prática desta modalidade e na intensidade que foi praticada (Binda *et al.*, 2016; Figueiredo *et al.*, 2021).

Em ambos os TSO, foi registada taquicardia em T1, associada ao esforço físico realizado. Este aumento da FC pode ser explicado pelo aumento da atividade do sistema nervoso simpático e pela libertação de adrenalina (Allen *et al.*, 2016; Marlin & Nanverkis, 2008), como resposta às exigências impostas aos músculos em atividade (Coelho *et al.*, 2019).

Alterações nos valores cardíacos também podem ser sugestivas de desconforto, dor ou outros fatores externos. No entanto, conforme observado em outros estudos, os valores cardíacos retornaram aos níveis pré-esforço em T2 (após 30 minutos de recuperação), o que indica que os cavalos apresentaram bom condicionamento físico e estavam bem adaptados à intensidade do exercício proposto, eliminando a possibilidade de lesões ou desconforto significativo (Coelho *et al.*, 2019).

Este condicionamento foi também evidenciado pelos valores de FR, que aumentaram em T1, mas recuperaram em T2, e pela estabilidade da TR, que não sofreu alterações significativas em resposta à atividade física realizada durante o percurso de obstáculos (Hodgson *et al.*, 2014)

O lactato sanguíneo aumentou imediatamente após o exercício físico (T1), mas não atingiu valores superiores a 4 mmol/L, valor correspondente ao limiar anaeróbio em equinos, o que comprova que os exercícios realizados foram predominantemente aeróbios (Mare *et al.*, 2017). Embora nenhuma atividade física seja exclusivamente aeróbia ou anaeróbia, a produção de energia aeróbia é vital em todos os casos, pelo que o estabelecimento de uma boa fase aeróbia é considerada primordial em qualquer programa de treino (Gerard *et al.*, 2014).

A ausência de um aumento estatisticamente significativo no lactato sanguíneo indica que o treino na PA melhorou a *performance* sem sobrecarregar o metabolismo anaeróbio, o que é vantajoso na prevenção de fadiga muscular precoce e manutenção do entusiasmo dos cavalos perante os treinos físicos (Riber *et al.*, 2017).

A fadiga é uma resposta fisiológica complexa, comumente associada à acumulação de lactato, pois está ligada à produção de energia no músculo, que ocorre em momentos de esforço máximo, levando à incapacidade de sustentar mais atividade física na intensidade atual (Gerard *et al.*, 2014).

Ao longo do estudo, as condições ambientais foram monitorizadas e permaneceram constantes, com temperatura média ambiente de ~14°C, humidade relativa do ar de ~77% e temperatura da água de ~15°C. Estudos prévios reforçam que temperaturas entre 5°C e 20°C são as ideais para promover adaptação fisiológica sem gerar *stress* térmico, pelo que é possível afirmar que as condições ambientais não representaram um fator limitante durante o projeto. Embora as condições ambientais deste estudo não tenham representado um fator limitante, é sabido que variações significativas na temperatura ambiente ou na humidade relativa do ar podem afetar as respostas fisiológicas dos cavalos (Hedler, Andreazzi & Zamai, 2019).

Este estudo destaca-se pela sua relevância ao explorar os efeitos de um protocolo de treino com PA em cavalos de saltos de obstáculos, uma área ainda pouco investigada. Apesar da homogeneidade do grupo utilizado e embora os resultados se tenham revelado promissores, o pequeno tamanho amostral pode ter limitado a deteção de alterações significativas em alguns parâmetros. Estudos futuros com maior amostragem e acompanhamento num maior período de tempo são necessários para confirmar os benefícios do treino na PA e explorar a sua aplicação nas diferentes modalidades equestres (Greco-Otto *et al.*, 2020).

V. CONCLUSÃO

O protocolo de treino proposto resultou numa redução significativa do gasto energético e do custo de transporte, além de ter promovido um aumento significativo da velocidade média atingida. Eses resultados indicam que a inclusão da passada aquática em programas de treino é uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência metabólica e a *performance* de cavalos de salto de obstáculos, visto que o treino proposto melhorou indicadores relacionados ao metabolismo energético, acompanhados de velocidades superiores.

O protocolo de treino mostrou-se eficaz para o grupo de equinos estudado, atingindo os objetivos estabelecidos. Além disso, a presente dissertação contribui para o aumento do conhecimento científico disponível sobre protocolos de treino em passadeiras aquáticas, com foco na modalidade equestre de salto de obstáculos.

Ao demonstrar melhorias significativas na eficiência metabólica e na economia de movimento, este trabalho contribui para o avanço do conhecimento sobre estratégias de condicionamento físico equino e a sua aplicação prática nas modalidades desportivas. Assim, este estudo assume um papel pioneiro ao fornecer dados que podem servir de base para futuros protocolos de treino específicos, promovendo o bem-estar e o desempenho desportivo dos cavalos.

Os índices avaliados foram calculados através de métodos de monitorização não invasivos e de baixo custo, o que demonstra que é possível acompanhar os treinos em tempo real e realizar ajustes tanto nos programas de treino como nos planos nutricionais. A aplicação destes resultados na avaliação de equinos com características semelhantes é um fator relevante, pois permite o desenvolvimento de planos de treino personalizados, adaptados às necessidades fisiológicas de cada indivíduo, promovendo melhor *performance*.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, J., Van Erck-Westergren, E., & Franklin, H. (2016). Exercise testing in the equine athlete. *Equine Veterinary Education*, 28(2), 89–98. <https://doi.org/10.1111/eve.12410>
- Binda, B., Teixeira, A., Carvalho, S., Macedo, P., Conti, C., Manso Filho, H. C., & Coelho, C. (2016). Effects of 3-Barrel Racing Exercise on Electrocardiographic and on Blood Parameters of Quarter Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 47, 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.08.001>
- Bird, S. P., Tarpenning, K. M., Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(10), 841–851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535100-00002>
- Brooks, A., Fahey, D., Baldwin, M. (2005) Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications. Fourth Edition. McGraw-Hill, New York.
- Chaudhry, R. & Varacallo, A. (2025). Biochemistry, glycolysis. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Clayton, H. (1996). Time-motion analysis of show jumping competitions. *Journal of Equine Veterinary Science*, 16(6), 262–266. [https://doi.org/10.1016/s0737-0806\(96\)80195-x](https://doi.org/10.1016/s0737-0806(96)80195-x)
- Clayton, H. (2004). The Dynamic Horse: a biomechanical guide to equine movement and performance. Mason MI: Sport Horse Publications
- Clayton, H. & Hobbs J. (2017). The role of biomechanical analysis of horse and rider in equitation science: *Applied Animal Behaviour Science*, 190, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.02.011>
- Clayton, H. & Van Weeren, P. (2013). Performance in equestrian sports in Equine Locomotion. Second Edition. 305-340. ISBN 978-0-7020-2950-9

Coenen, M. (2011) The suitability of heart rate in the prediction of oxygen consumption, energy expenditure and energy requirement for the exercising horse. Institute of Animal Nutrition, University of Veterinary Medicine Hannover-Foundation, Bischofsholer Damm 15, 30173

Coelho, C., Silva, A., Santos, A., Vintém, C., Santos, C., Fonseca, J., Prazeres, J., Souza, V., Gola, A., Manso Filho, H. C., & Simões, J. (2023). Is a 6-week training protocol effective in preparing young Lusitano horses in early athletic life? *Comparative Exercise Physiology*, 19(5), 429-437. <https://doi.org/10.1163/17552559-20220063>

Coelho, C., Sodr , T., & Sousa, L. (2021). How much energy Vaquejada horse spend in a field simulation test? *Animals*. 11, 3421.

Coelho, C., Adam, G., Silva, G., Carvalho, R., Souza, V. & Fazio, F., (2019). Heart rate monitoring in Mangalarga Marchador horses during a field marcha test. *J Equine Vet Sci*, 79, 50-53.

Courouc , A., Corde, R., Valette, P., Cassiat, G., Hodgson, R., & Rose, J. (2000). Comparison of some responses to exercise on the track and the treadmill in french trotters: Determination of the optimal treadmill incline. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 159(1), 57–63. <https://doi.org/10.1053/tvj.1999.0381>

Costa, S., Ogilvie, D., Dalton, A., Westgate, K., Brage, S., & Panter, J. (2015). Quantifying the physical activity energy expenditure of commuters using a combination of global positioning system and combined heart rate and movement sensors. *Preventive medicine*, 81, 339–344. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.09.022>

Davies, Z. (2017). Exercise physiology, functional anatomy and conformation. In *Equine Science*, (3a Ed., pp. 365-390). Wiley-Blackwell.

Equine Hydrotherapy Working Group (2020). Equine water treadmill exercises – A guide for users. Disponível em <https://pure.hartpury.ac.uk/en/publications/equine-water-treadmill-exercises-a-guide-for-users>

Equitom Lummen (sem data). *Infrastructure and terrain*. Obtido 1 de janeiro de 2025, de <https://www.equitom.be/en/clinic/infrastructure-and-terrain/>

Federação Equestre Internacional (2022). FEI Jumping Rules. 27th edition, effective 1 January 2022. Disponível em: https://inside.fei.org/sites/default/files/Jumping_Rules_2023_clean_BoardResolutionJan.pdf

Federação Equestre Internacional (2018). FEI Jumping Rules. 26th edition, effective 1 January 2018. Disponível em https://inside.fei.org/system/files/Jump_Rules_26thEd_2019_Mark-up_correx_Art-261.4.4.pdf

Fraipont, A., Van Erck-Westergren, E., Ramery, E., Fortier, G., Lekeux, P., & Art, T. (2012). Assessing fitness in endurance horses. *The Canadian Veterinary Journal. La Revue Veterinaire Canadienne*, 53(3), 311–314.

Firshman, M., Mendez-Angulo, L., Groschen, M., Kieffer, J., & Trumble, N. (2013). Effect of water depth on amount of flexion and extension of joints of the distal aspects of the limbs in healthy horses walking on an underwater treadmill. *American Journal of Veterinary Research*, 74(4), 557–566. <https://doi.org/10.2460/ajvr.74.4.557>

Figueiredo, M., Costa, G., Rodrigues, V., & Junior, D. (2021). Exercise physiology an essential tool in the evaluation of equine athletes: Review. *Pubvet*, 15(6), 1-10. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n06a848.1-10>

Garcia, C., Martins, F., Silva, L., Brandi, A., Feijó, O., Barbosa, A., Bruhn, P., & Corrêa, N. (2020). Frequência cardíaca, lactacidemia e gasto energético de equinos da raça Crioula em provas credenciadoras ao Freio de Ouro. *Arquivo brasileiro de medicina veterinaria e zootecnia*, 72(5), 1631–1638. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11741>

Gerard, M., Graaf-Roelfsema, E., Hodgson, D., Van der Kolk, J. (2014). Metabolic energetics. In *Equine Locomotion*: 2ª Ed. 419-435. 10.1016/B978-0-7216-0075-8.00012-5.

- Goachet, G., Julliand, V. (2015). Implementation of field cardio-respiratory measurements to assess energy expenditure in Arabian endurance horses. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 9(5), 787–792. <https://doi.org/10.1017/S1751731114003061>
- Geor, R. J., Harris, P. A., & Binns, S. H. (2013). The role of exercise in conditioning horses for optimal performance. *Journal of Equine Veterinary Science*, 33(7), 592-600.
- Gomes, N., Alves, M., Ribeiro Filho, D., Moraes, J., Barreto, A., Fucuta, S., Ribeiro, M., & Miranda, M. (2020). Physiological and biochemical responses and hydration status in equines after two barrel racing courses. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 40(12), 992–1001. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6710>
- Greco-Otto, P., Bond, S., Sides, R., Bayly, W., & Leguillet, R. (2020). Conditioning equine athletes on water treadmills significantly improves peak oxygen consumption. *The Veterinary Record*, 186(8), 250. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1290-2>
- Hanak, J., Jahn, P., Kabeš, R., Sedlinska, M., Zert, Z., Mezerova, J., & Chvatal, O. (2001). A field study of oxygen consumption and estimated energy expenditure in the exercising horse. *Acta Vet Br*, 70, 133–139.
- Hedler, L., Andreazzi, M., & Zamai, M. (2019). Estudo sobre condições climáticas e desempenho de cavalos atletas participantes de prova de três tambores. Disponível em <https://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/3370/1/DAYNE%20LORAINNE%20HEDLER.pdf>
- Hobbs, S. J., & Clayton, H. (2023). The Olympic motto through the lens of equestrian sports. *Animal Frontiers*, 12(3), 45–53. <https://doi.org/10.1093/af/vfac025>
- Hodgson, R., McGowan, M., & McKeever, H. (2014). *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*. Elsevier Health Sciences. Second Edition, 366-374.
- Jahn, M., & Seebacher, F. (2022). Variations in cost of transport and their ecological consequences: a review. *The Journal of Experimental Biology*, 225(15). <https://doi.org/10.1242/jeb.243646>

King, M. R. (2016). Principles and application of hydrotherapy for equine athletes. *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 32(1), 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2015.12.008>

Kirsch, K., Fercher, C., Horstmann, S., von Reitzenstein, C., Augustin, J., & Lagershausen, H. (2022). Monitoring performance in show jumping horses: Validity of non-specific and discipline-specific field exercise tests for a practicable assessment of aerobic performance. *Frontiers in Physiology*, 12, 818381. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.818381>

Lage, J., Fonseca, G., Barros, M., Feringer-Júnior, H., Pereira, T., & Ferraz, C. (2017). Workload of official contests, net cost of transport, and metabolic power of Mangalarga Marchador horses of marcha batida or picada gaits. *Journal of Animal Science*, 95(6), 2488–2495. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1270>

Lambert, M., Viljoen, W. Bosch, A., Pearce, A., Sayers, M. (2009). General Principles of Training. 10.1002/9781444300635.ch1.

Lönnell, C., Bröjer, J., Nostell, K., Hernlund, E., Roepstorff, L., Tranquille, A., Murray, C., Oomen, A., van Weeren, R., Bitschnau, C., Montavon, S., Weishaupt, A., & Egenvall, A. (2014). Variation in training regimens in professional showjumping yards. *Equine veterinary journal*, 46(2), 233–238. <https://doi.org/10.1111/evj.12126>

Mattosinho, O., Sampaio, A., Balarin, S., Fiorato, A., Vasques, B., Silva, A., & Marcusso, F. (2017). Alterações hematológicas e bioquímica sérica de equinos atletas. *Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública*, 4(1), 082. <https://doi.org/10.4025/revcivet.v4i1.35706>

Mare, D., Boshuizen, B., Plancke, L., Meeûs, D., Bruijn, D., & Delesalle, C. (2017). Standardized exercise tests in horses: current situation and future perspectives. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift, Ghent University* 86, 63-72.

Marlin, J., Nankervis, K., (2008). *Equine Exercise Physiology*, Blackwell Science, Oxford, United Kingdom, Pp. 75–85. 180–183, 232–234.

McCrae, P., Nankervis, K., Tranquille, C., York, J., Lashley, M., Baumann, M., Murray, R. (2021). Consensus for the general use of equine water treadmills for healthy horses. *Animals*, 11(2), 1-8. <https://doi.org/10.3390/ani11020305>

Mukhopadhyay, K. (2021). Physiological basis of adaptation through super-compensation for better sporting result. *Advances in Health and Exercise*, 1(2), 30–42. Disponível em <https://www.turkishkinesiology.com/index.php/ahe/article/view/13>

Muñoz, A., Becero, M., Saitua, A., Argüelles, D., Medina, A., & Castejón-Riber, C. (2019). Exercise in the water: should we incorporate it into training and rehabilitation programs for the sport horse? *Atti Della Accademia Peloritana Dei Pericolanti - Classe Di Scienze Medico-Biologiche*, 107(2), 1-11. <https://doi.org/10.6092/1828-6550/APMB.107.2.2019.SD3>

Nery, J., Racioppi, F., Valle, E., Assenza, A., & Bergero, D. (2018) Proof of concept on energy expenditure assessment using heart rate monitoring and inertial platforms in show- jumping and riding school horses. *J Equine Vet Sci*, 61, 1–6.

Orozco, C., Arias, P., Carvajal, A., Gallo-Villegas, J., Olivera-Angel, M. (2021). Efficacy of high-intensity interval training compared with moderate-intensity continuous training on maximal aerobic potency in dogs: Trial protocol for a randomised controlled clinical study. *Veterinary Record Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1002/vro2.4>

Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: A new match analysis approach. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 170–178. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181ae5cfd>

Patterson-Kane, J. C., & Firth, E. C. (2014). The pathobiology of exercise-induced superficial digital flexor tendon injury in Thoroughbred racehorses. *Veterinary journal (London, England 1997)*, 181(2), 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.02.009>

Piccione, G., Messina, V., Bazzano, M., Giannetto, C., & Fazio, F. (2013). Heart Rate, Net Cost of Transport, and Metabolic Power in Horse Subjected to Different Physical Exercises. *Journal of Equine Veterinary Science*, 33(8), 586–589. doi:10.1016/j.jevs.2012.09.010

Polglaze, T., & Hoppe, M.W. (2019). Metabolic power: a step in the right direction for team sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14, 407-411

Riber, C., Rubio, D., Agüera, E., & Muñoz, A. (2017). Objectives, principles, and methods of strength training for horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 56, 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.04.011>

Rogers, W., Bolwell, F., & Gee, K. (2012). Proactive Management of the Equine Athlete. *Animals : an open access journal from MDPI*, 2(4), 640–655. <https://doi.org/10.3390/ani2040640>

Rudmienze, S. & Fernate, A. (2023). Horse and rider factors of performance in show-jumping discipline. *Proceedings of the International Scientific Conference*. 2. 656-669. [10.17770/sic2023vol2.7161](https://doi.org/10.17770/sic2023vol2.7161).

Santos, C. (2024). Recrutamento muscular em equinos de saltos de obstáculos treinados por 10 semanas na passeadeira aquática (Dissertação de Mestrado). Universidade Lusófona, Lisboa.

Santamaría, S., Bobbert, F., Back, W., Barneveld, A., & Van Weeren, R. (2005). Effect of early training on the jumping technique of horses. *American Journal of Veterinary Research*, 66(3), 418–424. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2005.66.418>

Sigler, D. (2012). Conditioning and Retraining the Equine. *Agricultural and Food Sciences*. Texas A&M AgriLife. Corpus ID: 12531477

Soares, B., Ferraz, C., Trigo, P., D'Angelis, F., Feringer-Júnior, H., Nardi, B., Almeida, Q., & Queiroz Neto, A. (2016). Comparison between specific and nonspecific tests for evaluating the physical fitness of show jumping horses. *Comparative Exercise Physiology*, 12(3), 131–140. <https://doi.org/10.3920/CEP160018>

UC Davies. Sports Medicine. (2024). VO2max and Oxygen Consumption. Ucdavis.edu. Obtido em 15 de outubro de 2024, de <https://health.ucdavis.edu/sports-medicine/resources/vo2description>

Schroter, R., Baylis, E., & Marlin, D. (1996) Gait, estimated net cost of transport and heat production at different speeds in three-day event horses. *Equine Vet J*, 22, 16–23.

Tranquille, A., Tacey, B., Walker, A., Nankervis, K., Murray, C. (2018). International survey of equine water treadmills – why, when and how?. *Journal of Equine Veterinary Science*, S073708061730792X– . doi:10.1016/j.jevs.2018.05.220

Valberg. (2014). Muscle Anatomy, Physiology, and Adaptations to Exercise and Training. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 174–201). Saunders/Elsevier.

Van Erck, E., Votion, M., SerTEYN, D., & Art, T. (2007). Evaluation of oxygen consumption during field exercise tests in Standardbred trotters. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 4(01), 43. doi:10.1017/s1478061507776466

Vermeulen, R., Meeûs, C., & Plancke, L., Boshuizen, B., Bruijn, M., Delesalle, C. (2017). Effects of training on equine muscle physiology and muscle adaptations in response to different training approaches. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*. 86. 10.21825/vdt.v86i4.16183.

Vincze, A., Szabo, C., Veres, S., Uto, D., & Hevesi, A. (2017). Fitness improvement of show jumping horses with deep water treadmill training. *Veterinárni Medicina*, 62(No. 4), 192–199. doi:10.17221/135/2016-vetmed

Williams, J., Nankervis, J., Colborne, R., Marlin, J., & Schroter, C. (2009). Heart rate, net transport cost and stride characteristics of horses exercising at walk and trot on positive and negative gradients. *Comparative Exercise Physiology*. doi:10.1017/s1755254009990092

Williamson, C., James, P., May, D., & Casey, J. (1996). Horse plasma lactate determinations: Comparison of wet and dry chemistry methods and the effect of storage. *Equine Veterinary Journal*, 28(5), 406–408. <https://beva.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2042-3306.1996.tb03113.x>