



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

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

**RECRUTAMENTO MUSCULAR EM EQUINOS DE
SALTOS DE OBSTÁCULOS TREINADOS POR
10 SEMANAS NA 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 Doutora Carolina Nascimento.

Carolina Taleigo dos Santos, nº 21805466

2024

www.ulusofona.pt



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

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

**RECRUTAMENTO MUSCULAR EM EQUINOS DE
SALTOS DE OBSTÁCULOS TREINADOS POR
10 SEMANAS NA PASSADEIRA AQUÁTICA**

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa, no dia 3 de outubro de 2024, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º: 966/2024, de 30 de setembro de 2024, com a seguinte composição:

Presidente: Professor Doutor Pedro Faísca

Arguente: Professor Doutor Mário Cotovio (Universidade Lusófona)

Orientadora: Professora Doutora Clárisse Coelho

Carolina Taleigo dos Santos, nº 21805466

2024

www.ulusofona.pt

Um cavalo é a projeção dos sonhos das pessoas sobre
si mesmas – forte, poderoso, bonito – e tem a
capacidade de nos proporcionar uma
fuga da nossa existência mundana.

- Pam Brown

DEDICATÓRA

Para os meus pais e avós.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Lisboa, docentes e colaboradores obrigada por partilharem os vossos conhecimentos e experiências ao longo destes seis anos, fundamentais para o meu desenvolvimento académico e profissional.

À minha orientadora, Professora Doutora Clarisse Coelho, pelo apoio, incentivo constante e dedicação incansável ao longo deste projeto. Agradeço a confiança que depositou em mim. Teve enorme impacto na minha vida académica, uma amizade que levo para a vida.

À Professora Doutora Carolina Nascimento, pela partilha, orientação, transmissão de conhecimentos, disponibilidade e apoio para a concretização deste projeto.

Ao Hospital de Referência La Equina e a todo o corpo clínico, em especial ao Dr. Miguel Valdés, Dr^a. Joana Ramos, Dr. Antonio Murillo, Dr. Emílio Saez e internos Dr^a. Dorita Guerrero e Dr. Jesús Gonzalez pela oportunidade que me deram em fazer parte da vossa equipa, pela partilha de ensinamentos, boa disposição e motivação. Aos colegas que conheci durante este estágio obrigada por todo o apoio.

À equipa da Eqvet por me acolherem, integrarem e permitirem acompanhar-vos numa realidade diferente da hospitalar. Agradeço pela transmissão de experiências e dicas.

Aos meus pais, por todo o amor e apoio incondicional em todas as etapas da minha vida, por estarem lá sempre para mim desde o primeiro dia. A verdade é que sem vocês, sem o vosso esforço nada disto teria sido possível e nunca será suficiente agradecer-vos.

Ao meu irmão, que cuida de mim e está ao meu lado desde sempre. A paixão pelos cavalos foi um percurso que começámos juntos e continuamos a partilhá-lo. Uma inspiração, tenho muito orgulho em ser tua irmã. Seguiremos sempre o lema “Sonhar, lutar e conquistar”.

Às minhas queridas avós, Celeste e Antónia, cada uma à sua maneira sempre contribuíram para me proporcionar o melhor e incentivar a minha caminhada. Espero que se orgulhem da vossa neta querida.

À Mariana, que entrou na minha vida e será para sempre como uma irmã, fundamental nesta etapa, sempre disponível para me ouvir, ajudar e aconselhar. Agradeço todos os momentos em que aproveitámos a vida juntas e por confiastes em mim como tia e madrinha do Afonso.

Ao David, o meu namorado e melhor amigo, que surgiu na minha vida inesperadamente, mas se tornou tanto nestes tempos. Foi sem dúvida um apoio e incentivo para fazer mais e melhor e continuar a lutar pelos meus objetivos. Obrigada por tornares a minha vida mais leve e feliz, sempre com um sorriso e abraço para me receber.

À minha Squed, que me acompanham há anos, que continuemos a lutar pelos nossos sonhos e estejamos presentes em mais etapas das nossas vidas. Em especial às minhas Fernandas, Ana e Inês que longe ou perto estão sempre lá quando preciso.

Às minhas amigas da faculdade, Beatriz, Maria, Marta, Sara, Tiffany, Victoria que estiveram comigo diariamente desde o primeiro dia neste curso que não se faz sozinho. Esta jornada não teria sido a mesma sem elas, todos os risos, choros, horas de estudo, aventuras, festas temáticas e emocionantes viagens, momentos incríveis que viraram memórias para sempre. Obrigada por terem tornado esta incrível aventura de seis anos ainda mais inesquecível, sou uma sortuda por vos ter na minha vida para sempre.

Um agradecimento especial às minhas irmãzinhas, Marta e Sara, que se tornaram muito importantes para mim, uma amizade a três para a vida da qual me orgulho muito.

Aos meus colegas neste projeto, por me mostrarem que quando trabalhamos em equipa torna-se mais fácil alcançar o nosso objetivo final, com reconhecimento, a toda a equipa da Hidrovet por disponibilizarem o espaço, equipamento e tempo dos vossos dias para ser possível a concretização deste projeto.

Um eterno obrigado a todas as pessoas que estiveram, de alguma forma, presentes nesta importante jornada da minha vida.

Aos animais que me ensinam todos os dias que são o melhor do mundo, enorme respeito e admiração por eles, em especial aos meus de quatro patas, Yoshi, Rafa, Princesa, Zaire, Dondoca, Quinoa e Quénia.

À Princesa, o meu primeiro cavalo e eterna motivação para alcançar este sonho de me tornar Médica Veterinária.

RESUMO

O presente estudo investigou o recrutamento muscular em equinos de saltos de obstáculos submetidos a um treino complementar na passarela aquática. Seis equinos, em nível moderado de competição, e clinicamente aptos foram avaliados antes (PRETR) e 10 semanas após (TR) a implementação de um protocolo de treino na passarela aquática (duas vezes por semana, 20 minutos, água ao nível do carpo), além de atividades físicas regulares, respeitando os limites individuais de cada animal. Em ambos os momentos, os animais foram sujeitos a termografia dos músculos braquiocefálico, semitendinoso e semimembranoso, medição da gordura da garupa por ecografia, e testes de campo de saltos de obstáculos para análise de creatina quinase (CK) e aspartato aminotransferase (AST). Adicionalmente, colheitas sanguíneas foram realizadas durante as semanas 2, 4, 6 e 8 do treino na passarela aquática para avaliação de CK. Os dados foram analisados pela ANOVA, teste de Tukey e teste-t, considerando $p \leq 0,05$. Os resultados demonstraram aumento significativo de temperatura na termografia dos músculos estudados e ativação de AST e CK após as 10 semanas de treino. Além disso, a CK aumentou significativamente de forma progressiva a cada duas semanas, verificou-se também ganho de massa magra muscular. Tais resultados sugerem que o treino proposto promoveu o recrutamento muscular e contribuiu, de forma significativa, para a melhoria da aptidão desportiva dos equinos em provas de saltos de obstáculos.

Palavras-chave: performance, treino, passarela aquática, CK, termografia muscular

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate muscle recruitment in jump sport horses after a complementary water treadmill training. Six horses, at a moderate competition level and clinically fitted, were evaluated before (PRETR) and 10 weeks after (TR) the implementation of a water treadmill training protocol (twice a week, 20 minutes, water at the level of the carpus), in addition to regular physical exercise, respecting the individual limits of each. At both times, the animals were subjected to thermography of the brachiocephalic, semitendinosus, and semimembranosus muscles, measurement of rump fat by ultrasound, and show jumping field tests for the analysis of creatine kinase (CK) and aspartate aminotransferase (AST). Additionally, blood samples were taken during weeks 2, 4, 6 and 8 of the water treadmill training to evaluate CK. Data were analysed using ANOVA, Tukey test and t-test, considering $p \leq 0.05$. The results showed a significant increase in temperature in the thermography of the muscles under study and activation of AST and CK after the 10-week training protocol. Furthermore, CK also increased progressively every two weeks, and there was an increase in lean muscle mass. These results suggest that the proposed training has promoted muscular recruitment and has also contributed to the enhancement of the sporting fitness of horses used in show jumping competitions.

Keywords: performance, exercise, water treadmill, CK, muscle thermography

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ADP	Adenosina Difosfato
AST	Aspartato Aminotransferase
ATP	Adenosina Trifosfato
bpm	Batimentos por minuto
CK	Creatina Quinase, do inglês <i>Creatine Kinase</i>
cm	Centímetros
EHWG	<i>Equine Hydrotherapy Working Group</i>
et al.	E outros, do latim <i>et alli</i>
FC	Frequência Cardíaca
FCpico	Frequência Cardíaca Pico
FEI	Federação Equestre Internacional
FEP	Federação Equestre Portuguesa
FR	Frequência Respiratória
GG	Espessura da Gordura da Garupa
GPS	Sistema Global de Posicionamento, do inglês <i>Global Positioning System</i>
h	Hora
kcal	Quilocalorias
kg	Quilogramas
km/h	Quilómetro por hora
mg/dL	Miligrama por decilitro
MHz	MegaHertz
min	Minuto
mmol/l	Milimole por litro
O₂	Oxigénio
°C	Grau Celsius
PCr	Fosfocreatina
PG	Percentagem de Gordura
PRETR	Momento Pré-Treino

PTN	Proteínas Totais
rpm	Respirações por minuto
ROI	Região de interesse, do inglês <i>Region of Interest</i>
SAA	Síndrome de Abdómen Agudo
TC	Temperatura Corporal
T0	Tempo antes do TSO
T1	Tempo imediatamente após o TSO
T2	Tempo 30 minutos após o TSO
T3	Tempo 240 minutos após o TSO
Tr0	Tempo antes do treino na passarela aquática
Tr3	Tempo 4 horas após o treino na passarela aquática
TR	Momento Pós-Treino
TSO	Teste de Campo de Saltos de Obstáculos
UI/L	Unidade Internacional por litro
VO_{2máx}	Consumo Máximo de Oxigénio
vs.	Contra, do latim <i>versus</i>
®	Marca Registrada
≤	Menor ou igual
%	Porcentagem

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS	10
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	13
 CASUÍSTICA DE ESTÁGIO	14
Hospital de Referencia La Equina	14
Eqvet – Medicina Veterinária Equina.....	17
 I. INTRODUÇÃO	20
1. Fisiologia do Exercício	20
2. Músculo-Esquelético.....	23
2.1 Tipos de Fibras Musculares.....	24
2.2 Contração Muscular	25
2.3 Produção de Energia.....	26
3. Particularidades do Cavalo Atleta.....	28
4. Modalidade Equestre: Saltos de Obstáculos	29
5. Treino.....	30
5.1 Treino de Saltos de Obstáculos	32
6. Passadeira Aquática	33
7. Avaliação do Recrutamento Muscular	38
7.1 Termografia Muscular.....	39
7.2 Enzimas Musculares: CK e AST.....	41
II. MATERIAL E MÉTODOS	45
1. Animais	45
2. Delineamento Experimental.....	45
3. Termografia Muscular	46
4. Medição da Massa Magra Muscular	47
5. Teste de Campo de Saltos de Obstáculos	47
6. Programa de Treino Físico de 10 semanas	49
7. Análise Estatística.....	50
III. RESULTADOS	51
IV. DISCUSSÃO.....	57
V. CONCLUSÃO.....	62
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Diferenças das características dos três tipos de fibras musculares (Adaptado de Davies, 2017).....	25
Tabela 2. Programa de treino específico para equinos de saltos de obstáculos na passeadeira aquática.....	50
Tabela 3. Análise termográfica dos músculos braquiocefálico, semitendinoso e semimembranoso em equinos usados em provas de saltos de obstáculos para avaliar o recrutamento muscular associado a um programa de um treino físico de 10 semanas na passeadeira aquática.	51
Tabela 4. Peso corporal, percentagem de gordura corporal e massa magra (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de saltos de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de 10 semanas na passeadeira aquática.	53
Tabela 5. Parâmetros fisiológicos, glicose e lactato sanguíneo (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de saltos de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de 10 semanas na passeadeira aquática.....	54
Tabela 6. Parâmetros bioquímicos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de saltos de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de 10 semanas na passeadeira aquática.....	55
Tabela 7. Registo da CK sérica (médias $\pm$ desvios-padrão) ao longo das 10 semanas de treino dos equinos treinados na passeadeira aquática.....	55
Tabela 8. Registos da temperatura ambiente, temperatura da água e humidade relativa do ar (médias $\pm$ desvios-padrão) ao longo das 10 semanas do treino dos equinos treinados na passeadeira aquática.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografias do período de estágio. Cirurgia de herniorrafia (A); Resultado do pós-cirúrgico de fratura de maxilar (B); Cirurgia de evisceração pós-castração (C); Cirurgia de exérese da extremidade do processo uretral (D).....	16
Figura 2. Fotografias do período de estágio. Ecografia de confirmação de gestação aos 14 dias (A); Penso compressivo no membro anterior direito de tenosinovite crónica (B); Ferida traumática no curvilhão direito (C); Massa unilateral direita na região subpalpebral (D).	19
Figura 3. Diagrama do músculo-esquelético (Adaptado de Mescher, 2018).	23
Figura 4. Postura correta (esquerda) e postura incorreta (direita) do cavalo em movimento na passarela aquática (Equine Hydrotherapy Working Group, 2020).....	35
Figura 5. Anatomia do pescoço com músculo braquiocefálico (1) e músculo esplénio (2); região de tensão muscular na base do pescoço (3) (Soroko & Morel, 2023).	46
Figura 6. Marcador na interseção clavicular esquerda e esquema representativo do ROI 1 (Original da autora).	46
Figura 7. Representação anatómica dos músculos glúteos (1), músculo bíceps femoral (2), músculo semitendinoso (3) e músculo semimembranoso (4) (Soroko & Morel, 2023).....	46
Figura 8. Marcadores a delimitar os músculos semitendinoso e semimembranoso bilateralmente e esquema representativo das ROI 3, 4, 5 e 6 (Original da autora).	46
Figura 9. Escala de temperatura do Termógrafo FLIR-E6390 usada no estudo (Original da autora).....	47
Figura 10. Esquema representativo da pista de obstáculos usada no teste de campo de saltos de obstáculos (Original da autora).....	48
Figura 11. Imagens termográficas do músculo braquiocefálico esquerdo do Equino 1 recolhidas antes (esquerda) e após as 10 semanas de treino (direita), com representação do ROI 1.	52
Figura 12. Imagens termográficas do músculo braquiocefálico esquerdo do Equino 6 recolhidas antes (esquerda) e após as 10 semanas de treino (direita), com representação do ROI 1.	52

Figura 13. Imagens termográficas do músculo braquiocefálico direito do Equino 1 recolhidas antes (esquerda) e após as 10 semanas de treino (direita), com representação do ROI 2.	52
Figura 14. Imagens termográficas do músculo braquiocefálico direito do Equino 6 recolhidas antes (esquerda) e após as 10 semanas de treino (direita), com representação do ROI 2.	52
Figura 15. Imagens termográficas dos músculos semitendinoso e semimembranoso do Equino 1 recolhidas antes do treino (esquerda) e após o treino (direita), com representação dos ROI 3, 4, 5 e 6, respetivamente.	53
Figura 16. Imagens termográficas dos músculos semitendinoso e semimembranoso do Equino 5 recolhidas antes do treino (esquerda) e após o treino (direita), com representação dos ROI 3, 4, 5 e 6, respetivamente.	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribuição da totalidade da casuística do Hospital de Referencia La Equina dividida por área clínica.	15
Gráfico 2. Distribuição da totalidade da casuística do Hospital de Referencia La Equina dividida por especialidade.	15
Gráfico 3. Exames de diagnóstico por imagem realizados na totalidade do estágio no Hospital de Referencia La Equina.....	17
Gráfico 4. Distribuição da totalidade da casuística da Eqvet dividida por área clínica.....	18
Gráfico 5. Distribuição da totalidade da casuística da Eqvet dividida por especialidade.	18

CASUÍSTICA DE ESTÁGIO

O presente relatório de estágio refere-se às atividades desenvolvidas durante o estágio curricular realizado no âmbito do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Lisboa. Este estágio foi exclusivamente dedicado à Medicina Equina, abrangendo a área de clínica médica e cirúrgica.

O estágio teve a duração total de cinco meses, tendo sido realizado, primeiramente, em regime hospitalar no *Hospital de Referencia La Equina*, situado em Manilva - Málaga, entre 1 de outubro de 2023 e 30 de novembro de 2023, com o acompanhamento de médicos veterinários pertencentes ao corpo clínico do hospital e, sob a orientação da Doutora Joana Ramos. A segunda parte do estágio ocorreu na *Eqvet – Medicina Veterinária Equina*, com incidência na sua totalidade na prática clínica equina em regime de ambulatório. A área geográfica predominantemente abrangida foi a região de Lisboa e Vale do Tejo, com uma menor ocorrência na região distrital de Évora, no período temporal compreendido entre 8 de janeiro de 2024 e 8 de abril de 2024, sob a supervisão das médicas veterinárias da equipa, Doutora Cátia Mousinho e Doutora Marta Azinhais.

Os estágios referidos permitiram à autora complementar a sua formação académica através da consolidação de conhecimentos, desenvolvimento de competências clínicas, interpessoais e sociais, aquisição de novas aprendizagens e aplicação das capacidades práticas. Além disso, a possibilidade de contactar com duas realidades distintas da medicina equina em dois países distintos possibilitou acompanhar diferentes especialidades, abordagens diagnósticas e terapêuticas, contribuindo para o seu desenvolvimento pessoal e profissional.

Hospital de Referencia La Equina

O *Hospital de Referencia La Equina* é um hospital de referência líder em Espanha, Portugal e Marrocos, com um corpo clínico altamente qualificado e experiente. Disponibiliza serviços veterinários 24 horas por dia, 365 dias por ano, e utiliza uma variedade de modernos equipamentos de diagnóstico por imagem, incluindo cintigrafia, ressonância magnética e, mais recentemente, tomossíntese, destacando-se no diagnóstico de afeções músculo-esqueléticas. Para garantir o bem-estar dos seus pacientes e manter os elevados padrões de excelência, o hospital investe continuamente na inovação das instalações, equipamentos, métodos e técnicas aplicadas para o diagnóstico e tratamento dos animais, assim como na formação de todo o corpo clínico do hospital.

Relativamente à casuística do hospital, foram observados um total de 70 casos (n=70), dos quais abrangeram com maior incidência Clínica Médica (n=37), Clínica Cirúrgica (n=21) e Urgências (n=17). As especialidades que mais se destacaram foram a Ortopedia (n=29) e a Gastroenterologia (n=20). Tal como podemos observar nos Gráficos 1 e 2.

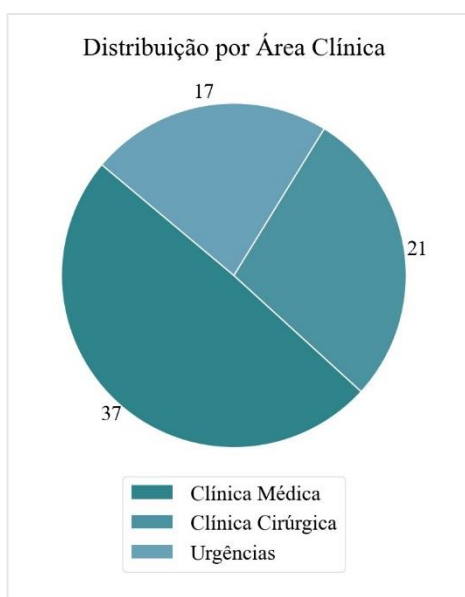


Gráfico 1. Distribuição da totalidade da casuística do Hospital de Referência La Equina dividida por área clínica.

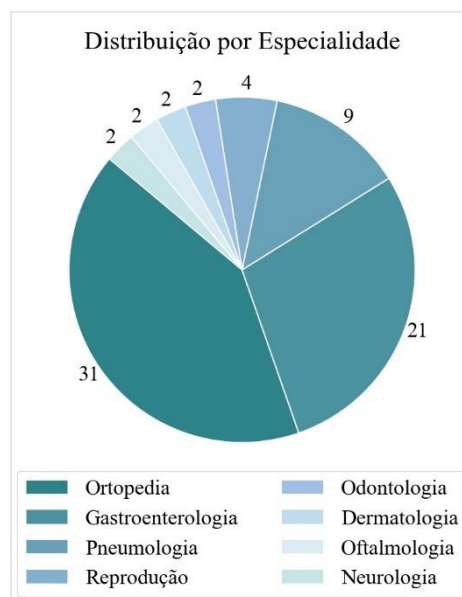


Gráfico 2. Distribuição da totalidade da casuística do Hospital de Referência La Equina dividida por especialidade.

A ortopedia associada à medicina desportiva apresentou maior expressão na globalidade dos casos, visto tratar-se da área de interesse do hospital. A nível articular, foram frequentemente diagnosticados com osteocondrite dissecante na região do boleto, tarso e curvilhão cavalos Pura Raça Espanhol. Relativamente a patologias ósseas, foi possível acompanhar fratura da terceira falange, do metacarpo rudimentar, do acessório e intermédio do carpo, e ainda deformidades ósseas, como exostoses metacarpianas. Outras patologias observadas a nível do casco incluíram abscessos, doença da linha branca e queratoma.

Quanto à gastroenterologia, os casos observados corresponderam predominantemente a urgências de Síndrome de Abdómen Agudo (SAA) (n=14), com maior incidência em cólica por hérnia inguinal, encarceramento nefroesplénico e impactação por areia. Aproximadamente metade das ocorrências de SAA sofreram intervenção médica. As restantes, pela impossibilidade de resolução somente com manejo médico, tiveram resolução cirúrgica e/ou devido a condições clínicas dolorosas ou sem tratamento, houve a necessidade de recorrer à eutanásia (morte clinicamente assistida). Salienta-se que a eutanásia por SAA corresponde a 80% das eutanásias visualizadas na totalidade do estágio.

As patologias respiratórias apresentadas foram pneumonias, sinusites crônicas com trepanação dos seios nasais e, ainda, um caso de hemiplegia laríngea de grau IV.

As instalações cirúrgicas totalmente equipadas e inovadoras permitiram assistir a diversos procedimentos cirúrgicos, tais como herniorrafia secundária a uma hérnia incisional abdominal; a nível ortopédico, reparação de fratura maxilar, artrodese e artroscopia; a nível gastrointestinal, enteroanastomoses para resolução de hérnia inguinal, encarceramento do ligamento gastroesplênico, hérnia escrotal por evisceração pós-castração a campo e lipoma pedunculado estrangulativo do intestino delgado, sendo que as duas últimas mencionadas culminaram em eutanásia na mesa cirúrgica. Além disso, foram realizadas cirurgias em estação, nomeadamente cirurgia dentária, laringoplastia associada a cordectomia, e ainda exérese da extremidade do processo uretral com suspeita de granuloma eosinofílico por habronemose. Tal como é possível observar na Figura 1.

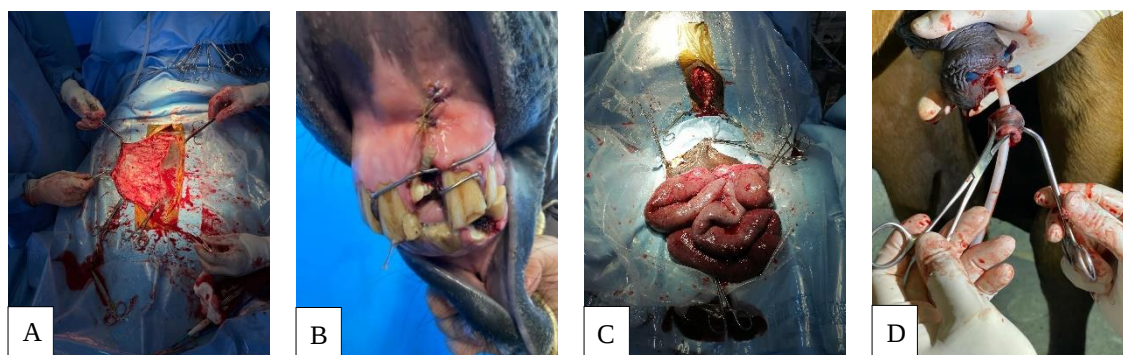


Figura 1. Fotografias do período de estágio. Cirurgia de herniorrafia (A); Resultado do pós-cirúrgico de fratura de maxilar (B); Cirurgia de evisceração pós-castração (C); Cirurgia de exérese da extremidade do processo uretral (D).

A nível reprodutivo (n=4) foram realizadas orquiectomias, uma com necessidade de ablação escrotal devido à presença de hidrocelo, e uma exérese de recidiva de tumor peniano.

Por fim, dentro das áreas com menor casuística, na neurologia (n=2) foi diagnosticado um animal com Síndrome de Wobbler; na oftalmologia (n=2) destaca-se a presença de uma úlcera indolente em associação com carcinoma das células escamosas e ainda queratite imunomediada equina. Quanto à odontologia (n=2), a autora assistiu a uma fratura do maxilar e infecção do terceiro pré-molar da mandíbula.

Nas patologias dermatológicas (n=2), foi realizada a monitorização de lesões compatíveis com melanomas no prepúcio, ânus e base da cauda, com perspetiva futura de exérese cirúrgica complementada com quimioterapia, assim como de uma lesão compatível com granuloma na extremidade do processo uretral.

A autora realizou rotineiramente ao longo do estágio a monitorização de todos os animais internados no hospital através da execução de exames de estado geral, assim como preparação e administração de medicamentos. Além disso, tal como observado no Gráfico 3, colaborou ativamente na realização de exames de diagnóstico por imagem, tais como radiografia, cintigrafia, ressonância magnética e tomografia principalmente para o diagnóstico de patologias músculo-esqueléticas, ecografia em SAA, pneumonias, tendinites, desmites, e endoscopia em sinusites e hemiplegia laríngea.

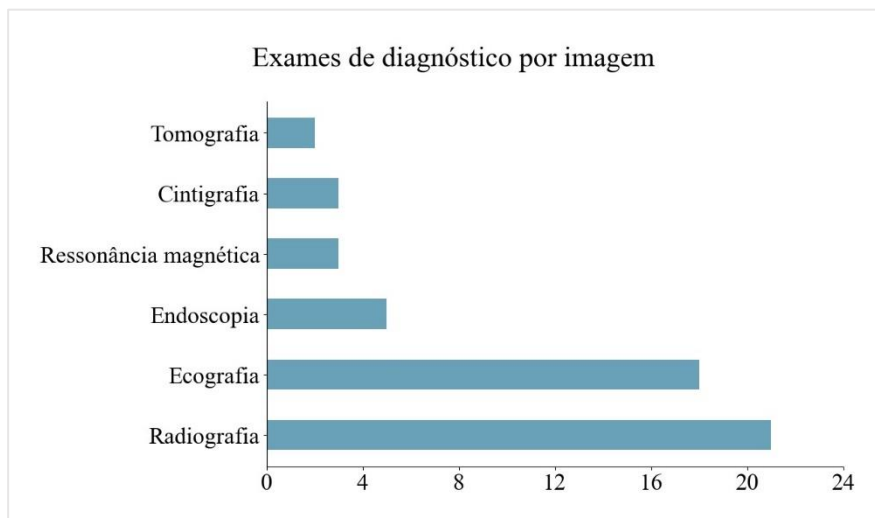


Gráfico 3. Exames de diagnóstico por imagem realizados na totalidade do estágio no Hospital de Referência La Equina.

Ademais, prestou auxílio em urgências e em procedimentos pré-cirúrgicos (ex.: limpeza, colocação de catéter, pré-medicação), cirúrgicos (ex.: funções de ajudante de cirurgião, circulante, anestesista) e pós-cirúrgicos (ex.: pensos, monitorização, medicação).

Eqvet – Medicina Veterinária Equina

A Eqvet trata-se de uma clínica ambulatorial equina dedicada ao diagnóstico, tratamento e acompanhamento apropriado dos seus pacientes para garantir o seu bem-estar. Esta presta cuidados veterinários ao domicílio nas diversas áreas e especialidades, com destaque para a reprodução equina. Possui também um serviço permanente de 24 horas por dia de modo a garantir uma resposta rápida e apropriada a qualquer situação de urgência.

A autora teve a oportunidade de acompanhar 149 animais, perfazendo um total de 348 casos. A área da Medicina Veterinária Equina com maior número de casos observados foi a Clínica Médica (n=266), seguindo-se a Medicina Preventiva (n=60), Urgências (n=18) e, por fim, com uma frequência bastante menor, a Clínica Cirúrgica (n=6). Esta distribuição encontra-se representada no Gráfico 4. Por outro lado, as especialidades com maior casuística foram a

Reprodução (n=187) e a Ortopedia (n=56), tal como observado no Gráfico 5.

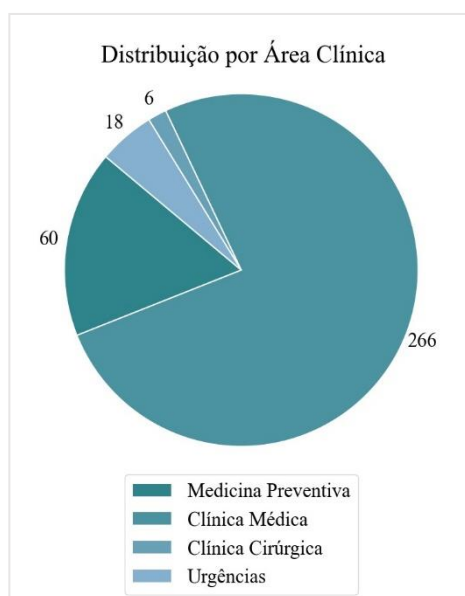


Gráfico 4. Distribuição da totalidade da casuística da Eqvet dividida por área clínica.

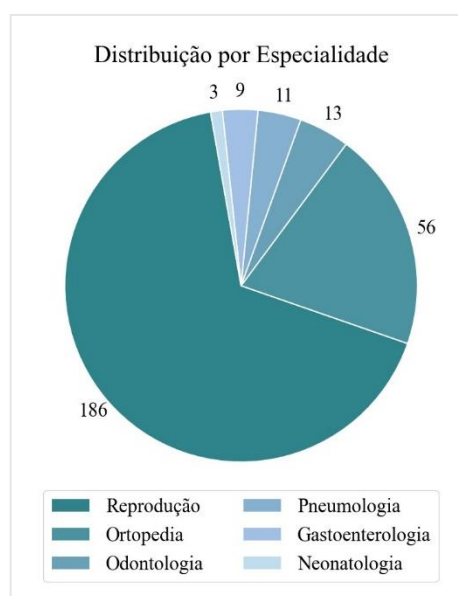


Gráfico 5. Distribuição da totalidade da casuística da Eqvet dividida por especialidade.

A reprodução (n=186) foi a especialidade de destaque do estágio. Deste modo, foi possível acompanhar e auxiliar rotineiramente o controlo do ciclo reprodutivo de éguas para posterior inseminação e/ou transferência de embrião; diagnóstico de gestação aos 14 e 30 dias (Figura 2A), sendo que ocorreu um diagnóstico gemelar e houve a necessidade de realizar esmagamento embrionário; colheita e processamento de sêmen; inseminação com sêmen refrigerado ou congelado; colheita de amostras uterinas por zaragatoa ou lavagem uterina.

Relativamente às duas especialidades seguintes, também com uma casuística elevada, a nível ortopédico (n=56) ocorreu a abordagem de claudicações com diagnóstico de laminites crónicas, abscessos de casco, exostoses metacarpianas, tendinites e tenossinovites (Figura 2B). Quando necessário, em feridas (Figura 2C) e lacerações traumáticas, a autora participou na limpeza, desinfeção e realização de penso. Quanto à odontologia (n=13), foram visualizadas predominantemente dentisterias de rotina, visando a correção de pontas dentárias, ganchos, e ocasionalmente extração de dentes de lobo e casos de úlceras orais

As urgências ocorridas foram maioritariamente referentes a SAA, nomeadamente impactação de estômago, impactação por areia, obstrução esofágica; a nível reprodutivo, ocorreram distocias, uma delas com retenção placentária, e ainda uma ocorrência de parafimose severa; a nível ortopédico, episódios de laminite e abscessos de casco; por último, um caso traumático de uma cana inserida na camada subcutânea da região inguinal.

Adicionalmente, na pneumologia (n=11), os quadros respiratórios foram sobretudo compatíveis com Síndrome de Asma Equina e gripe equina, tendo sido realizadas as devidas recomendações acerca do maneio necessário para o controlo das referidas patologias.



Figura 2. Fotografias do período de estágio. Ecografia de confirmação de gestação aos 14 dias (A); Penso compressivo no membro anterior direito de tenosinovite crónica (B); Ferida traumática no curvilhão direito (C); Massa unilateral direita na região subpalpebral (D).

Por fim, a neonatologia (n=3) foi onde ocorreu uma menor casuística, com destaque para um poldro com uma massa unilateral direita (Figura 2D) encaminhado para um hospital de referência. Após exérese cirúrgica, teve como diagnóstico diferencial mais provável hemangiossarcoma. Outros casos assistidos incluem, contratura de carpo e rutura de bexiga.

Dentro da medicina preventiva, foram realizados procedimentos tais como vacinação, desparasitação, resenho e colocação de *microchip* (identificação eletrónica), assim como, colheitas sanguíneas e de crinas com o intuito de inscrição dos animais no Livro Genealógico da Raça Puro Sangue Lusitano. As vacinas administradas para prevenção de algumas doenças infecciosas importantes nos equinos foram, maioritariamente, a vacina combinada contra a *Influenza Equina* (gripe equina) e Tétano, mas também, com menor periodicidade, vacina para o *Herpesvírus Equino* e *Vírus do Nilo Ocidental*.

A casuística foi bastante baixa relativamente às cirurgias a campo, tendo sido possível assistir a três orquiectomias em estação, duas excisões de melanomas e sutura de laceração.

Os exames de diagnóstico são de extrema importância na prática clínica de rotina, uma vez que permitem complementar os dados recolhidos na anamnese e exame físico, a fim de obter um diagnóstico definitivo e implementar um tratamento adequado, possibilitando ainda a monitorização dos tratamentos e o acompanhamento da evolução dos casos. Como tal, a autora auxiliou na realização de diversos exames de diagnóstico, tais como exames laboratoriais, radiográficos principalmente a nível ortopédico, ecográficos (abdominal, torácico, transretal), maioritariamente na reprodução, e ainda em SAA e pneumologia.

I. INTRODUÇÃO

1. Fisiologia do Exercício

A fisiologia do exercício consiste no estudo das respostas fisiológicas do cavalo atleta. Estas podem ser avaliadas antes, durante e após o exercício físico (Davies, 2017b). O exercício durante os treinos, ou mesmo competições, provoca variações nos parâmetros fisiológicos dos atletas, exigindo o funcionamento coordenado e eficiente dos sistemas nervoso, cardiovascular, respiratório e músculo-esquelético, com o intuito de restaurar o equilíbrio homeostático (Vincze, Szabo, Veres, Uto & Hevesi, 2017) e aumentar a capacidade do sistema para lidar com o esforço imposto pelo exercício (Mattosinho et al., 2017).

A avaliação das respostas fisiológicas é fundamental para análise do nível de condicionamento físico, monitorização dos programas de treino e determinação de possíveis causas de perda de performance em atletas, a fim de garantir que a intensidade e tipo de esforço é adequada à capacidade atlética de cada animal (Allen, Van Erck-Westergren & Franklin, 2016; Figueiredo, Costa, Rodrigues & Junior, 2021). Esta pode ser realizada através dos testes de exercício por meio de medições cardiovasculares, respiratórias e metabólicas. A frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), lactato sanguíneo, consumo de oxigénio, contagem de eritrócitos, entre outros parâmetros hematológicos, bioquímicos e enzimáticos podem ser utilizados para avaliar as respostas ao exercício (Borgossian, Oliveira, Hilgert & Fernandes, 2017; Courouc  -Malblanc & Van Erck-Westergren, 2014; Fazio et al., 2014). Os parâmetros podem ser influenciados por fatores intrínsecos como raça, idade, sexo, resistência, adaptação, entre outros; e fatores extrínsecos associados ao clima, ambiente, manejo, sanidade, bem como, intensidade do treino e competições (Mattosinho et al., 2017).

Os testes de exercício podem ser executados a campo ou na passadeira, apresentando ambos vantagens e desvantagens (Allen et al., 2016; Borgossian et al., 2017). Testes a campo têm a vantagem de ser realizados num ambiente semelhante ao da competição, ou seja, o piso, a locomoção e as velocidades alinhadas com as exigências que os cavalos enfrentam na competição (Courouc  -Malblanc & Van Erck-Westergren, 2014). Além disso, permitem avaliar os efeitos potenciais do cavaleiro e sela, são mais simples e possuem custos reduzidos, assim como possibilitam a integração nos horários de treino. A principal desvantagem dos testes a campo baseia-se na dificuldade de padronização, devido às variáveis condicionantes externas (Allen et al., 2016; Courouc  -Malblanc & Van Erck-Westergren, 2014), e limitações nas

medições. Contudo, o surgimento de equipamentos sofisticados, como o *Global Positioning System* (GPS) (ex.: *GPS-based inertial measurement unit*) (Guyard, Montavon, Bertolaccini & Deriaz, 2023), medidores de FC e velocidade, entre outros, facilitam a execução do teste a campo e torna-o mais prático. Em contraste, o argumento a favor dos testes na passadeira sustenta-se no facto de serem executados num ambiente controlado, com alta repetibilidade da velocidade e duração de cada etapa do exercício, permitindo maior precisão e exatidão na medição de variáveis fisiológicas, além da facilidade de acesso aos cavalos para as medições (Kupczyński, Śpitalniak, Zwyrzykowska-Wodzińska & Soroko, 2018). No entanto, a necessidade de instalações com equipamentos dispendiosos e a fraca correlação das respostas fisiológicas obtidas na passadeira comparativamente às respostas ao exercício a campo são consideradas limitações significativas no uso de passadeiras (Courouc  -Malblanc & Van Erck-Westergren, 2014).

A FC e o lactato sanguíneo são os parâmetros para avaliação da performance desportiva mais estudados, por serem bons marcadores do nível de condicionamento e intensidade do exercício, independentemente da modalidade equestre (Arfuso et al., 2021; Vincze et al., 2017). O lactato é resultante do metabolismo muscular anaeróbio permitindo avaliar a capacidade aeróbia e anaeróbia do cavalo (Allen et al., 2016; Mattosinho et al., 2017).

As novas tecnologias e o aumento de equipamentos inovadores e portáteis permitem uma monitorização mais rigorosa dos parâmetros cardíacos, respiratórios e músculo-esqueléticos nos testes (Courouc  -Malblanc & Van Erck-Westergren, 2014). Estes avanços são fundamentais para garantir um treino eficiente e, consequentemente, um cavalo apto para as exigentes competições. Além disso, esses equipamentos podem ser úteis para aconselhar os proprietários e treinadores na conceção de programas de treino adequados para cada modalidade, preparando o cavalo de forma ideal e minimizando simultaneamente lesões e patologias associadas ao exercício (Allen et al., 2016).

As respostas ao exercício podem ocorrer a curto ou longo prazo. A curto prazo pode haver redução dos níveis de oxigénio (O₂), aumento dos níveis de dióxido de carbono, aumento do lactato sanguíneo, aumento da temperatura corporal (TC), redução dos níveis de glicose e glicogénio, perda de fluidos e eletrólitos (sudorese), particularmente no exercício máximo. Neste sentido, os mecanismos homeostáticos são necessários para retornar o corpo ao equilíbrio o mais rápido possível e incluem, aumento da FC e FR; aumento da transpiração e do fluxo sanguíneo para remover o excesso de calor; maior mobilização de substrato energético (ex.:

glicogénio) para manter a glicose disponível para a contração muscular; produção de lactato em exercícios intensos (Davies, 2017b).

O desempenho alcançado em muitas atividades atléticas é altamente dependente da quantidade de O₂ consumido pelo corpo. Desse modo, as adaptações a longo prazo dependem do tipo de treino e incluem mudanças no sistema cardiovascular, hematológico, respiratório e músculo-esquelético para garantir o correto fornecimento de O₂ aos músculos ativos durante o exercício (Assenza et al., 2016; Greco-Otto, Bond, Sides, Bayly & Léguillette, 2020).

A nível cardiovascular, o exercício induz alterações estruturais que permitem um débito cardíaco e volume sistólico maiores; a nível hematológico um aumento na quantidade de eritrócitos circulantes, e secundariamente da concentração de hemoglobina (secundária à contração esplénica); e a nível respiratório, um aumento na taxa de ventilação e melhorias na captação de O₂ (Davies, 2017b; Hinchcliff, 2014). Estas alterações permitem o aumento das trocas gasosas e, consequentemente, maior capacidade de transporte de oxigénio para os tecidos e uma capacidade aeróbia máxima (VO₂max) maior, ou seja, uma maior quantidade de oxigénio utilizada pelo atleta (Figueiredo et al., 2021) durante o exercício, por períodos mais longos, apresentando uma resistência superior à fadiga (Hinchcliff, 2014). Adicionalmente, em repouso, os valores de FC são mais baixos e ocorre redução no aumento da FC e FR para determinado exercício, e taxas de recuperação melhoradas (Davies, 2017b; Hodgson & Foreman, 2014).

Relativamente às alterações músculo-esqueléticas, estas dependem do tipo de fibras musculares e do tipo de exercício, sendo que estão principalmente relacionadas com o metabolismo das fibras, ou seja, aumentar a capacidade de utilização de O₂ e, por sua vez, aumentar a capacidade oxidativa (Davies, 2017b). Porém, para haver conversão de fibras de baixa oxidação (dependentes do metabolismo anaeróbio) para alta oxidação (dependentes do metabolismo aeróbio), é necessário realizar treinos acima do limiar de intensidade por um período prolongado para envolver maior recrutamento das fibras musculares e maior exigência energética (Hinchcliff, 2014). Este processo é alcançado pelo aumento do número de mitocôndrias, capilares e enzimas associadas com a produção de energia dentro das células musculares (Davies, 2017b).

2. Músculo-Esquelético

O tecido muscular é composto por epitélio, tecido conjuntivo, tecido nervoso e células musculares (Mescher, 2018). Distinguem-se três tipos de músculos no corpo, classificados consoante a sua estrutura, localização, inervação e função: músculo cardíaco, músculo liso e músculo-esquelético (Reece & Rowe, 2017), sendo este último o foco principal nesta dissertação.

O músculo-esquelético (ou estriado) (Figura 3) é composto por três camadas de tecido conjuntivo: o epimísio, que envolve todo o músculo e tem continuidade com o tendão que liga o músculo ao osso; o perimísio, camada que rodeia cada feixe de fibras musculares, denominado fascículo; e o endomísio, que circunda as fibras musculares individuais (Mescher, 2018; Reece & Rowe, 2017). Os músculos encontram-se organizados por fibras musculares, e cada fibra é uma única célula muscular cilíndrica, multinucleada, com mitocôndrias e outros organelos intracelulares no sarcoplasma, rodeada por uma membrana celular, o sarcolema (Klein, 2019; Mescher, 2018).

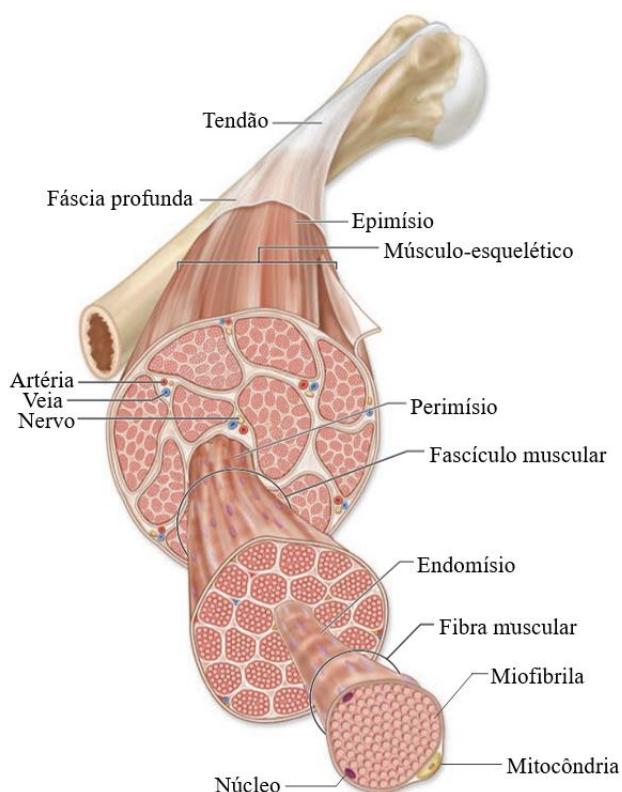


Figura 3. Diagrama do músculo-esquelético (Adaptado de Mescher, 2018).

A fibra muscular é composta por subunidades menores dispostas paralelamente ao longo do seu comprimento, denominadas miofibrilas. As miofibrilas apresentam uma série de sarcômeros (unidades contráteis) repetidos, delimitados nas extremidades pelos discos Z e

compostos por diferentes tipos de proteínas. Estas, quando seccionadas longitudinalmente, contêm miofilamentos proteicos contráteis, actina (finos) e miosina (grossos) (Klein, 2019; Reece & Rowe, 2017), alternados entre si que formam bandas escuras (“A”, anisotrópicas) e claras (“I”, isotrópicas), respetivamente, dando origem a um padrão estriado (Mescher, 2018).

Os cavalos, comparativamente a outros mamíferos terrestres atletas, possuem grandes massas musculares (Davies, 2017a), e o músculo-esquelético constitui a maioria da massa muscular corporal (Reece & Rowe, 2017). O diâmetro das fibras musculares depende de vários fatores como o músculo específico, idade, género, estado nutricional e condicionamento físico (Mescher, 2018). Além disso, nos cavalos, o músculo-esquelético é influenciado pela intensidade de trabalho (Davies, 2017a), ou seja, o exercício aumenta a musculatura esquelética através da estimulação da formação de novas miofibrilas e do crescimento do diâmetro individual das fibras musculares, denominado hipertrofia muscular. Ademais, este músculo apresenta uma capacidade de regeneração limitada (Mescher, 2018).

2.1 Tipos de Fibras Musculares

No músculo-esquelético existem vários níveis de organização (Klein, 2019), uma vez que estão presentes diversos tipos de fibras musculares que podem ser caracterizadas consoante as suas propriedades contráteis, assim como via preferencial de síntese de ATP (Mescher, 2018). A maioria das fibras são classificadas em fibras de contração lenta (Tipo I) e fibras de contração rápida (Tipo II) (Davies, 2017a; Hodgson & Foreman, 2014; Klein, 2019).

As fibras Tipo I, de contração lenta, contêm altos níveis de mioglobina e mitocôndrias, desse modo, têm uma maior capacidade de armazenar e utilizar grandes quantidades de oxigénio. Portanto, são altamente oxidativas, com menor potência, mas maior resistência à fadiga, predominando em atividades de resistência. Em contraste, as fibras Tipo II, caracterizadas por contrações rápidas e poderosas, subdividem-se em fibras do Tipo IIA e do Tipo IIB. As fibras Tipo IIA podem utilizar o metabolismo aeróbio e anaeróbio para produzir energia, permitindo trabalhar por períodos mais longos, mantendo a velocidade em longas distâncias. Por outro lado, as fibras Tipo IIB são glicolíticas, pouco oxidativas e altamente anaeróbias para fornecer energia explosiva rapidamente, mas com tendência para a fadiga rápida, importante em exercícios de explosão, como os saltos de obstáculos (Tabela 1) (Davies, 2017a; Mescher, 2018; Reece & Rowe, 2017).

Tabela 1. Diferenças das características dos três tipos de fibras musculares (Adaptado de Davies, 2017a).

Característica	Contração lenta (Tipo I)	Contração rápida (Tipo IIA)	Contração rápida (Tipo IIB)
Diâmetro das fibras	Pequeno	Intermédio	Grande
Conteúdo mioglobina	Alto	Alto	Baixo
Taxa de contração	Lenta	Rápida	Muito rápida
Taxa de produção de ATP	Lenta	Rápida	Rápida
Metabolismo principal	Aeróbio	Aeróbio/Anaeróbio	Anaeróbio
Taxa de Fadiga	Lenta	Intermédia	Rápida

Os diferentes músculos que constituem o corpo do cavalo geralmente resultam da combinação dos três tipos de fibras musculares (Davies, 2017a; Klein, 2019). Em cavalos, as fibras musculares do Tipo IIA são predominantes (De Meeûs d'Argenteuil et al., 2021). Embora a composição de fibras musculares seja fortemente controlada geneticamente, também varia de acordo com a função do músculo associado às diferentes habilidades atléticas (Hodgson & Foreman, 2014; Klein, 2019). Portanto, o tipo de treino adaptado a determinada modalidade equestre e o nível de intensidade pode alterar as proporções relativas até determinado ponto. Especialmente, pode ocorrer uma transição de fibras do Tipo IIB para o Tipo IIA, e vice-versa, dependendo do regime de treino (Hodgson & Foreman, 2014).

2.2 Contração Muscular

A contração do músculo-esquelético é rápida, forte e geralmente voluntária (Mescher, 2018), essencial para qualquer tipo de movimento corporal, desde atividades simples até exercícios complexos e intensos. A compreensão dos processos e fatores que influenciam a eficiência e a capacidade de contração muscular durante o exercício é fundamental para desenvolver programas de treino mais eficazes (Klein, 2019).

As células musculares esqueléticas têm um potencial de membrana de repouso (Klein, 2019). Cada célula muscular necessita de gerar um potencial de ação para ocorrer a despolarização da membrana (Reece & Rowe, 2017). A propagação do impulso nervoso dos nervos que irrigam os músculos para as fibras musculares desencadeia uma série de eventos que provocam a ligação das cabeças do filamento de miosina aos sítios ativos do filamento de actina, que apresentam uma atração natural e respetiva inclinação em direção ao centro. Esta ação resulta no deslizamento do filamento de actina em direção ao centro do filamento de

miosina, provocando a contração muscular, ou seja, encurtamento da fibra muscular (Davies, 2017a; Mescher, 2018; Rivero & Piercy, 2014). Por sua vez, durante o relaxamento muscular, a atração entre os filamentos é inibida e ocorre aumento do comprimento da fibra muscular. No entanto, existe sempre uma ligeira contração denominada tônus muscular. O tônus muscular significa que os músculos estão sempre prontos para ação - importante no cavalo, que é uma presa e cujo principal meio de sobrevivência é a capacidade de lutar ou fugir rapidamente de predadores (Davies, 2017a).

A força de contração muscular varia com o número de unidades motoras ativas ou a taxa de ativação da unidade motora (Klein, 2019; Reece & Rowe, 2017). A estimulação de uma unidade motora origina uma contração fraca, enquanto a estimulação de um grande número de unidades motoras desenvolve uma contração forte (Reece & Rowe, 2017). Durante a contração, geralmente os músculos não exercem força máxima simultaneamente, ou seja, as fibras musculares não são todas estimuladas ao mesmo tempo sendo recrutadas dependendo da quantidade de esforço físico pela seguinte ordem (do menor para o maior esforço): Tipo I, Tipo IIA, Tipo IIB. O animal a passo utiliza principalmente fibras de contração lenta, eficientes em atividades de longa duração e baixa intensidade; à medida que a velocidade aumenta, aciona as fibras de contração rápida oxidativas adequadas para esforços moderados; no galope e saltos são recrutadas fibras de contração rápida glicolíticas para fornecer energia explosiva necessária para atividades de curta duração e alta intensidade (Davies, 2017a).

2.3 Produção de Energia

O músculo-esquelético em repouso consome relativamente pouca energia (Davis, 2013), considerando que apresenta baixa exigência de oxigénio. Quando o animal começa o exercício, o metabolismo do tecido muscular aumenta consideravelmente, podendo chegar a ser até 20 vezes maior do que o normal durante o exercício muscular máximo (Davies, 2017b; Davis, 2013). As necessidades metabólicas do músculo dependem do tipo, nível de intensidade e duração do exercício, composição das fibras musculares, disponibilidade de oxigénio, substratos e metabolitos. Deste modo, o organismo utiliza uma combinação eficaz de várias vias de produção de energia (Hodgson & McGowan, 2014; Rivero & Piercy, 2014) para o fornecimento contínuo de adenosina trifosfato (ATP) e posterior conversão através das unidades contráteis em energia mecânica para a contração muscular (Figueiredo et al., 2021; Gerard, Graaf-Roelfsema, Hodgson & Van der Kolk, 2014).

No início do exercício, a fonte imediata de energia é o ATP disponível no interior do músculo; no entanto a quantidade é restrita e esgota-se rapidamente. Portanto, para que o exercício continue, o ATP deve ser repostado por outros processos aeróbios e anaeróbios (Hodgson & McGowan, 2014). No exercício de baixa intensidade, quando o oxigênio é abundante, a produção de energia depende do processo de fosforilação aeróbia ou oxidativa, que ocorre dentro das mitocôndrias e envolve o uso de oxigênio para converter substratos como glicose e ácidos gordos em ATP (Gerard et al., 2014). Embora seja o processo mais eficiente que fornece uma grande quantidade de ATP, é considerado a via mais lenta e a disponibilidade de oxigênio é um fator limitante (Hodgson & McGowan, 2014; Gerard et al., 2014). Na medida em que o oxigênio atinge as fibras musculares através do sistema respiratório, cardiovascular e hematológico, esses sistemas são fundamentais para a capacidade de produzir energia através de mecanismos aeróbios (Gerard et al., 2014).

À medida que a intensidade do exercício aumenta, em determinado ponto, as exigências energéticas superam a disponibilidade de oxigênio e o metabolismo anaeróbio, ou seja, que não depende do oxigênio, adquire maior importância na formação de energia. O primeiro processo é a fosforilação da adenosina difosfato (ADP) realizada a partir da transferência de um grupo fosfato da fosfocreatina (PCr) para formar ATP através da ação da creatina quinase (CK). Esta via é a que permite gerar ATP mais rapidamente, crucial para curtos períodos de atividade de velocidades extremas (Gerard et al., 2014). No entanto, produz energia temporariamente, uma vez que apresenta capacidade limitada devido à pequena quantidade de PCr armazenada nos músculos (Reece & Rowe, 2017; Gerard et al., 2014).

Outro processo é a glicólise anaeróbia, que requer glicose via glicogenólise da mobilização de glicogênio intramuscular ou derivada da fosforilação da glicose (Davis, 2013; Rivero & Piercy, 2014) para posterior quebra da molécula de glicose para produzir ATP e piruvato como subproduto. Na ausência de O₂, o piruvato não é metabolizado em dióxido de carbono, como é o caso do metabolismo aeróbio, portanto ocorre conversão em lactato (Gerard et al., 2014). Embora o corpo possua numerosos mecanismos pelos quais o lactato pode ser removido ou convertido novamente em piruvato, esses processos apresentam baixa capacidade. Portanto, se ocorrer acumulação de lactato no sangue, designado como limiar anaeróbio (4 mmol/L) (Rivero & Piercy, 2014), pode prejudicar a função celular e fadiga (Davis, 2013). Este limiar varia e depende de vários fatores, incluindo a composição das fibras musculares, o nível de condicionamento físico, assim como a dieta (Rivero & Piercy, 2014).

3. Particularidades do Cavalo Atleta

O cavalo é considerado um atleta extraordinário, característica relacionada com a sua origem como animal de pasto, uma vez que, enquanto presa, a sua sobrevivência no habitat foi aprimorada pela velocidade para escapar rapidamente dos predadores e pela resistência para percorrer longas distâncias à procura de alimento e água (Hinchcliff, 2014; Mattosinho et al., 2017). A relação entre o Homem e o cavalo existe desde os primórdios da história; as evidências arqueológicas e bioquímicas demonstram que a sua domesticação ocorreu por volta de 4.000 a.C. na Europa (Hinchcliff, 2014). O cavalo que conhecemos atualmente é resultado de um processo evolutivo bastante longo (Mattosinho et al., 2017), dado que as particularidades da espécie sofreram modificações através da seleção artificial feita pelo Homem (Hinchcliff, 2014).

Na atualidade, existe uma ampla variedade de raças de cavalos, resultante da seleção e criação dos animais para uma diversidade de competências. As raças grandes e pesadas foram criadas para exercer trabalho de tração; por outro lado, as raças mais leves foram adquiridas para desenvolver capacidades de velocidade e resistência, tendo sido utilizadas para transporte, pastoreio e desporto (Hinchcliff & Geor, 2008; Hinchcliff, 2014). Independentemente do tamanho, origem ou aptidão, todos os cavalos têm em comum a capacidade de realizar atividades físicas, incluindo caminhar, trotar, galopar ou saltar (Hinchcliff & Geor, 2008).

O papel do cavalo foi durante muitos séculos unicamente como meio de transporte (Mattosinho et al., 2017), mas a evolução ao longo dos anos contribuiu para que estes animais tenham conquistado outras áreas e sejam utilizados para atividades recreativas, terapêuticas e desportivas (Hodgson & McGowan, 2014). As atividades recreativas envolvem o uso de cavalos para lazer, enquanto as terapêuticas estão associadas à terapia com pacientes com limitações. Por outro lado, a fisiologia e anatomia especializada de um cavalo tornam-no adequado para uma ampla gama de desportos que englobam várias disciplinas equestres (Mattosinho et al., 2017), tais como *endurance*, saltos de obstáculos, equitação de trabalho, provas de atrelagem, *dressage*, *horseball*, entre outros (FEP, 2024). Além disso, o hipismo integra o programa dos Jogos Olímpicos com três modalidades equestres: Ensino (*dressage*), Concurso Completo de Equitação (*eventing*) e Saltos de Obstáculos (*jumping*), cada uma exigindo atributos atléticos distintos (FEI, 2024; Hobbs & Clayton, 2022).

O desempenho atlético dos cavalos é, portanto, multifacetado e atribuído a um elevado número de adaptações fisiológicas, metabólicas e anatômicas ao exercício (Borgossian et al., 2017; Vincze et al., 2017). O desempenho máximo depende do funcionamento coordenado dos principais sistemas envolvidos no fornecimento de energia. A capacidade atlética superior do cavalo é atribuível à sua elevada capacidade aeróbia máxima (limita a acumulação de lactato e atrasa o início da fadiga) (Hobbs & Clayton, 2022), grandes reservas intramusculares de substratos energéticos (particularmente glicogénio), elevado número de mitocôndrias no músculo, alta proporção entre o peso do coração e o peso corporal, elevado débito cardíaco, aumento da capacidade de transporte de O₂ durante o exercício resultante da contração esplénica, eficiente termorregulação e biomecânica (Hinchcliff & Geor, 2008; Hinchcliff, 2014; Hodgson & McGowan, 2014). Adicionalmente, possui uma alta capacidade de adaptação ao treino, particularmente associada às características da estrutura muscular (organização das fibras, tipos de fibras, composição das proteínas contráteis) e aos processos de produção e utilização de energia por parte dos músculos esqueléticos (Borgossian et al., 2017).

4. Modalidade Equestre: Saltos de Obstáculos

As modalidades equestres encontram-se cada vez mais difundidas em todo o mundo, destacando-se os saltos de obstáculos que é uma das mais populares (FEI, 2024). Esta abrange o maior número de cavalos (Carvalho Filho et al., 2019) e é considerada uma das três modalidades olímpicas equestres desde 1912 (Hobbs & Clayton, 2022).

A competição de saltos de obstáculos inclui um percurso de aproximadamente 12 obstáculos que podem apresentar alturas variadas e consideráveis, alguns com combinações duplas ou triplas, água e rampas (FEI, 2024). A distância percorrida geralmente varia entre 450 e 650 metros dependendo do desenho específico do percurso, a uma velocidade média de 24 km/h (Hobbs & Clayton, 2022; Vincze et al., 2017), sendo considerada uma atividade de intensidade moderada a submáxima (Carvalho Filho et al., 2019). O objetivo consiste em que a dupla formada pelo cavalo e cavaleiro complete o percurso ultrapassando com sucesso os obstáculos numa ordem específica, sem cometer penalidades, como derrubar os obstáculos, recusar saltar ou exceder o tempo permitido (Hobbs & Clayton, 2022). O atleta que incorrer no menor número de penalidades, completar o percurso mais rápido ou obtiver o maior número de pontos, consoante o tipo de competição será o vencedor da prova (FEI, 2024).

Esta modalidade é altamente especializada, sendo que os saltos exigem uma combinação de velocidade, força, resistência e elevada habilidade técnica (Arfuso et al., 2021). Os atletas necessitam de ter a capacidade física de gerar grandes forças e altas potências para se conseguirem projetar alto o suficiente para sobrepor os obstáculos (Hobbs & Clayton, 2022). Adicionalmente, os obstáculos têm diferentes distâncias definidas entre eles, o que testa a capacidade do cavalo de encurtar e alongar a passada (Murray, 2014). Portanto, os cavalos devem ser capazes de saltar obstáculos em diferentes velocidades, de uma variedade de ângulos, encurtar e alongar a passada, acelerar e desacelerar, e mudar de direção bruscamente. Todas essas ações colocam tensões consideráveis no corpo do animal e são facilitadas pelo perfil específico das fibras musculares (Hobbs & Clayton, 2022; Murray, 2014).

A participação em competições equestres oficiais é restrita a cavalos aptos e atletas de elevada competência. As competições são realizadas durante todo o ano, com inúmeras provas e tempo mínimo de recuperação, além de várias viagens internacionais para atletas de elite (Murray, 2014). Os desafios importantes são garantir o bem-estar físico e mental dos cavalos e, simultaneamente, melhorar o desempenho atlético (Carvalho Filho et al., 2019). Portanto, existem regulamentos específicos para garantir as boas práticas desportivas e o bem-estar dos participantes (FEI, 2024; Silva et al., 2023).

5. Treino

O treino refere-se ao conjunto de respostas adaptativas ao exercício repetitivo, enquanto o condicionamento físico diz respeito às alterações físicas possíveis de adquirir a longo prazo em resposta ao treino regular (Vincze et al., 2017; Hinchcliff, 2014), ou seja, a capacidade de trabalho do cavalo para desempenhar de forma adequada a atividade física imposta sem *stress* excessivo ou fadiga, e, portanto, estar “apto” (Davies, 2017b).

Os principais objetivos do treino são preparar o atleta de forma eficaz e segura para o rigor das competições, minimizar o aparecimento de lesões associadas e aumentar o condicionamento físico de forma gradual e consistente, garantindo o bem-estar físico e mental (Hinchcliff & Geor, 2008; Hinchcliff, 2014; Vermeulen et al., 2017; Vincze et al., 2017). É importante reconhecer que o treino é específico para cada tipo de atividade, portanto, a atividade para a qual o condicionamento é desejado deve ser realizada de forma regular.

O treino deve incluir a realização de esforço físico numa intensidade que induza as diversas adaptações fisiológicas, anatómicas e metabólicas necessárias para garantir um elevado nível de desempenho atlético em resposta ao *stress* e às tensões impostas pelo exercício (Castejon-Riber, Riber, Rubio, Agüera & Muñoz, 2017; Hinchcliff, 2014; Vincze et al., 2017). Estas adaptações são limitadas e, em alguns casos, podem ou não ser afetadas pelo treino. O treino também fornece fatores comportamentais apropriados para a competição (Kupczyński et al., 2018).

A resposta eficaz ao treino depende da utilização de estímulos adequados, orientados segundo as variáveis representadas pela tríade: frequência, intensidade e duração (Castejon-Riber et al., 2017; Fazio et al., 2014). Estas variáveis devem ser aplicadas de forma ponderada e planeada a fim de orientar a implementação e monitorização de um programa de treino. O número de treinos ou a repetição dos exercícios (consoante o tipo, intensidade e objetivo do exercício) promove a adaptação mediante sessões consistentes. Por outro lado, a intensidade deve ser suficiente para induzir um certo grau de tensão ou *stress* no corpo, enfatizando a importância de aumentar gradualmente a fim de melhorar a tolerância do cavalo ao trabalho. Por fim, a duração de cada sessão de treino ou a duração total do programa de treino deve ser suficiente para incitar o efeito desejado, dependendo de múltiplos fatores, como a intensidade e a individualidade (Castejon-Riber et al., 2017; Davies, 2017b; Hinchcliff, 2014).

Portanto, para que o treino seja considerado eficaz e com melhorias a longo prazo, deve englobar a alteração sistemática de uma ou mais variáveis do programa ao longo do tempo, permitindo que o estímulo do exercício permaneça desafiador e induza as adaptações adequadas (Castejon-Riber et al., 2017). O condicionamento desejado, para ser atingido, deve haver um certo grau de sobrecarga, denominado *overreaching*. *Overreaching* refere-se à execução de uma atividade com intensidade e duração suficientes para induzir alguma tensão no organismo, sendo que, sem essa tensão, não haverá efeitos (Hinchcliff & Geor, 2008; Hinchcliff, 2014).

Embora o treino seja necessário para preparar os diferentes sistemas corporais, um treino pouco exigente pode impedir que o cavalo atinja o seu potencial atlético e, em última instância, causar *detrainig*, ou seja, perda das adaptações físicas e fisiológicas adquiridas durante o treino. Enquanto um treino exorbitante pode exceder as capacidades adaptativas do organismo, levando à ocorrência de lesões por *overtraining* e danos potencialmente irreversíveis (Murray, 2014; Votion, 2014).

Overtraining refere-se a um excesso de treino contínuo e/ou tempo insuficiente de recuperação após sessões de treino e competições, tratando-se de um desequilíbrio entre o treino e a capacidade de adaptação e recuperação do cavalo (Davies, 2017b; Votion, 2014). A síndrome de *overtraining* pode causar má performance desportiva, mesmo quando a intensidade do treino é mantida ou aumentada, problemas musculares, e ainda, resultar em fadiga crónica, colocando em causa o bem-estar animal (Davies, 2017b; Hinchcliff, 2014). Em cavalos, o diagnóstico torna-se complicado, uma vez que a avaliação do estado emocional é um desafio. Deste modo, o diagnóstico baseia-se fundamentalmente na evidência sustentada de perda de performance em associação com um ou mais sinais fisiológicos (ex.: redução da taxa máxima de consumo de oxigénio) ou comportamentais (ex.: relutância em trabalhar, mordeduras, desobediência) (Hinchcliff, 2014).

É de extrema importância um período de repouso adequado entre exercícios, sessões ou competições, para permitir que ocorra uma recuperação suficiente. O objetivo do repouso é aumentar a capacidade do cavalo para utilizar o oxigénio e, assim, exercer atividade aeróbia durante mais tempo e, conseqüentemente, retardar o máximo possível o início da atividade anaeróbia. Deste modo, retarda também a acumulação de lactato resultante do metabolismo anaeróbio durante o exercício, permitindo que o cavalo trabalhe durante mais tempo sem que ocorra fadiga (Davies, 2017b). A fadiga é um fator importante que afeta o exercício e a performance desportiva, comumente considerada consequência de eventos localizados no músculo esquelético. O organismo utiliza este mecanismo de defesa para evitar danos irreversíveis devido ao esforço excessivo resultante da incapacidade de manter a produção de energia para a contração muscular e acumulação de ácido láctico (Arfuso et al., 2021).

5.1 Treino de Saltos de Obstáculos

As modalidades equestres possuem características específicas relativamente à duração, intensidade, tipo de esforço, velocidade, força, resistência, agilidade e grau de exigência muscular (Mattosinho et al., 2017; Murray, 2014). Portanto, é necessário um programa de treino diferenciado para maximizar as habilidades, a performance individual, a aptidão desportiva e, ao mesmo tempo, reduzir o risco de lesões (Mattosinho et al., 2017).

O treino de saltos de obstáculos depende do nível a que o cavalo está a competir, visto que as exigências dos diversos níveis de competição são diferentes (Murray, 2014). Um programa de treino necessita de ser equilibrado para atingir o efeito desejado e evitar lesões.

Deste modo, deve incluir condicionamento físico geral, treino de habilidades técnicas, força muscular, resistência e velocidade (Murray, 2014; Van Weeren, 2014).

O facto de ser predominantemente um desporto de força implica que o treino deve fortalecer grupos musculares específicos, mas também requer alguma velocidade (Van Weeren, 2014). Por outro lado, o treino físico visa melhorar a capacidade aeróbia e a capacidade de produzir força rapidamente e de forma explosiva, garantindo um equilíbrio com períodos de descanso adequados (Murray, 2014). Relativamente ao treino técnico, o perfil dos obstáculos e as distâncias entre estes devem ser ajustados consoante os objetivos do treino. O cavalo deve saltar com regularidade para facilitar a aprendizagem das habilidades técnicas e promover as adaptações músculo-esqueléticas, que ocorrem a um ritmo lento. O treino não deve ser apressado para evitar lesões decorrentes do condicionamento inadequado (Van Weeren, 2014).

Portanto, o cavalo deve possuir força muscular altamente específica suficiente para executar o exercício corretamente, estar apto para repeti-lo e possuir a habilidade para realizar o exercício em segurança, evitando sobrecarga e possíveis lesões associadas (Murray, 2014).

6. Passadeira Aquática

O exercício na água tem vindo, ao longo dos últimos anos, a aumentar a popularidade na Medicina Veterinária Equina, comumente como ferramenta inovadora e valiosa para programas de reabilitação de lesões músculo-esqueléticas e, mais recentemente, para a implementação de programas de treino para fins de condicionamento físico em cavalos atletas (Muñoz et al., 2019; Tranquille, Tacey, Walker, Nankervis & Murray, 2018). A principal vantagem deste tipo de exercício é provocar o mínimo *stress* músculo-esquelético (Coelho, Drumond, Silva, Fardin & Giuberti, 2014). No entanto, ainda existem poucas evidências científicas e os seus efeitos não se encontram bem documentados (Greco-Otto et al., 2020; Muñoz et al., 2019).

Esta modalidade é baseada essencialmente na aplicação dos mecanismos das três principais propriedades físicas da água que consistem na viscosidade, flutuabilidade e pressão hidrostática (King, 2016; Muñoz et al., 2019).

A viscosidade, ou seja, o elevado grau de resistência criado pela água provoca uma maior dificuldade de movimento na mesma, o que induz uma maior ativação muscular e melhoria da força muscular, do controlo motor e da estabilidade articular. Simultaneamente tem a capacidade de inibir e/ou minimizar as forças concussivas (King, 2016; Greco-Otto et al.,

2017; Greco-Otto et al., 2020; Muñoz et al., 2019). Esta propriedade é considerada de extrema importância no treino de cavalos de desporto (Muñoz et al., 2019). Por outro lado, a flutuabilidade minimiza a *ground force reaction*, o que permite uma redução significativa na sustentação do peso do cavalo consoante o nível da água (Greco-Otto et al., 2017), uma vez que a redução do peso está inversamente correlacionada com a profundidade da água. Este efeito flutuante permite gerar um exercício de baixo impacto e, consequentemente, reduzir a carga no esqueleto axial. Por fim, a pressão hidrostática atua através do aumento da pressão hidrostática extravascular, que por sua vez promove o retorno venoso e drenagem linfática (King, 2016; Muñoz et al., 2019).

A capacidade de ajuste das propriedades da água acima descritas (King, 2016), combinada com alterações na temperatura, nível de água e velocidade desempenham um papel importante a nível músculo-esquelético (Munõz, 2018).

Os equipamentos disponíveis para exercitar os cavalos em água são diversos, tais como piscinas (flutuação total), *aquawalkers* (semi-flutuação) e, mais recentemente, diferentes tipos de passadeiras aquáticas têm sido comercializadas (semi-flutuação) com ou sem a funcionalidade de inclinação (Muñoz et al., 2019). Relativamente à passadeira aquática, esta permite uma opção de treino complementar ao programa de treino tradicional, não sendo recomendado como único ou principal tipo de exercício, a menos que seja especificamente indicado para a reabilitação de uma lesão específica. Em tais casos, isso normalmente ocorrerá apenas por um período limitado (Nankervis et al., 2021).

O exercício em passadeira aquática é uma atividade aeróbia que permite exercitar um cavalo em linha reta, numa superfície firme, sem o peso adicional do cavaleiro (Tranquille et al., 2018). Adicionalmente, possibilita que as sessões de exercícios sejam controladas, supervisionadas e adaptadas ao cavalo e aos objetivos do programa de treino e/ou reabilitação. Além disso, proporciona condições de trabalho com variáveis devidamente controláveis tais como, frequência do exercício, duração do exercício, nível de água e velocidade (Nankervis et al., 2021).

As variáveis mencionadas influenciam a biomecânica do cavalo (Greco-Otto et al., 2020). Os seus efeitos na biomecânica podem ser a longo prazo, mas também pode proporcionar alterações pós-sessão de exercício devido ao recrutamento e/ou ativação de determinados grupos musculares, ou fadiga muscular localizada (Tranquille et al., 2022).

O aumento progressivo do uso de passareiras aquáticas, muitas vezes por utilizadores inexperientes, e a ausência de protocolos formalizados enfatizaram a necessidade da existência de diretrizes para a utilização responsável e eficaz. Em 2020, o *Equine Hydrotherapy Working Group* (EHWG) desenvolveu diretrizes para garantir a segurança do animal e do operador, assim como, assegurar o bem-estar animal (Nankervis et al., 2021). Deste modo, os cavalos devem ser preparados adequadamente para a sessão de exercício e, previamente à implementação de qualquer protocolo deve haver dessensibilização ao equipamento, processo e às diversas condições durante a sua utilização, incluindo presença de água, variações de velocidade e no nível de água, a fim de obter uma adaptação física e mental (EHWG, 2020; Tranquille, Nankervis, Walker, Tacey & Murray, 2017).

Adicionalmente, é essencial referir que se o cavalo apresentar alguma das seguintes condições a passareira deve ser evitada: comprometimento respiratório e/ou cardiovascular, feridas abertas e/ou infetadas, lesão toracolombar, inflamação aguda das articulações, miosite aguda, temperatura corporal elevada, sinais de medo e/ou pânico, ou outras ocorrências que possam colocar em causa o bem-estar animal (King, 2016).

A postura adotada pelo cavalo durante o exercício deve ser semelhante à locomoção terrestre para garantir a eficiência biomecânica e bem-estar geral. Tal como observado na Figura 4, uma postura correta é composta pela cabeça ligeiramente para a frente e vertical, relativamente imóvel, com o pescoço devidamente arqueado, a coluna lombar ventroflética (arredondada) e os membros posteriores colocados bem abaixo do corpo, ou seja, a pisar no mesmo sítio que os membros anteriores. Contrariamente, deve ser evitada uma postura plana ou excessivamente estendida, isto significa, pescoço esticado, coluna arqueada e arrasto dos membros posteriores (EHWG, 2020).

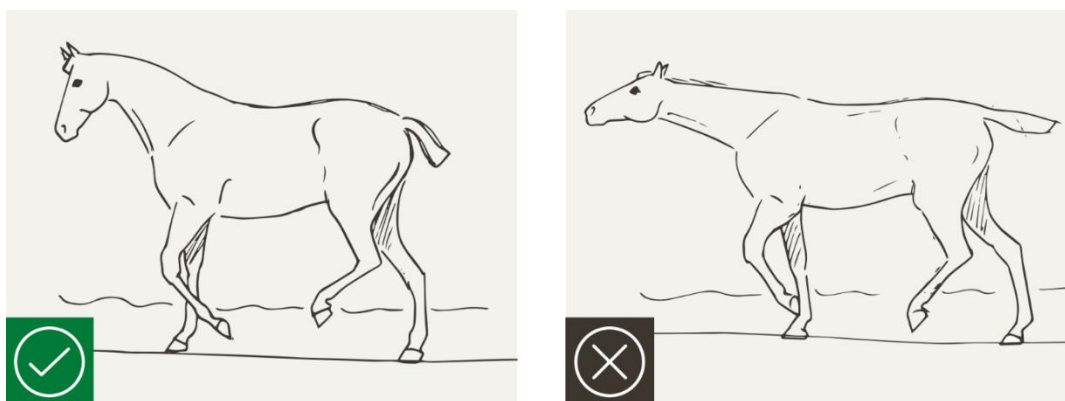


Figura 4. Postura correta (esquerda) e postura incorreta (direita) do cavalo em movimento na passareira aquática (Equine Hydrotherapy Working Group, 2020).

Além disso, as características do padrão de marcha, tais como, movimento em linha reta, sem inclinações laterais e um ritmo regular nas passadas são considerados indicadores importantes da qualidade do movimento durante o exercício, a fim de maximizar os benefícios do treino, melhorar o desempenho e reduzir o risco de lesões. Se a qualidade do movimento não for alcançada ou diminuir durante uma sessão, deve ser considerada a redução da velocidade e/ou nível de água, ou duração da sessão (EHWG, 2020; Nankervis et al., 2021). A avaliação do padrão de postura e marcha são essenciais para complementar o programa de treino a fim de determinar a melhor combinação do nível de água e velocidade para cada cavalo consoante a resposta individual do animal. Salientando-se que a velocidade ideal é específica para o cavalo e não para o objetivo de treino, contrariamente ao nível de água (Nankervis et al., 2021).

Inversamente à passadeira tradicional, foi demonstrado que a carga de trabalho do exercício na passadeira aquática depende do nível da água e, em menor grau, da velocidade, medido pelo consumo de O₂ e FC (Greco-Otto et al., 2020; Nankervis et al., 2021).

Por outro lado, o estudo de Muñoz (2018) que avalia os efeitos dos diferentes níveis de água revela que, independentemente do nível de água (até à articulação femoro-tibio-patelar) é considerado um exercício aeróbio moderado, com FC baixa e lactato sanguíneo abaixo do limiar aeróbio de 2 mmol/L. Porém, níveis elevados de água provocam alterações significativas na locomoção, principalmente no aumento do comprimento da passada, diminuição da frequência da passada e aumento da potência muscular (King, 2016; Greco-Otto et al., 2020; Muñoz, 2018; Muñoz et al., 2019; Tranquille et al., 2018). Estes efeitos são importantes na locomoção e refletem que em programas de treino devem ser utilizados níveis elevados de água (Greco-Otto et al., 2017; Muñoz, 2018).

Complementarmente, o aumento do nível de água também resulta no aumento da flexão pélvica, rotação axial, diminuição da flexão lateral toracolombar, e ainda aumento da amplitude do movimento do membro posterior e redução da amplitude do movimento do membro anterior. Estas alterações referidas estão diretamente associadas ao aumento dos mecanismos de flutuabilidade, viscosidade e pressão hidrostática (King, 2016; Nankervis et al., 2021) e sugerem que grupos musculares específicos são recrutados ao longo da caminhada (Tranquille et al., 2018).

O nível de água, temperatura da água e velocidade da passadeira, além de associação com a intensidade de exercício, e alterações na locomoção também têm um efeito significativo nas respostas fisiológicas (Tranquille et al., 2017). Estudos anteriores em humanos sugerem que o treino na passadeira aquática pode atingir iguais respostas fisiológicas máximas e submáximas, assim como, melhoria da aptidão cardiorrespiratória comparativamente ao treino em passadeira tradicional (Greco-Otto et al., 2020).

A modalidade de exercício em água apresenta muitos benefícios potenciais, tais como, melhoria da capacidade aeróbia, estabilidade postural, padrões de locomoção com aumento da amplitude de movimento articular nos membros posteriores, aumento da flexão lombar, enquanto diminui acelerações segmentares dos membros anteriores e diminui o impacto de choque (Tranquille et al., 2018; Nankervis et al., 2021). A possibilidade de realizar um treino cruzado num ambiente controlado contribui para a redução do risco de lesões (Nankervis et al., 2021), simultaneamente acredita-se que pode melhorar as capacidades cardiovasculares e musculares (Muñoz et al., 2019).

A pesquisa de Tranquille et al. (2018) a respeito do uso regular da passadeira aquática em programas de treino de cavalos de desporto relatou que as mudanças positivas percebidas pelos proprietários foram o aumento da força e desenvolvimento muscular, bem como melhoria no condicionamento físico. No entanto, os autores descreveram como limitação destes dados o facto de ser uma percepção subjetiva. Curiosamente, os proprietários também referiram que eram utilizadas com maior frequência águas num nível mais elevado, como carpo e soldra.

Apesar dos benefícios, é importante considerar que o uso incorreto deste equipamento induz perigos que incluem risco de lesões no cavalo/operador, problemas de pele, atividade muscular intensa que pode potencialmente levar ao desenvolvimento desigual ou excessivo de músculos específicos, exacerbação de lesões como resultado da sobrecarga de estruturas vulneráveis ou ao desenvolvimento inadequado de “cabeça erguida” e postura torácica estendida (Tranquille et al., 2018). Por último, o protocolo pode ainda ir em oposição aos objetivos específicos do programa de treino tradicional (Nankervis et al., 2021).

A utilização generalizada da passadeira aquática contrasta com a falta de estudos científicos que apoiem a sua correta utilização e a falta de protocolos padronizados conforme os objetivos pretendidos (Saitua et al., 2022), de tal modo, existe a necessidade de desenvolver pesquisas acerca da sua utilização em programas de treino para melhoria do condicionamento físico em cavalos atletas (Nankervis et al., 2021).

Os protocolos devem ser desenvolvidos individualmente, para atender às necessidades de cada animal e objetivos desejados para o desempenho atlético, garantindo sempre o alinhamento com o programa de treino tradicional (King, 2016; Tranquille et al., 2017). Ademais é importante ter em consideração para o planeamento e/ou monitorização de um protocolo que na passeadeira aquática a frequência cardíaca permanece igual ou aumenta em menor grau comparativamente com o exercício na mesma velocidade no solo ou numa passeadeira tradicional devido à influência da flutuabilidade e da pressão hidrostática (Greco-Otto et al., 2017; Nankervis et al., 2021; Saitua et al., 2022). Segundo Vincze et al. (2017), o aumento da velocidade máxima não tem influência na frequência cardíaca média. Deste modo, o cansaço pode não ser evidente, porém pode estar a ocorrer fadiga em determinados grupos musculares (Nankervis et al., 2021).

É de salientar que a temperatura, pressão e a flutuabilidade da água devem ser tidas em consideração na interpretação dos dados dos estudos (Greco-Otto et al., 2017).

7. Avaliação do Recrutamento Muscular

A passeadeira aquática permite o recrutamento e ativação muscular localizada, sendo particularmente eficaz no condicionamento muscular direcionado. Porém, o conhecimento sobre as respostas músculo-esqueléticas adaptativas ao treino que ocorrem em cavalos submetidos a este tipo de exercício é reduzido (De Meeûs d'Argenteuil et al., 2021).

Pesquisas anteriores caracterizam a intensidade do exercício imposto pela passeadeira através da medição da frequência cardíaca e lactato sanguíneo, enzimas musculares ou com biópsias musculares. Ademais, o recrutamento muscular pode ser avaliado de forma menos invasiva através da ecografia e/ou termografia muscular (Greco-Otto et al., 2017).

Segundo o estudo de De Meeûs d'Argenteuil e colaboradores (2021) realizado em animais não treinados acerca da resposta muscular a diferentes tipos de treino com recurso a biópsia muscular, os músculos que beneficiam mais deste equipamento são predominantemente grupos musculares dos membros posteriores, como o semitendinoso, semimembranoso e reto femoral, e também outros músculos como braquiocefálico, bíceps braquial e trapézio. Destacando-se o facto do treino realizado na passeadeira aquática ser superior ao treino na passeadeira seca no que se refere ao aumento do diâmetro muscular nos músculos dos membros posteriores.

7.1 Termografia Muscular

A termografia infravermelha é uma tecnologia baseada em princípios da antiguidade, tendo sido introduzida na Medicina Equina na década de 1960. Nos últimos anos, ganhou popularidade na Medicina Desportiva Equina com um aumento significativo no número de estudos científicos e publicações (Silva, Mariz & Escodro, 2022). Trata-se de uma técnica não invasiva, rápida e simples, baseada na deteção da temperatura da superfície corporal (acima do valor absoluto 0°C) através da medição da radiação infravermelha emitida (Kruljc, 2023; Silva et al., 2023; Soroko & Howell, 2018). A imagem termográfica (termograma) resultante, ou seja, o mapa térmico de cores associado ao fluxo sanguíneo periférico e à atividade metabólica, pode ser utilizada para monitorizar as alterações fisiológicas que resultam em produção de calor, como exercício, lesão e patologia (Kruljc, 2023; Soroko & Morel, 2023). Além disso, reflete o impacto de fatores ambientais; portanto, para obter resultados confiáveis, o exame deve ser realizado baseado em protocolos rigorosos sobre o local do exame, preparação do animal e condições de medição (Soroko & Morel, 2023).

O exame termográfico deve ser realizado num ambiente coberto e controlado, com implementação do seguinte protocolo: temperatura ambiente entre os 12-25°C, ausência de radiação solar e luzes de elevada potência, janelas e portas fechadas (Soroko & Morel, 2023; Turner, 2018). O exame ao ar livre não é recomendado devido à elevada influência dos fatores ambientais externos, o que resulta em termogramas não confiáveis (Soroko & Howell, 2018). Relativamente ao animal, deve ser tido em consideração o seu estado fisiológico e o exame deve ser feito em repouso antes do exercício, com período de aclimação prévia adequado, pelo limpo e seco (Soroko & Morel, 2023; Turner, 2018). A fim de aumentar a confiabilidade dos resultados, as mesmas condições de medição devem ser mantidas, tais como posicionamento do animal, distância entre o animal e a câmara, perpendicularidade da câmara com a região de interesse, foco adequado e o mesmo operador (Soroko & Morel, 2023). Adicionalmente, deve ser realizado o registo da temperatura ambiente e humidade relativa do ar no local do exame (Silva et al., 2022).

O facto de ser uma técnica que fornece informações fisiológicas e auxilia na localização da lesão (Turner, 2018), com boa precisão nas medições, fácil aplicabilidade, segura e de custo acessível, permitiu que fosse aceite pela comunidade científica para avaliar a saúde e bem-estar animal (Silva et al., 2022; Silva et al., 2023). Na prática veterinária equina, pode ser aplicada como ferramenta de prevenção, diagnóstico e prognóstico (Silva et al., 2022);

complementar ao exame físico para localizar áreas suspeitas ou para monitorização do programa de treino (Turner, 2018), sendo particularmente útil para a deteção de distúrbios músculo-esqueléticos (Kruljc, 2023; Silva et al., 2022). Trata-se de uma ferramenta altamente sensível a mudanças superficiais de temperatura (Silva et al., 2022; Soroko & Howell, 2018), porém apresenta especificidade limitada e não deteta a etiologia das patologias (Silva et al., 2023; Turner, 2018). Portanto, deve ser utilizada com outros meios de diagnóstico, como os hematológicos (hemograma, proteínas plasmáticas, enzimas musculares) (Silva et al., 2023) e imagiológicos (radiografia, ecografia, tomografia computadorizada, ressonância magnética) (Soroko & Morel, 2023).

Relativamente à sua aplicação na Medicina Desportiva Equina, é valiosa na monitorização do programa de treino, mediante análise do *stress* fisiológico em resposta ao exercício e da performance desportiva através da avaliação dos efeitos do treino antes, durante e após a competição (Silva et al., 2022). A identificação de padrões térmicos anormais, pode indicar áreas de inflamação, antes do aparecimento de outros sinais clínicos, que podem estar associadas a perda de performance, determinar uma fonte de dor ou detetar sobrecargas músculo-esqueléticas (Soroko & Howell, 2018). Assim, é importante para adaptar o treino a fim de prevenir o desenvolvimento de lesões futuras (Silva et al., 2022; Turner, 2018).

A distribuição da temperatura da superfície corporal é altamente individual e é influenciada por diversos fatores internos e externos, tais como estrutura anatómica, tecido subcutâneo, tecido muscular, pelo, estação do ano, tipo de treino e nível de condicionamento físico (Soroko & Morel, 2023). No que diz respeito a regiões corporais com grandes grupos musculares, estas contêm elevado suprimento sanguíneo e, por sua vez, tendem a ter uma temperatura superficial mais alta devido à maior produção e transferência de calor quando ocorre ativação muscular (Kruljc, 2023; Soroko & Morel, 2023).

As variações de temperatura estão correlacionadas com o tipo de exercício e nível de condicionamento (Silva et al., 2022). Portanto, o facto do exercício na passadeira ser predominantemente uma atividade aeróbia provoca aumento do fluxo sanguíneo para os músculos associado às exigências metabólicas dos tecidos (Soroko et al., 2019). Yarnell et al. (2014) detetaram diferenças significativas na temperatura dos membros posteriores entre o exercício na passadeira aquática e seca (temperaturas mais altas), sugerindo que a termografia deteta de forma não invasiva a atividade muscular e as alterações no fluxo sanguíneo muscular associadas ao exercício na passadeira aquática.

No estudo de Soroko et al. (2019) na passadeira, os resultados demonstraram que a temperatura superficial aumentou significativamente em vários ROI (regiões de interesse) (como pescoço e glúteo) nos cavalos treinados regularmente comparativamente com cavalos sem treino prévio, indicando diferenças na capacidade de termorregulação. Além disso, houve aumento no hematócrito e CK após o treino, sugerindo melhor performance desportiva dos animais treinados. O aumento da CK é um indicador específico de lesão muscular, mas não permite detetar a sua localização; neste nível a termografia tem bastante importância para determinar a região ou grupos musculares de inflamação muscular associado a um treino excessivo ou condicionamento inadequado (Kruljc, 2023).

O desenvolvimento contínuo da termografia e a padronização de protocolos permite um diagnóstico mais preciso (Turner, 2018), além de se tornar um importante aliado na monitorização da performance desportiva (Silva et al., 2022). Porém, a fim de melhorar a precisão e aplicabilidade clínica equina, mais pesquisas são cruciais (Soroko & Howell, 2018).

7.2 Enzimas Musculares: CK e AST

As enzimas musculares, tais como CK e aspartato aminotransferase (AST), são importantes biomarcadores da atividade muscular, sendo essenciais para os diferentes ciclos energéticos que ocorrem nos músculos (Carvalho Filho et al., 2019; Mattosinho et al., 2017; Vermeulen et al., 2017). A enzima mais amplamente utilizada para determinação de alterações musculares é a CK, considerada um indicador altamente sensível e específico de lesão muscular, uma vez que a fonte dessa enzima são as fibras musculares (Vermeulen et al., 2017).

A atividade enzimática muscular é, portanto, considerada um parâmetro fundamental para a avaliação da integridade muscular, amplamente utilizada como indicador de lesão e/ou disfunção muscular e na deteção precoce da fadiga muscular em cavalos atletas (Mattosinho et al., 2017; Silva et al., 2023). Assim, a monitorização da concentração enzimática sérica é extremamente útil no diagnóstico e avaliação da progressão temporal das lesões musculares (em associação com outros achados laboratoriais e exame físico), avaliação do treino e nível de condicionamento, permitindo a caracterização da intensidade do exercício e previsão de possíveis complicações associadas ao exercício (Binda et al., 2016; Carvalho Filho et al., 2019; Mattosinho et al., 2017). As concentrações são influenciadas pela raça, idade, manejo, fatores ambientais, assim como nível de condicionamento e tipo de exercício (ex.: ritmo, duração, intensidade, frequência) (Allen et al., 2016; Binda et al., 2016; Mattosinho et al., 2017). Além

disso, a liberação das enzimas do músculo depende da localização da célula muscular, tamanho da molécula e lesão (Carvalho Filho et al., 2019).

A CK é uma enzima citoplasmática e, em menor extensão, da membrana mitocondrial que, em cavalos, está localizada principalmente no músculo-esquelético e cardíaco (Stucchi, Valli, Stancari, Zucca & Ferrucci, 2019). Os valores de referência situam-se entre os 110-250 UI/L (Rossdale Laboratories, 2016). Apresenta uma semivida curta, com aumento em 4 a 6 horas após a lesão muscular, atingindo o pico em cerca de 12 horas, portanto, as amostras dos animais devem ser coletadas no máximo até 6 horas após o exercício. Posteriormente, o retorno a valores basais deve ocorrer em 24 horas, exceto em situações de danos severos (Mattosinho et al., 2017; Silva et al., 2023; Stucchi et al., 2019). Os valores de CK indicativos de lesão muscular significativa permanecem acima do limite de 400-500 UI/L (Silva et al., 2023).

A AST é considerada uma enzima citoplasmática e mitocondrial, presente em abundância no fígado. É utilizada principalmente para avaliar a função hepática e detectar lesões hepáticas. Inversamente à CK, apresenta uma semivida longa, com pico de aproximadamente 24 horas após a lesão (Mattosinho et al., 2017). O intervalo de referência situa-se entre 102-350 UI/L (Rossdale Laboratories, 2016). Como a AST não é uma enzima específica do tecido muscular, na avaliação de dano muscular as enzimas CK e AST devem ser avaliadas em associação para um diagnóstico mais preciso (Mattosinho et al., 2017).

A elevação da concentração da CK no sangue pode estar associada a lesão muscular (Vincze et al., 2017) ou *stress* muscular com respectivo aumento da permeabilidade da membrana muscular (sarcolema) em resposta ao exercício. Além disso, o aumento do limiar anaeróbio induz o aumento do metabolismo glicolítico e, devido ao *stress* metabólico, podem também ocorrer alterações na estrutura e função das membranas musculares (Binda et al., 2016; Carvalho Filho et al., 2019; Vincze et al., 2017). O músculo liberta rapidamente CK após o exercício intenso, uma vez que a CK catalisa a transferência de um grupo fosfato da PCr para a ADP, para gerar energia e formar ATP, disponível para a contração muscular (Carvalho Filho et al., 2019). Este processo é crucial para o armazenamento e liberação rápida de energia muscular (Mattosinho et al., 2017).

A atividade da CK é menor ou nula em exercícios de curta duração ou intensidade leve, e em animais adequadamente treinados e/ou condicionados, comparativamente com animais em fase inicial de treino (Binda et al., 2016), dado que as membranas das células musculares adaptam-se e tornam-se mais resistentes às tensões e danos que podem ocorrer

durante a atividade física (Mattosinho et al., 2017). Relativamente aos animais que expressam uma performance desportiva adequada, podem apresentar um aumento transitório discreto na atividade da CK e AST após o exercício, devido a reduções no volume sanguíneo (associado a hemoconcentração) (Silva et al., 2023) e maior permeabilidade da membrana, particularmente se o exercício for prolongado ou extenuante, mas com recuperação dos valores basais em algumas horas após o repouso (Allen et al., 2016; Mattosinho et al., 2017; Silva et al., 2023), indicando que não causou dano muscular (Kupczyński et al., 2018).

Segundo o estudo de Silva et al. (2023) e outros citados como Santiago et al. (2014), Souza et al. (2014), Hunka et al. (2018), realizados em cavalos de vaquejada, não houve variação significativa na concentração de CK antes e após o exercício. Ademais, o estudo de Binda et al. (2016) em cavalos de corrida entre barris também referiu não haver diferenças nos valores de CK e AST, sugerindo que os animais em estudo estavam bem condicionados para o esforço exigido e não apresentavam dano muscular. Por outro lado, outros autores relataram haver um aumento significativo da CK e AST no pós-exercício com retorno aos valores de repouso em cavalos de saltos (Assenza et al., 2016; Kupczyński et al., 2018).

O estudo de Assenza et al. (2016) em cavalos de saltos de obstáculos também constatou um aumento significativo dos níveis da CK durante o segundo fim de semana de competição relativamente ao primeiro; no estudo de Vincze et al. (2017), os valores da CK e AST aumentaram na competição realizada em dois dias consecutivos. Estes resultados sugerem que o intervalo de recuperação entre as competições consecutivas foi temporalmente insuficiente para permitir uma recuperação muscular eficiente.

No estudo em cavalos de saltos de obstáculos, realizado por Carvalho Filho et al. (2019), a CK e o lactato sanguíneo aumentaram imediatamente após o exercício, enquanto a glicose diminuiu; posteriormente a CK e o lactato iniciaram o declínio, inversamente à glicose (mobilização das reservas energéticas). Por outro lado, a AST não apresentou alterações nos diferentes momentos. Enquanto no estudo de Fazio et al. (2014), Gonçalves et al. (2022) tanto a CK como a AST aumentaram significativamente após o teste de saltos de obstáculos e os valores de glicose diminuíram.

Dada a falta de evidências científicas disponíveis sobre protocolos de condicionamento físico de equinos na passadeira aquática, o presente projeto de investigação visa determinar se ocorre ativação muscular com o protocolo de treino proposto. O estudo foi realizado com o intuito de avaliar os efeitos da implementação de um protocolo de treino de 10 semanas na passadeira aquática em equinos da modalidade de saltos de obstáculos. Para avaliar o recrutamento muscular dos animais em estudo, foi utilizada a termografia muscular dos músculos braquiocefálico, semitendinoso e semimembranoso com a análise bioquímica da enzima muscular CK, de modo a aferir a resposta ao condicionamento.

O estudo apresentado pela autora formula as seguintes hipóteses:

- a) O protocolo de treino na passadeira aquática aumenta a temperatura dos músculos braquiocefálico, semitendinoso e semimembranoso?
- b) O protocolo de treino na passadeira aquática influencia os valores de CK dos equinos?
- c) O protocolo de treino na passadeira aquática melhora a performance desportiva?

É expectável que a resposta a estas questões facilite o desenvolvimento de um protocolo de treino na passadeira aquática adaptado a uma população de equinos da modalidade de saltos de obstáculos.

II. MATERIAL E MÉTODOS

O presente projeto de investigação teve aprovação da Comissão de Ética e Bem-Estar Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa, registado sob o número 28-2023 (aprovado em 20/10/2023).

Este estudo foi realizado na Hidrovet – Centro de Reabilitação Equina e Clube Equestre de Janas - O Paddock, em Sintra, Portugal no período compreendido entre 13 de novembro de 2023 e 11 de abril de 2024. O projeto em todas as fases seguiu as regras de bem-estar animal descritas por Coelho et al. (2018).

1. Animais

No âmbito deste estudo foram selecionados seis equinos (n=5 machos, n=1 fêmea), com idade média de $16,0 \pm 2,4$ anos e peso de $578,3 \pm 17,1$ kg, utilizados para a modalidade de saltos de obstáculos. Todos os animais foram considerados clinicamente aptos para participar no estudo após a realização de exames, incluindo exame de claudicação e apresentavam condição corporal similar e o mesmo nível de condicionamento físico (altura dos obstáculos mínima de 1 metro). A população pertencia a um centro de treino localizado em Sintra, Portugal, sendo submetidos às mesmas condições de manejo alimentar e sanitário, e mantidos em boxes individuais (3,0x3,0 m). Relativamente à base alimentar, consistiu em feno de luzerna e aveia, fornecido em três porções diárias (08h00, 12h00 e 18h00) adequadas às necessidades de cada indivíduo, 30 minutos antes do concentrado comercial (Intacol “Easy Mix” com 10,5% de proteína e 2.750 kcal de energia digestível), na base de 0,5 kg/100 kg de peso vivo durante todo o período de treino. A água estava sempre disponível. Os equinos em estudo realizavam treinos para a prática de saltos de obstáculos, com igual regularidade e intensidade há pelo menos 6 meses. Adicionalmente, apenas foi incluída a passeadeira aquática no protocolo de treino. Os animais estavam familiarizados com as instalações e o equipamento de treino.

2. Delineamento Experimental

Cada equino foi acompanhado por um período de aproximadamente 23 semanas. O presente estudo compreendeu dois momentos de avaliação: a avaliação pré-treino (PRETR), realizada 1 semana antes do período de treino; e a avaliação pós-treino (TR), realizada 5 dias após o último dia de treino na passeadeira aquática. Todas as fases visam avaliar a performance dos equinos, a fim de perceber os efeitos do treino.

3. Termografia Muscular

A termografia foi realizada com o animal em repouso, num local coberto, sem qualquer tipo de radiação solar e com temperatura ambiente próxima dos 18°C, sempre pelo mesmo operador. As imagens termográficas foram recolhidas dos músculos braquiocefálico, semitendinoso e semimembranoso, bilateralmente, no PRETR e TR com o termógrafo posicionado a aproximadamente um metro de distância. Para avaliar o músculo braquiocefálico, as ROI 1 e 2 foram delimitadas na porção mais distal do músculo (Witkowska-Pitaszewicz et al., 2020), próximo ao marcador colocado na área de interseção clavicular. Nessa região foram posicionadas três linhas paralelas, ilustrado na Figura 5 e 6. Na avaliação do semitendinoso e semimembranoso, foi posicionado um marcador delimitando ambos, e as ROI 3, 6, 4 e 5 foram estabelecidas na porção lateral e medial ao marcador (Soroko & Morel, 2023), respetivamente, conforme representado na Figura 7 e 8. O limite superior foi definido traçando uma linha imaginária da tuberosidade isquiática. Dessa forma, ao observar as imagens termográficas, é possível uma melhor identificação das 6 ROI do estudo.

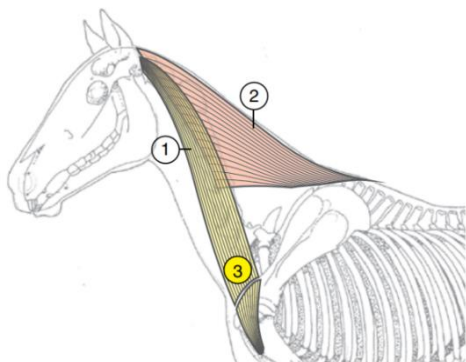


Figura 5. Anatomia do pescoço com músculo braquiocefálico (1) e músculo esplénio (2); região de tensão muscular na base do pescoço (3) (Soroko & Morel, 2023).

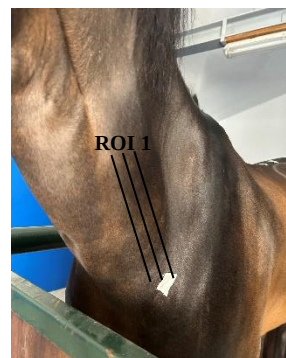


Figura 6. Marcador na interseção clavicular esquerda e esquema representativo do ROI 1 (Original da autora).

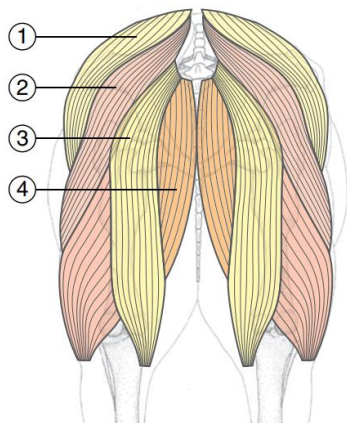


Figura 7. Representação anatômica dos músculos glúteos (1), músculo bíceps femoral (2), músculo semitendinoso (3) e músculo semimembranoso (4) (Soroko & Morel, 2023).

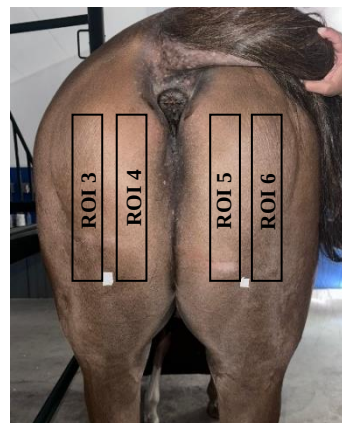


Figura 8. Marcadores a delimitar os músculos semitendinoso e semimembranoso bilateralmente e esquema representativo das ROI 3, 4, 5 e 6 (Original da autora).

O equipamento usado foi o FLIR E6390 (FLIR Systems Incorporated, United States), com posterior processamento no programa FLIR Tools®. O programa permite a realização de ajustes na escala de temperatura das imagens, medições bilaterais com adaptações nas imagens em que o tronco ou cauda interferiram, assim como obtenção de valores de temperatura mínima, média e máxima de cada ROI. A imagem termográfica é transmitida através de um mapa térmico, com as temperaturas demonstradas por meio de uma escala de cor. No presente estudo, todas as imagens estão de acordo com a mesma escala de temperatura, que varia de 16°C, representado numa coloração azul-escura, a 38°C, numa cor esbranquiçada, tal como é possível observar na escala de temperatura da Figura 9.

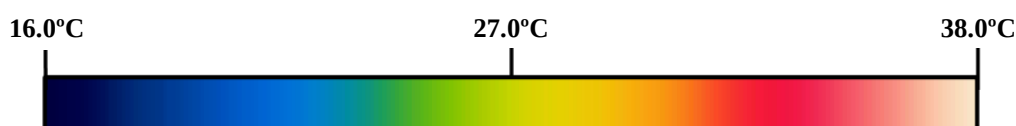


Figura 9. Escala de temperatura do Termógrafo FLIR-E6390 usada no estudo (Original da autora).

4. Medição da Massa Magra Muscular

Recorrendo a um ecógrafo (modelo LOGIQ, marca General Electric Healthcare) e uma sonda linear (modelo 12L-RS, marca General Electric Healthcare) na frequência de 5 MHz, em modo-B, a espessura da gordura da garupa (GG) foi determinada por um único operador para manter a consistência. A medição foi realizada no ponto de encontro entre duas linhas imaginárias, a primeira traçada do ísquio à base da cauda e a segunda traçada do ílio até à coluna lombossacra (ao nível de L6 a S1), segundo metodologia adaptada de Gentry et al. (2004). A medição foi realizada sempre do lado esquerdo dos equinos, sem tricotomia, em posição quadrupedal, relaxados e com os quatro membros corretamente posicionados.

A partir da determinação da GG, foi feito o cálculo da percentagem de gordura (PG), através da fórmula $PG = 8,64 + (4,7 \times GG)$ (Westervelt et al., 1976); posteriormente foi possível determinar a massa livre de gordura (massa magra) (Abreu, Manso Filho & Cordeiro Manso, 2009; Hunka et al., 2014) em PRETR e TR através da diferença entre a estimativa do peso corporal total obtido pela medição com fita métrica apropriada e o peso de gordura.

5. Teste de Campo de Saltos de Obstáculos

No dia seguinte às avaliações previamente descritas, os equinos foram sempre submetidos ao teste de campo de saltos de obstáculos (TSO), num picadeiro descoberto com piso de alto rendimento (areia de sílica) com a dimensão de 60mx20m. Previamente à execução do teste, todos os animais realizaram aquecimento a passo por um período médio de 10 minutos,

seguido de um período de 15 a 20 minutos de trote e galope montado, intercalados com períodos de descanso de 2 minutos.

No TSO, cavalo e cavaleiro executaram uma sequência de exercícios caracterizados por um percurso de 300 metros, com 10 saltos (2 *oxers* e 8 simples) de um metro de altura, típicos da modalidade equestre de saltos de obstáculos, com o qual estão familiarizados, representada na Figura 10. A temperatura ambiente, humidade do ar, peso do cavaleiro e equipamentos, condições de pista foram registadas para fins de interpretação dos dados.

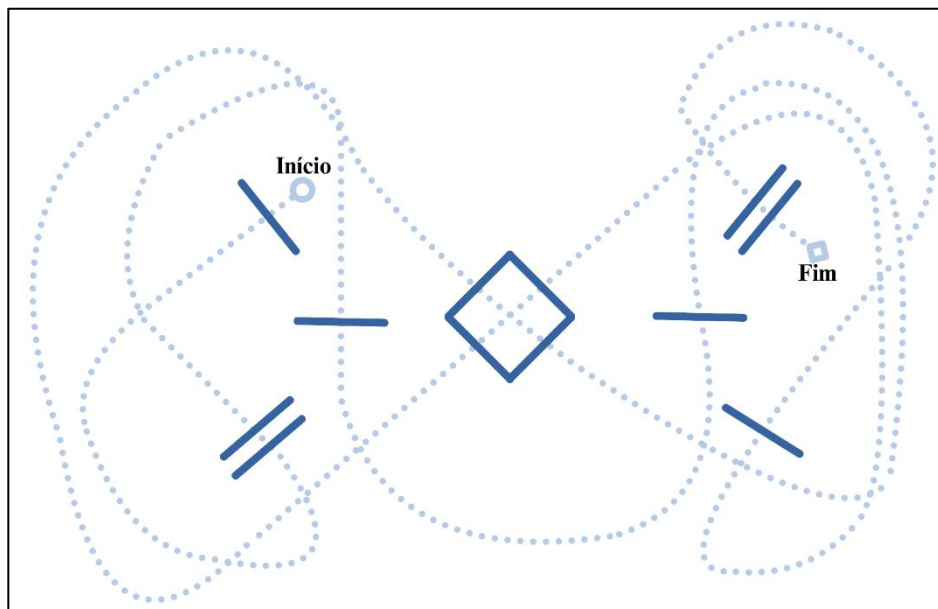


Figura 10. Esquema representativo da pista de obstáculos utilizada no teste de campo de saltos de obstáculos (Original da autora).

Em PRETR e TR, os exames físicos foram realizados em quatro tempos distintos: T0 (antes do exercício físico, com o animal em repouso, ainda na boxe); T1 (até 1 minuto após o fim do exercício físico); T2 (30 minutos após o fim do exercício físico); T3 (240 minutos após o fim do exercício físico). Nos momentos acima descritos, foram registadas FC, FR, TC; e foram recolhidas amostras de sangue, após assepsia local com álcool a 70%, por meio de venopunção da jugular para análise imediata do lactato (Lactate Pro 2 LT-1730, Arkray) e da glicose (Glucomen Areo, Menarini Diagnostics) e, posterior avaliação sérica da CK, AST e PTN. Para tal, os tubos foram centrifugados por 10 minutos (Centrífuga Angular Analógica CNT800D, Quirumed) a 3.000g para separação de soro e congeladas em eppendorfs a -80°C (PHCbi Ultra-Low Temperature Freezer MDF- DU502VH) até ao processamento das análises clínicas. Relativamente às bioquímicas séricas, foram determinadas em aparelho automático (DxC 700 AU Chemistry Analyzer, Beckman Coulter) com kits da mesma marca.

6. Programa de Treino Físico de 10 semanas

Os seis equinos foram treinados ao longo de 10 semanas, seis dias/semana, por um período diário de 40-60 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), complementado com dois dias/semana de treino na passarela aquática, respeitando os limites físicos individuais. A intensidade imposta foi ajustada a cada indivíduo.

Previamente ao treino, os equinos foram submetidos a um teste de esforço progressivo na passarela aquática para estabelecer a frequência cardíaca pico (FCpico) de cada animal, medido pelo sistema Polar interligado ao Alogo Pro. Para tal, os animais iniciaram na passarela, sem água, a uma velocidade de 4 km/h, por 5 minutos (aquecimento). Em seguida, encheu-se o tanque com água durante 3-4 minutos até que atingisse 40 cm de altura (nível da articulação carpo-metacarpiana), mantendo a velocidade. Posteriormente, a velocidade foi aumentada 1 km/h a cada 60 segundos até que chegasse aos 7 km/h e manteve-se constante até o tempo máximo de 15 minutos. A interrupção do teste aconteceu nas seguintes situações: (1) recuo do animal mesmo com estímulos humanos; (2) aumentos abruptos de FC e/ou FR; (3) tropeços constantes/dificuldade em manter ritmo. Nos casos de interrupção, ou nos casos em que o tempo máximo foi atingido, o animal permaneceu a atividade física a ~4 km/h enquanto a água era removida. O valor calculado da FCpico em PRETR foi usado para controlo da velocidade de trabalho durante as 10 semanas de treino.

No 1.º e 3.º dia de cada semana (considerando segunda-feira como dia de descanso e terça-feira como 1.º dia da semana) foi realizado um treino com recurso à passarela aquática (Activo-Med Aqualine) (Tabela 2). Salientando, que foi realizada uma dessensibilização prévia ao equipamento, processo e condições, para que não representasse um fator de stress adicional.

Durante as primeiras 5 semanas de treino, os animais fizeram 5 minutos de aquecimento na passarela sem água a uma velocidade média de 4 km/h. Em seguida, durante aproximadamente 3-4 minutos, encheu-se o tanque com água até ao nível 3 (35-40cm, de forma que a água atingisse a articulação carpo-metacarpiana), altura na qual os animais trabalharam ao longo de 16-17 min na velocidade de trabalho compatível com 70% da FCpico determinada no teste prévio de esforço. No fim da sessão, a água foi removida, e a velocidade média foi reduzida para 4 km/h por 3-4 minutos, antes do equipamento ser desligado. A atividade física decorreu por um período médio total de 25 minutos. Nas 5 semanas seguintes, manteve-se o

protocolo, entretanto, com os animais a trabalhar numa velocidade de trabalho compatível com 80% da FCpico, o que contribui para que atingissem o trote na água.

Tabela 2. Programa de treino específico para equinos de saltos de obstáculos.

Dias da semana	Tipo de andamento	Duração (min)	Quantidade de obstáculos (número)	Altura dos obstáculos (cm)
1.º, 3.º e 5.º dia	Passo	5		
	Trote	25		
	Galope	25		
1.º e 3.º dia (Passadeira Aquática)	Passo	5		
	Passo/Trote	20		
2.º e 4.º dia	Passo	5		
	Trote	30		
	Galope	20		
	Passo	-	3 (aquecimento) 8	50 90
	Passo	5		
	Passo	5		
6.º dia (Field Test)	Trote	30		
	Galope	20		
	Passo	-	3 (aquecimento) 8	50 100
	Passo	5		
	Passo	5		

Ao longo das 10 semanas de treino, foi feito o registo da temperatura ambiente, humidade relativa do ar e temperatura da água da passadeira aquática em todos os dias (início, durante e fim do treino). Na segunda sessão das semanas 2, 4, 6 e 8, foram feitas colheitas de sangue antes (Tr0) e após 4h de recuperação (Tr3) para determinação de CK.

7. Análise Estatística

A análise estatística foi realizada num programa computadorizado (PROC MIXED program, SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, North Caroline, EUA). A normalidade das variáveis foi avaliada a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov. Para avaliar a influência do exercício físico (TSO) em PRETR e TR, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas seguido de uma comparação entre médias (teste de Tukey); por outro lado, para avaliar a influência do treino (PRETR vs. TR), os dados foram comparados através do teste-t. Os resultados foram expressos como médias $\pm$ desvios-padrão e a significância estabelecida em $p \leq 0,05$ em todos os casos.

III. RESULTADOS

A avaliação termográfica dos três músculos selecionados para o estudo (músculos braquiocefálico, semitendinoso e semimembranoso) demonstrou um aumento significativo da temperatura mínima, média e máxima, após as 10 semanas de treino na passadeira aquática, à exceção da ROI 4 (músculo semimembranoso do lado esquerdo). Na Tabela 3 encontram-se apresentados através da análise estatística os valores da temperatura de cada região de interesse, antes do treino e após o treino.

Tabela 3. Análise termográfica dos músculos braquiocefálico, semitendinoso e semimembranoso em equinos usados em provas de saltos de obstáculos para avaliar o recrutamento muscular associado a um programa de um treino físico de 10 semanas na passadeira aquática.

Temperaturas	Regiões de interesse					
	Músculo braquiocefálico		Músculo semitendinoso		Músculo semimembranoso	
	Esquerdo (ROI 1)	Direito (ROI 2)	Esquerdo (ROI 3)	Direito (ROI 6)	Esquerdo (ROI 4)	Direito (ROI 5)
TMax, °C						
PRETR	28,9 ± 2,2 ^B	28,4 ± 2,9 ^B	29,1 ± 2,2 ^B	28,4 ± 2,3 ^B	31,9 ± 1,6	30,5 ± 2,1 ^B
TR	32,0 ± 1,0 ^A	32,2 ± 1,1 ^A	32,6 ± 1,4 ^A	32,4 ± 1,2 ^A	33,7 ± 1,1	33,7 ± 1,4 ^A
TMin, °C						
PRETR	27,1 ± 2,6 ^B	26,9 ± 3,4 ^B	25,9 ± 2,1 ^B	25,2 ± 3,1 ^B	27,7 ± 2,6	27,1 ± 2,5 ^B
TR	30,9 ± 0,8 ^A	31,2 ± 1,3 ^A	30,6 ± 1,4 ^A	30,0 ± 1,0 ^A	30,8 ± 2,0	30,7 ± 2,1 ^A
TMed, °C						
PRETR	27,9 ± 2,5 ^B	27,7 ± 3,2 ^B	27,8 ± 2,1 ^B	27,3 ± 2,4 ^B	29,9 ± 1,7	29,2 ± 2,3 ^B
TR	31,4 ± 0,8 ^A	31,7 ± 1,2 ^A	31,6 ± 1,5 ^A	31,4 ± 1,3 ^A	32,5 ± 1,2	32,4 ± 1,3 ^A

Nota: Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna para cada variável sinalizam diferenças significativas entre PRETR e TR pelo teste-t de Student ($p \leq 0,05$). TMax, temperatura máxima; TMin, temperatura mínima; TMed, temperatura média; PRETR, antes do treino de 10 semanas; TR, após o treino de 10 semanas.

As Figuras 11 e 12, demonstram as imagens termográficas obtidas da região do músculo braquiocefálico esquerdo com o ROI 1. Por outro lado, as Figuras 13 e 14 representam a região do músculo braquiocefálico direito com o ROI 2. Por fim, as Figuras 15 e 16, apresentam as imagens termográficas recolhidas da região dos músculos semitendinoso e semimembranoso bilaterais, com os respetivos ROI 3, 4, 5 e 6 representados. Todas as figuras apresentam as imagens recolhidas antes do treino na passadeira aquática à esquerda e após as 10 semanas de treino à direita.

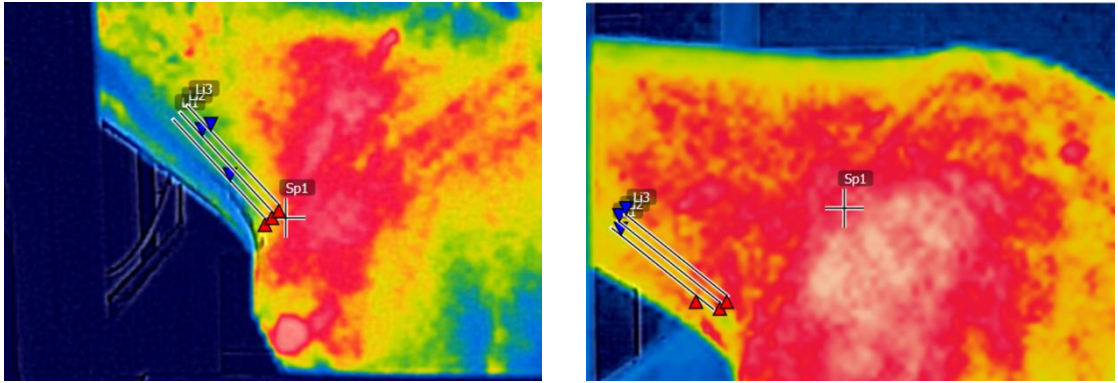


Figura 11. Imagens termográficas do músculo braquiocefálico esquerdo do Equino 1 recolhidas antes (esquerda) e após as 10 semanas de treino (direita), com representação do ROI 1.

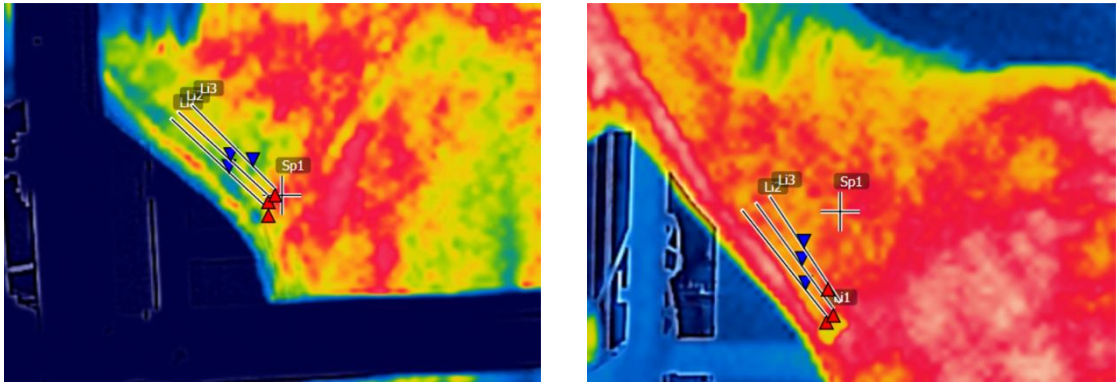


Figura 12. Imagens termográficas do músculo braquiocefálico esquerdo do Equino 6 recolhidas antes (esquerda) e após as 10 semanas de treino (direita), com representação do ROI 1.

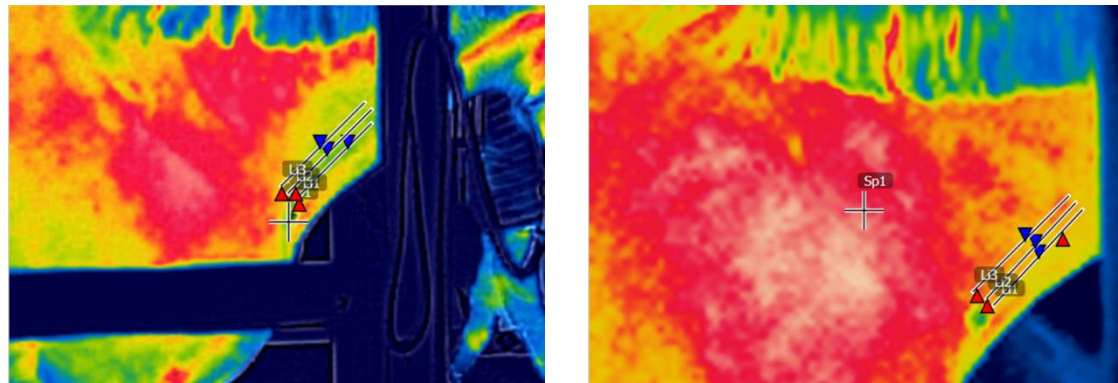


Figura 13. Imagens termográficas do músculo braquiocefálico direito do Equino 1 recolhidas antes (esquerda) e após as 10 semanas de treino (direita), com representação do ROI 2.

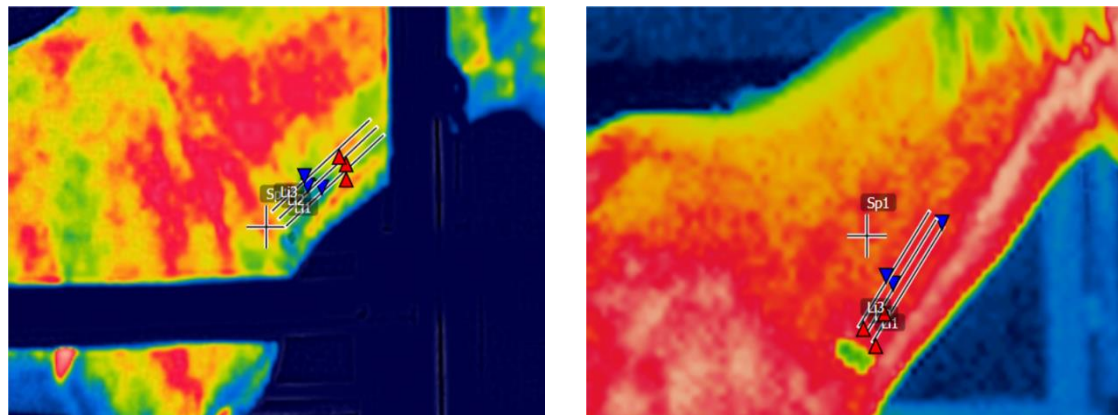


Figura 14. Imagens termográficas do músculo braquiocefálico direito do Equino 6 recolhidas antes (esquerda) e após as 10 semanas de treino (direita), com representação do ROI 2.

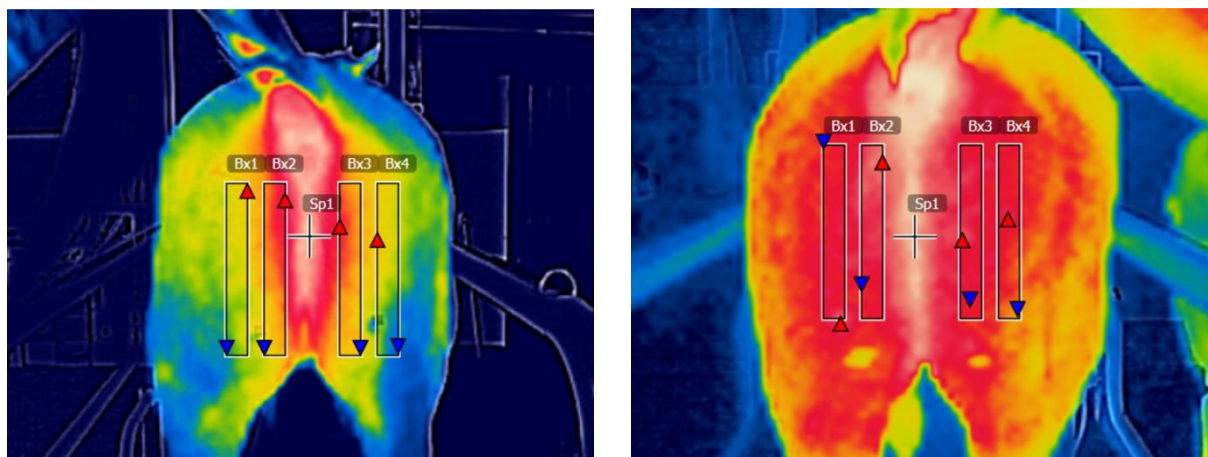


Figura 15. Imagens termográficas dos músculos semitendinoso e semimembranoso do Equino 1 recolhidas antes do treino (esquerda) e após o treino (direita), com representação dos ROI 3, 4, 5 e 6, respetivamente.

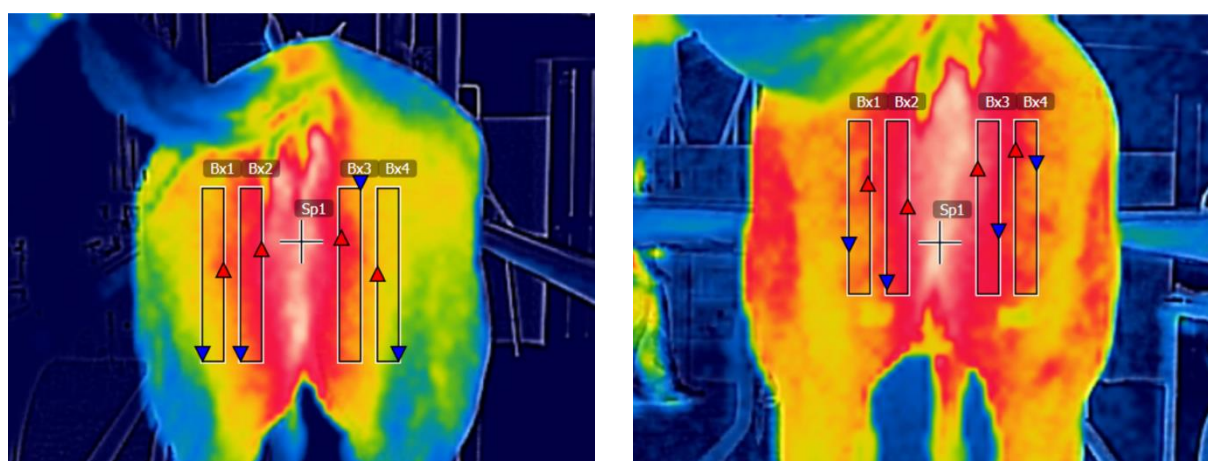


Figura 16. Imagens termográficas dos músculos semitendinoso e semimembranoso do Equino 5 recolhidas antes do treino (esquerda) e após o treino (direita), com representação dos ROI 3, 4, 5 e 6, respetivamente.

Na Tabela 4 estão apresentados os dados relativos ao ganho de massa magra. O treino na passadeira levou ao aumento de peso corporal, caracterizado pelo ganho de massa muscular e manutenção da percentagem de gordura corporal.

Tabela 4. Peso corporal, percentagem de gordura corporal e massa magra (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de saltos de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de 10 semanas na passadeira aquática.

	PRETR	TR	<i>p</i>
Peso corporal (kg)	550,5 $\pm$ 14,5 ^b	587,0 $\pm$ 41,9 ^a	0,0420
Espessura de gordura da garupa, lado esquerdo (cm)	0,69 $\pm$ 0,45	0,59 $\pm$ 0,40	0,4310
Massa magra (kg)	485,1 $\pm$ 19,1 ^b	520,1 $\pm$ 42,2 ^a	0,0402

Nota: Letras diferentes na mesma linha sinalizam influência do treino pelo teste-t de Student ($p \leq 0,05$). PRETR, teste de campo realizado antes do treino de 10 semanas; TR, teste de campo realizado após o treino de 10 semanas; Vmed, velocidade média.

Os resultados do estudo com os valores médios e desvios-padrão relativos aos parâmetros fisiológicos (FC, FR e TC), glicose e lactato sanguíneo estão apresentados na Tabela 5. É possível destacar que de uma forma geral, as variáveis estudadas foram influenciadas de forma significativa pela prática da atividade física (efeito do TSO), com pico dos valores no momento T1 e retorno aos valores pré-esforço no momento T2. Relativamente, à glicose, apresentou-se de forma oposta, com o menor valor registado em T1 imediatamente após o exercício no início do treino (PRETR). Os efeitos do programa de treino, apenas foram observadas alterações na glicose sanguínea, com registo de valores significativamente maiores no pós-treino (TR).

Tabela 5. Parâmetros fisiológicos, glicose e lactato sanguíneo (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de saltos de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de 10 semanas na passeadeira aquática.

Parâmetros	Período experimental				<i>p</i>	
	T0	T1	T2	T3	TSO	Treino
FC, bpm						
PRETR	30,0 ± 5,5 ^b	91,3 ± 27,5 ^a	34,7 ± 2,1 ^b	33,7 ± 4,8 ^b	<0,0001	0,1647
TR	32,8 ± 3,3 ^b	98,7 ± 16,1 ^a	40,7 ± 3,0 ^b	36,7 ± 3,0 ^b	<0,0001	
FR, rpm						
PRETR	13,3 ± 3,3 ^b	46,0 ± 17,3 ^a	17,3 ± 4,8 ^b	15,7 ± 6,3 ^b	<0,0001	0,2200
TR	12,8 ± 1,6 ^b	39,3 ± 11,2 ^a	20,7 ± 5,9 ^b	12,0 ± 0,0 ^b	<0,0001	
TC, °C						
PRETR	37,1 ± 0,5 ^b	37,8 ± 0,3 ^a	37,7 ± 0,2 ^a	37,4 ± 0,4 ^a	0,0119	0,2230
TR	37,4 ± 0,2 ^a	37,6 ± 0,4 ^a	37,5 ± 0,3 ^a	37,2 ± 0,2 ^b	0,0001	
Glicose, mg/dL						
PRETR	103,0 ± 13,6 ^a	73,0 ± 21,7 ^b	100,7 ± 13,6 ^a	100,2 ± 4,6 ^a	0,0025	0,0309
TR	110,6 ± 8,0	94,8 ± 26,6	107,5 ± 37,2	103,5 ± 10,2	0,7246	
Lactato, mmol/L						
PRETR	0,87 ± 0,22 ^b	2,07 ± 0,69 ^a	0,95 ± 0,10 ^b	0,92 ± 0,12 ^b	0,0119	0,3627
TR	0,78 ± 0,13 ^b	1,97 ± 0,50 ^a	1,33 ± 0,34 ^b	1,00 ± 0,20 ^b	0,0003	

Nota: 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 ($p \leq 0,05$). 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; TC, temperatura corporal.

Na Tabela 6 observam-se os valores referentes à AST, PTN e CK, destacando-se alterações significativas em relação ao TSO da AST e PTN, sempre com recuperação dos valores basais em T2. Após as 10 semanas de treino na passadeira aquática, foram observados valores significativamente maiores da AST, PTN e CK.

Tabela 6. Parâmetros bioquímicos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de campo de saltos de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de 10 semanas na passadeira aquática.

Parâmetros	Período experimental					<i>p</i>	
	T0	T1	T2	T3	TSO	Treino	
AST, UI/L							
PRETR	285,0 ± 51,0 ^b	311,1 ± 44,4 ^a	284,8 ± 46,1 ^b	276,5 ± 40,8 ^b	<0,0001	<0,0001	
TR	313,2 ± 57,2 ^{bc}	344,5 ± 56,5 ^a	316,2 ± 53,8 ^b	304,3 ± 53,4 ^c	<0,0001		
PTN, mg/dL							
PRETR	5,8 ± 0,3 ^b	6,4 ± 0,3 ^a	5,9 ± 0,3 ^b	5,8 ± 0,4 ^b	<0,0001	<0,0001	
TR	6,6 ± 0,4 ^b	6,9 ± 0,4 ^a	6,3 ± 0,4 ^{bc}	6,1 ± 0,4 ^c	<0,0001		
CK, UI/L							
PRETR	137,7 ± 25,9	153,3 ± 26,1	138,0 ± 23,7	150,0 ± 37,9	0,0841	0,0391	
TR	180,6 ± 80,3	181,7 ± 69,5	158,5 ± 35,5	148,0 ± 37,5	0,3879		

Nota: 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 ($p \leq 0,05$). T0, repouso; T1, imediatamente após o exercício; T2, com 30 minutos de recuperação; T3, com 240 minutos de recuperação. AST, aspartato aminotransferase; PTN, proteínas totais; CK, creatina quinase.

Ao longo do treino, mais especificamente nas semanas 2, 4, 6 e 8, foram obtidas amostras de sangue antes (Tr0) e com 4h de recuperação (Tr3). Com a evolução do treino, constatou-se o aumento significativo de CK no momento basal, atingindo maiores valores na semana 8 ($p=0,0296$). Entretanto, tal alteração não ocorreu no Tr3 ($p=0,2272$). Relativamente à comparação entre Tr0 e Tr3, para analisar os efeitos do exercício na passadeira aquática, não sinalizou diferenças significativas ($p=0,2306$) entre os momentos estudados (Tabela 7).

Tabela 7. Registo da CK sérica (médias $\pm$ desvios-padrão) ao longo das 10 semanas de treino dos equinos treinados na passadeira aquática.

Parâmetro	Período experimental	S2	S4	S6	S8
CK, UI/L	Tr0	127,7 $\pm$ 25,3 ^b	151,5 $\pm$ 48,2 ^{ab}	173,0 $\pm$ 41,4 ^{ab}	186,4 $\pm$ 72,9 ^a
	Tr3	128,8 $\pm$ 33,2	160,2 $\pm$ 52,0	169,3 $\pm$ 57,7	128,8 $\pm$ 44,9

Nota: Letras diferentes na mesma linha sinalizam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). S2, semana 2; S4, semana 4; S6, semana 6; S8, semana 8; Tr0, antes do treino na passadeira; Tr3, com 4 horas de recuperação após o fim do treino.

Na Tabela 8 estão apresentados os registos da temperatura da água, temperatura ambiente e humidade relativa do ar ao longo das 10 semanas de treino na passeadeira aquática. De uma forma geral, a temperatura média ambiente foi de 13,2°C, em PRETR e TR, com humidade relativa do ar de 74,9%. Nos momentos de treino a temperatura média ambiente foi de 14,5°C e humidade relativa do ar de 79,1%. Adicionalmente, ao longo dos treinos a temperatura média da água da passeadeira foi de 14,9°C.

Tabela 8. Registos da temperatura ambiente, temperatura da água e humidade relativa do ar (médias $\pm$ desvios-padrão) ao longo das 10 semanas de treino dos equinos treinados na passeadeira aquática.

Parâmetro	S2	S4	S6	S8
Temperatura da água, °C	13,0 $\pm$ 0,0	15,6 $\pm$ 0,5	13,8 $\pm$ 0,4	16,0 $\pm$ 0,0
Temperatura ambiente, °C	15,5 $\pm$ 0,5	16,2 $\pm$ 1,0	10,0 $\pm$ 0,0	16,4 $\pm$ 1,0
Humidade relativa do ar, %	85,3 $\pm$ 0,5	92,5 $\pm$ 9,6	77,0 $\pm$ 0,0	72,0 $\pm$ 3,4

É importante salientar que ao longo do protocolo experimental, os animais trabalharam sem intercorrências, sem sinais clínicos de lesão muscular ou de desconforto, apresentando boa aptidão física.

IV. DISCUSSÃO

O presente projeto de investigação foi desenvolvido através da necessidade de aferir o impacto de um protocolo de treino de 10 semanas na passadeira aquática numa população de equinos da modalidade de saltos de obstáculos. As hipóteses colocadas foram confirmadas, tendo sido possível constatar através da termografia um aumento da temperatura basal do músculo braquiocefálico e dos músculos isquiotibiais (semitendinoso e semimembranoso), possivelmente devido a uma maior ativação muscular. Além disso, houve ainda aumento significativo da atividade enzimática de CK e AST e ganho de massa magra muscular.

As imagens termográficas obtidas indicaram um aumento da temperatura superficial corporal no pescoço, na região do músculo braquiocefálico (Figuras 11, 12, 13 e 14), e nos membros posteriores, na região dos músculos semitendinoso e semimembranoso (Figuras 15 e 16), após as 10 semanas de treino, sugerindo maior vascularização desses grupos musculares. O aumento no fluxo sanguíneo local e atividade metabólica ocorre para atender ao metabolismo muscular, garantindo o fornecimento de maior quantidade de oxigénio e substratos necessários para sustentar a contração muscular e remoção de resíduos metabólicos (Soroko et al., 2019), especialmente em ambientes que proporcionam maior resistência, como a água. Portanto, o elevado grau de resistência criado pela água dificulta o movimento, induzindo uma maior ativação muscular e melhoria da força muscular (Tranquille et al., 2017), tal como propõe Yarnell et al. (2014) através do registo do maior aumento nas temperaturas superficiais com o aumento do nível de água.

O exercício na passadeira aquática afeta a atividade muscular de forma diferente, dependendo da função do músculo. Músculos responsáveis pelo suporte de peso têm um menor requisito energético na água, enquanto os responsáveis pela propulsão, como o semitendinoso e o semimembranoso, têm um maior requisito energético (dependendo da velocidade e do nível de água) (Tranquille et al., 2017). Os músculos selecionados para o estudo foram fortemente ativados neste tipo de exercício, conforme verificado pelos resultados. Além disso, o protocolo foi construído de forma que o treino na passadeira, duas vezes por semana, em adição ao treino regular durante 10 semanas, promovesse o fortalecimento e aumento do tamanho das fibras musculares, o que também contribui para uma maior produção de calor (Mescher, 2018).

Os resultados obtidos por Yarnell et al. (2014) e, mais recentemente, por De Meeûs d'Argenteuil et al. (2021) relativamente ao exercício na passadeira aquática e passadeira seca

permitiram concluir que ocorre um efeito modulador muscular geral muito mais pronunciado, e os músculos que mais beneficiam da passadeira aquática são predominantemente os grupos musculares dos membros posteriores. O primeiro estudo verificou o aumento da temperatura superficial na região do músculo semitendinoso após o exercício, resultado que está de acordo com os do presente estudo. Adicionalmente, no estudo de De Meeûs d'Argenteuil et al. (2021), o treino de 8 semanas na passadeira aquática contribuiu para o aumento do diâmetro muscular dos grupos musculares selecionados no estudo e, curiosamente os músculos semitendinoso e semimembranoso demonstraram um aumento assimétrico dependendo da localização da medição da biópsia muscular, podendo justificar a ausência de aumento significativo de temperatura no ROI 4.

O TSO, ou seja, a atividade física, influenciou significativamente alguns dos parâmetros estudados, como FC, FR, TC, glicose, lactato, AST e PTN, seja antes (PRETR) ou após (TR) o programa de treino estabelecido. Particularmente, o lactato sanguíneo é considerado um bom marcador do nível de condicionamento (Arfuso et al., 2021). O lactato aumentou imediatamente após o exercício no momento T1, tanto no PRETR quanto no TR, sem ultrapassar o limiar anaeróbio de 4 mmol/L (Rivero & Piercy, 2014), permitindo caracterizar o esforço imposto como predominantemente aeróbio. O rápido retorno aos valores basais em T2 sinaliza eficiência na remoção de lactato do sangue e conversão em glicose no fígado (ciclo de Cori) (Davies, 2017b), assim como um desempenho atlético superior (Allen et al., 2016).

Por outro lado, a glicose registou uma diminuição significativa dos valores em T1 apenas no momento PRETR, possivelmente associado à depleção intramuscular de glicogénio, portanto a redução das reservas de glicogénio dentro do músculo devido ao aumento da captação e utilização de glicose pelos músculos para produzir ATP necessária para a contração muscular (Fazio et al., 2014). Este processo foi consistente com a ativação das vias glicolíticas para fornecer uma grande quantidade de energia explosiva e imediata em atividades de curta duração e alta intensidade, como os saltos de obstáculos (Davies, 2017b); de forma inversa ao lactato, a glicose aumentou em T2, provavelmente resultado do restabelecimento do equilíbrio glicolítico através da mobilização de reservas energéticas mediante glicogenólise hepática, ativação do metabolismo da gordura e/ou reposição alimentar o que predispõe ao aumento da glicemia (Fazio et al., 2014), ou por diminuição do volume sanguíneo (Mattosinho et al., 2017). Foram observadas conclusões semelhantes por Carvalho Filho et al. (2019), Fazio et al. (2014) e Gonçalves et al. (2022). O fato da glicose não se alterar no TSO realizado após as 10 semanas

de treino (TR), associado aos maiores valores registados em TR, apontam para uma maior eficiência energética, com menor depleção intramuscular de glicogénio (Rivero & Piercy, 2014) e maior disponibilidade desse importante substrato energético (Davies, 2017b).

A monitorização dos parâmetros enzimáticos CK e AST durante ambos os TSO foi essencial para avaliar o nível de condicionamento físico e verificar se o programa de treino promoveu as adaptações necessárias a nível muscular. Enquanto a CK não se alterou mediante os testes de campo no PRETR e TR, a AST apresentou ligeiro aumento significativo imediatamente após o exercício, com retorno dos valores basais em T2. Estes resultados são descritos em animais que expressam uma performance desportiva apropriada, ou seja, encontram-se adaptados ao nível de esforço físico imposto. Ocorrem devido a alterações no volume sanguíneo (Silva et al., 2023) e ao *stress* oxidativo resultante da maior taxa de metabolismo glicolítico, que pode causar maior permeabilidade da membrana muscular em resposta ao exercício, mas sem causar danos musculares significativos (Allen et al., 2016; Mattosinho et al., 2017; Kupczyński et al., 2018). Para ambas as variáveis, os valores registados encontraram-se sempre dentro dos valores de referência (Rossdales Laboratories, 2016).

Numerosos estudos avaliaram a atividade das enzimas musculares após o exercício. Carvalho Filho et al. (2019) e Fazio et al. (2014) estudaram equinos da modalidade de saltos de obstáculos e, ao contrário da presente pesquisa, observaram aumento de CK após o exercício físico, similar a estudos que também envolveram a referida modalidade (Assenza et al., 2016; Kupczyński et al., 2018). Segundo Silva et al. (2023) e outros citados, como Santiago et al. (2014), Souza et al. (2014), Hunka et al. (2018), realizados em cavalos de vaquejada, assim como no estudo de Binda et al. (2016) em cavalos de corrida entre barris, o esforço físico imposto não levou a variação significativa na CK. Os autores justificam os seus resultados à boa condição física dos equinos usados. As variações nos resultados estão relacionadas com a modalidade equestre, a intensidade de esforço físico e o nível de condicionamento dos animais.

Em relação à AST, o estudo de Carvalho Filho et al. (2019) com equinos de saltos de obstáculos não apresentou alterações significativas entre os diferentes momentos, discordando da presente pesquisa. Entretanto, pode-se sugerir que o aumento observado da AST, seja antes ou após o treino na passeadeira aquática, esteja relacionado com as alterações concomitantes observadas para as proteínas totais, que sinalizaria uma redução momentânea do volume sanguíneo, relacionado, por sua vez, com intensidade do esforço (Silva et al., 2023). A rápida recuperação dos valores em T2 reforça o bom condicionamento físico dos equinos usados.

No segundo TSO, ou seja, no momento pós-treino (TR), comparativamente com o primeiro momento (PRETR), houve um aumento significativo das atividades séricas de CK e de AST. Esses resultados sugerem que o programa de treino imposto levou a adaptações metabólicas (Valberg, 2014) e uma maior ativação muscular (Murray et al., 2020), corroborando com as informações fornecidas pela termografia muscular. O treino repetitivo e prolongado, tal como o protocolo definido neste estudo, com duração de 10 semanas e aumento progressivo da intensidade de trabalho na passadeira aquática ao longo das semanas, induziu a adaptações músculo-esqueléticas, sem comprometer o bem-estar dos animais. A resposta eficaz ao treino depende da utilização de estímulos adequados, segundo as variáveis frequência, intensidade e duração (Castejon-Riber et al., 2017). O exercício aumenta a musculatura esquelética através da estimulação da formação de novas miofibrilas e do crescimento do diâmetro individual das fibras musculares (Mescher, 2018).

Nos resultados apresentados na Tabela 7, os valores de CK basal demonstraram-se progressivamente maiores ao longo do treino, com o maior valor atingindo na semana 8 ($p=0,0296$). Esse aumento gradual dos valores em Tr0 sinaliza que o crescimento muscular aconteceu de forma progressiva, consoante o aumento de carga, o que sugere a eficiência do treino na construção muscular, sem gerar lesões, uma vez que os valores com 4 horas de recuperação (Tr3) não sofreram alteração ($p=0,2272$). A ausência dessas alterações pode indicar uma eficiente capacidade de recuperação muscular, maior capacidade de remoção de resíduos metabólicos e melhor controlo da resposta inflamatória (Rivero & Piercy, 2014; Valberg, 2014), associados com a melhoria da circulação sanguínea refletida na termografia muscular. Vincze e colaboradores (2017) também constataram que o treino na passadeira aquática melhora a performance de equinos de saltos de obstáculos, influenciando processos adaptativos e, embora inicialmente ocorram danos musculares, existe uma adaptação subjacente que beneficia o desempenho atlético.

O protocolo de treino proposto gerou ganho de peso corporal que se refletiu principalmente no ganho de massa magra, visto que a espessura da gordura da garupa não sofreu alterações. A massa magra inclui principalmente massa muscular, que é diretamente afetada por exercícios de força e resistência, sendo a força considerada uma das características específicas no treino com recurso à passadeira aquática, fortalecendo grupos musculares específicos em função principalmente da resistência gerada pela água. Esses treinos são importantes para a modalidade de saltos de obstáculos (Van Weeren, 2014).

Consequentemente, o ganho de massa magra muscular resulta da maior ativação muscular, ou seja, o esforço físico imposto ao longo do treino levou ao aumento do fluxo sanguíneo e da atividade metabólica nos músculos, o que aumenta a produção de calor durante o exercício e a recuperação, justificando o aumento da temperatura muscular observado nas imagens termográficas. Adicionalmente, também justifica o aumento de CK e AST, considerando que o treino exige adaptação músculo-esquelética a curto e longo prazo, e no processo de adaptação ocorrem danos musculares e reparações, o que provoca libertação de enzimas associadas ao metabolismo e recuperação muscular. Assim, todos os resultados interligaram-se sinalizando que o treino na passadeira aquática aprimorou o recrutamento muscular, sendo considerado um importante aliado na preparação de cavalos de saltos de obstáculos beneficiando de uma musculatura propulsora dos membros posteriores mais forte.

A população deste estudo já se encontrava em atividade regular de treino, relativamente à intensidade e duração impostas. Nos dois dias de TSO, executados para avaliar o programa de treino, os biomarcadores usados rotineiramente na avaliação de performance desportiva, como FC, FR, e TC recuperaram rapidamente, logo no momento T2 (Binda et al., 2016; Fazio et al., 2014). Além disso, não foram constatados ao longo das semanas de treino quaisquer sinais clínicos de lesão muscular ou de desconforto, apresentando todos os animais uma boa aptidão física.

V. CONCLUSÃO

A análise dos resultados permitiu concluir que o protocolo de treino proposto de 10 semanas na passadeira aquática levou ao maior recrutamento muscular, o que, consequentemente, os torna mais aptos fisiologicamente à prática da modalidade equestre de saltos de obstáculos. Após o treino observou-se aumento da temperatura de músculos-alvo, mais precisamente de músculos acionados durante a atividade física na água (braquiocefálico, semitendinoso e semimembranoso) e uma maior atividade enzimática de CK. Deste modo, o estudo contribuiu para o aumento de pesquisas disponíveis sobre protocolos de condicionamento físico de equinos na passadeira aquática, direcionado para a modalidade de saltos de obstáculos.

Adicionalmente, os resultados demonstraram o grande potencial na Medicina Desportiva Equina da passadeira aquática como ferramenta eficiente para complementar o treino tradicional e da termografia muscular como um método rápido e não invasivo para avaliar a temperatura da superfície corporal ao redor de importantes grupos musculares envolvidos na locomoção. Os avanços tecnológicos e a utilização de métodos de monitorização não invasivos no desporto equestre, potencialmente melhorando os métodos de avaliação de treino e desempenho atlético, permitem garantir um treino eficiente e, consequentemente, um cavalo apto para as exigentes competições, minimizando o risco de lesões e garantindo o bem-estar animal.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, J., Manso Filho, H., & Cordeiro Manso, H. (2009). Composição corporal nos cavalos de trabalho. *Ciência Animal Brasileira*, 10(4), 1122-1127. <https://doi.org/10.5216/cab.v10i4.5709>

Allen, K. J., Van Erck-Westergren, E., & Franklin, S. H. (2016). Exercise testing in the equine athlete. *Equine Veterinary Education*, 28(2), 89-98. <https://doi.org/10.1111/eve.12410>

Arfuso, F., Giannetto, C., Giudice, E., Fazio, F., Panzera, M., & Piccione, G. (2021). Peripheral modulators of the central fatigue development and their relationship with athletic performance in jumper horses. *Animals*, 11(3), 743. <https://doi.org/10.3390/ani11030743>

Assenza, A., Marafioti, S., Congiu, F., Giannetto, C., Fazio, F., Bruschetta, D. & Piccione, G. (2016). Serum muscle-derived enzymes response during show jumping competition in horse. *Veterinary World*, 9(3), 251–255. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.251-255>

Binda, M. B., Teixeira, F. A., Carvalho, R. S., Macedo, L. P., Conti, L. M. C., Manso Filho, H. C., & Coelho, C. S. (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>

Borgossian, P., Oliveira, T., Hilgert, A., & Fernandes, W. (2017). Testes de esforço em cavalos: índices úteis ao ajuste do treinamento. *Ciência Animal*, 27(1), 99-117. Acedido em 5 de maio de 2024 em https://www.researchgate.net/publication/319762746_Testes_de_esforço_em_cavalos_indices_uteis_ao_ajuste_do_treinamento

Carvalho Filho, W. P. C., Fonseca, L. A., Girardi, F. M., Bento, L. D., Souto, P. C., & Orozco, A. M. O. (2019). Serum amyloid A and muscle activity biomarkers in horses submitted to equestrian show jumping. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 39(8), 668–671. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6218>

Castejon-Riber, C., Riber, C., Rubio, M. 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>

Coelho, C., Drumond, B., Silva, G., Fardin, V., & Giuberti, C. (2014). Does swim training improve athletic performance of mangalarga marchador orses? *Equine Veterinary Journal*, 46(S46), 5–6. https://doi.org/10.1111/evj.12267_15

Coelho, C., Manso Filho, H., Ribeiro Filho, J., Manso, H., Abreu, J., Escodro, P., & Valença, S. (2018). Escala para avaliação do bem-estar em equídeos atletas. *Revista Brasileira de Medicina Equina*, 13(75), 4-8.

Courouc -Malblanc, A., & Van Erck-Westergren, E. (2014). Exercise testing in the field. In K. Hinchcliff, A. Kaneps & R. Geor (Eds.), *Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete*, (2^a Ed., pp. 25-42). Saunders Elsevier.

Davies, Z. (2017a). Equine Support and Movement. In *Equine Science*, (3^a Ed., pp. 59-102). Wiley-Blackwell.

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

Davis, M. S. (2013). Exercise physiology, poor performance, overtraining. In H. W. Jann & B. Fackelman (Eds.), *Rehabilitating the athletic horse*, (2^a Ed., pp. 15-29). New York: Nova Science Publishers, Inc.

De Mee s d'Argenteuil, C., Boshuizen, B., Oosterlinck, M., Van de Winkel, D., De Spiegelaere, W., De Bruijn, C., ... Delesalle, C. (2021). Flexibility of equine bioenergetics and muscle plasticity in response to different types of training: An integrative approach, questioning existing paradigms. *PLoS ONE*, 16(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249922>

Equine Hydrotherapy Working Group. (2020). Equine water treadmill exercises – A guide for users. Acedido em 30 de abril de 2024 em <https://pure.hartpury.ac.uk/en/publications/equine-water-treadmill-exercises-a-guide-for-users>

Fazio, F., Casella, S., Assenza, A., Arfuso, F., Tosto, F., & Piccione, G. (2014). Blood biochemical changes in show jumpers during a simulated show jumping test. *Veterinarski Arhiv*, 84(2), 143-152. Acedido a 25 de maio de 2024 em <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=771469bef6b588b41102f99208a4b6bfb4555705>

Federa  o Equestre Internacional. (2024). Acedido em 21 de maio de 2024 em <https://inside.fei.org/>

Federação Equestre Portuguesa. (2024). Acedido em 31 de maio de 2024 em <https://www.fep.pt/>

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>

Gentry, L. R., Thompson, D. L., Gentry, G. T., Del Vecchio, R. P., Davis, K. A., & Del Vecchio, P. M. (2004). The relationship between body condition score and ultrasonic fat measurements in mares of high versus low body condition. *Journal of Equine Veterinary Science*, 24(5), 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2004.04.009>

Gerard, M., Graaf-Roelfsema, E., Hodgson, D., & Van der Kolk, J. (2014). Energetic considerations of exercise. In D. Hodgson, K. McKeever & C. McGowan (Eds.), *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*, (2^a Ed., pp. 19–33). Elsevier.

Gonçalves, J., Kretzmann Filho, N., Rodrigues, R., Jadoski, W., Beretta, B., Carolina, A., & Neves, A. (2022). Fitness of eventing horses submitted to interval training: Fitness in horses. *Rasayely - International Journal of Equine Science*, 1(2), 47–56. Acedido a 20 de julho de 2024 em <https://rasayely-journals.com/index.php/ijes/article/view/32>

Greco-Otto, P., Bond, S., Sides, R., Kwong, G. P. S., Bayly, W., & Léguillette, R. (2017). Workload of horses on a water treadmill: effect of speed and water height on oxygen consumption and cardiorespiratory parameters. *BMC Veterinary Research*, 13(1), 360. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1290-2>

Greco-Otto, P., Bond, S., Sides, R., Bayly, W., & Léguillette, R. (2020). Conditioning equine athletes on water treadmills significantly improves peak oxygen consumption. *Veterinary Record*, 186(8), 250. <https://doi.org/10.1136/vr.104684>

Guyard, K., Montavon, S., Bertolaccini, J., & Deriaz, M. (2023). Validation of Alogo Move Pro: a GPS-based inertial measurement unit for the objective examination of gait and jumping in horses. *Sensors*, 23, 4196. <https://doi.org/10.3390/s23094196>

Hinchcliff, K. W., & Geor, R. J. (2008). The horse as an athlete; a physiological overview. In K. Hinchcliff, E. Geor & A. Kaneps (Eds.), *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*, (1^a Ed., pp. 2–11). Saunders/Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-2857-1.X5001-X>

Hinchcliff, K. W. (2014). The horse as an athlete. In K. Hinchcliff, A. Kaneps & R. Geor (Eds.), *Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete*, (2^a Ed., pp. 14–21). Saunders Elsevier.

Hobbs, S. J., & Clayton, H. M. (2022). The Olympic motto through the lens of equestrian sports. *Animal Frontiers*, 12(3), 45–53. <https://doi.org/10.1093/af/vfac025>

Hodgson, D., & Foreman, J. (2014). Comparative aspects of exercise physiology. In D. Hodgson, K. McKeever & C. McGowan (Eds.), *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*, (2^a Ed., pp. 9–17). Saunders Elsevier.

Hodgson, D., & McGowan, C. (2014). An overview of performance and sports medicine. In D. Hodgson, K. McKeever & C. McGowan (Eds.), *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine* (2^a Ed., pp. 1–8). Saunders Elsevier.

Hunka, M., Cordeiro Manso, H., Bernardo, R., da Silva, E., Ferreira, L., & Manso Filho, H. (2014). Development and body composition of quarter horse foals during nursing. *Journal of Veterinary Medicine*, 4(11), 276–280. <https://doi.org/10.4236/ojvm.2014.411033>

Klein, B. G. (2019). The physiology of muscle. In *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology*, (6^a Ed., pp. 73-81). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-06149-4>

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>

Kruljc, P. (2023). Thermographic examination of the horse. *Acta Veterinaria. Sciendo*, 73(3), 289-316. <https://doi.org/10.2478/acve-2023-0023>

Kupczyński, R., Śpitalniak, K., Zwyrzykowska-Wodzińska, A., & Soroko, M. (2018). The influence of different workload trainings on some blood parameters in show jumping horses. *Veterinarski Arhiv*, 88(3), 279–293. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.170513>

Mattosinho, R. D. O., Sampaio, A. J. S. de A., Balarin, M. R. S., Fiorato, C. A., Vasques, G. M. B., Silva, A. L. Y. da, & Marcusso, P. F. (2017). Alterações hematológicas e bioquímica sérica de equinos atletas. *Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública*, 4(1), 82-91. <https://doi.org/10.4025/revcivet.v4i1.35706>

Mescher, A. L. (2018). Muscle tissue. In *Junqueira's Basic Histology: Text and atlas*, (15^a Ed., pp. 193-208). McGraw-Hill Education.

Muñoz, A. (2018). Exercise in water in the horse: physiological adaptations and potential benefits for training and rehabilitation. *International Journal of Health, Animal Science and Food Safety*, 5(1s), 121–129. In Proceedings of Veterinary and Animal Science Days. Milão, 6-8 de junho. <https://doi.org/10.13130/2283-3927/10268>

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>

Murray, R. C. (2014). Veterinary aspects of training the show jumping horse. In K. Hinchcliff, A. Kaneps & R. Geor (Eds.), *Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete*, (2^a Ed., pp. 1127–1135). Saunders Elsevier.

Murray, R. C., Hopkins, E., Tacey, J. B., Nankervis, K. J., Deckers, I., MacKechnie-Guire, R., & Tranquille C. A. (2020). Change in muscle development of horses undergoing 20 weeks of water treadmill exercise compared with control horses. *Equine Veterinary Journal*, 52(S54), 9–9. https://doi.org/10.1111/evj.09_13365

Nankervis, K., Tranquille, C., McCrae, P., 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>

Reece, W. O., & Rowe, E. W. (2017). Muscle. In *Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals*, (5^aEd., pp. 198-219). Wiley Blackwell.

Rivero, J. L., & Piercy, R. J. (2014). Muscle physiology: responses to exercise and training. In K. Hinchcliff, A. Kaneps & R. Geor (Eds.), *Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete*, (2^a Ed., pp. 69 – 108). Saunders/Elsevier.

Rossdale Laboratories. (2016). Adult non-thoroughbred horses. Acedido a 13 de junho de 2024 em <https://www.rossdales.com/wp-content/uploads/2024/05/Adult-Non-Thoroughbred-Horses.pdf>

Saitua, A., Castejón-Riber, C., Requena, F., Argüelles, D., Calle-González, N., de Medina, A. S., & Muñoz, A. (2022). Previous exercise on a water treadmill at different depths

affects the accelerometric pattern recorded on a track in horses. *Animals*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/ani12223086>

Silva, C., Trindade, K., Cruz, R., Vilela, C., Coelho, C., Ribeiro Filho, J., ... Manso Filho, H. C. (2023). Association between infrared thermography, blood count and creatine kinase in the evaluation of the welfare of vaquejada horses. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 13(6), 53–67. <https://doi.org/10.4236/ojvm.2023.136006>

Silva, T., Mariz., & Escodro, P. (2022). Use of thermography in clinical and sports evaluations of equine animals: A review. *Research, Society and Development*, 11(8). <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30532>

Soroko, M., & Howell, K. (2018). Infrared thermography: Current applications in equine medicine. *Journal of Equine Veterinary Science*, 60, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.11.002>.

Soroko, M., & Morel, M. C. G. D. (2023). *Equine Thermography in Practice* (2^aEd., pp. 1–113). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781800622913.0000>

Soroko, M., Spitalniak-Bajerska, K., Zaborski, D., Pozniak, B., Dudek, K., & Janczarek, I. (2019). Exercise-induced changes in skin temperature and blood parameters in horses. *Archives Animal Breeding*, 62(1), 205–213. <https://doi.org/10.5194/aab-62-205-2019>

Stucchi, L., Valli, C., Stancari, G., Zucca, E., & Ferrucci, F. (2019). Creatine-kinase reference intervals at rest and after maximal exercise in Standardbred racehorses. *Comparative Exercise Physiology*, 15(5), 319–325. <https://doi.org/10.3920/CEP190020>

Tranquille, C. A., Nankervis, K. J., Walker, V. A., Tacey, J. B., & Murray, R. C. (2017). Current knowledge of equine water treadmill exercise: what can we learn from human and canine studies? *Journal of Equine Veterinary Science*, 50, 76-83. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.10.011>

Tranquille, C. A., Tacey, J. B., Walker, V. A., Nankervis, K. J., & Murray, R. C. (2018). International survey of equine water treadmills – why, when and how? *Journal of Equine Veterinary Science*, 69, 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.05.220>

Tranquille, C. A., Tacey, J. B., Walker, V. A., Mackechnie-Guire, R., Ellis, J., Nankervis, K. J., ... Murray, R. C. (2022). The immediate effect of water treadmill walking

exercise on overground in-hand walking locomotion in the horse. *Comparative Exercise Physiology*, 18(5), 413–418. <https://doi.org/10.3920/CEP220027>

Turner, T. (2018). Thermography. In F. M. D. Henson (Ed.), *Equine Neck and Back Pathology: Diagnosis and Treatment*, (2^a Ed., pp. 165–174). Wiley Blackwell.

Valberg, S. J. (2014). Muscle anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. In D. Hodgson, C. McGowan & K. McKeever (Eds.), *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*, (2^aEd., pp. 174–201). Saunders Elsevier.

Van Weeren, R. (2014). Training show jumpers. In D. Hodgson, C. McGowan & K. McKeever (Eds.), *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*, (2^a Ed., pp. 337–346). Saunders Elsevier.

Vermeulen, R., De Meeûs, C., Plancke, L., Boshuizen, B., De 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(4), 224-231. <https://doi.org/10.21825/vdt.v86i4.16183>

Vincze, A., Szabo, C., Veres, S., Uto, D., & Hevesi, A. T. (2017). Fitness improvement of show jumping horses with deep water treadmill training. *Veterinarni Medicina*, 62(4), 192–199.

Votion, D. (2014). Metabolic responses to exercise and training. In K. Hinchcliff, A. Kaneps & R. Geor (Ed.), *Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete*, (2^a Ed., pp. 747–767). Saunders Elsevier.

Westervelt, R. G., Stouffer, J. R., Hintz, H. F., & Schryver, H. F. (1976). Estimating fatness in horses and ponies. *Journal of Animal Science*, 43(4), 781–785. <https://doi.org/10.2527/jas1976.434781x>

Witkowska-Piłaszewicz, O., Maśko, M., Domino, M., & Winnicka, A. (2020). Infrared thermography correlates with lactate concentration in blood during race training in horses. *Animals*, 10(11), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ani10112072>

Yarnell, K., Fleming, J., Stretton, T. D., & Brassington, R. (2014). Monitoring changes in skin temperature associated with exercise in horses on a water treadmill by use of infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, 45, 110–116. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.08.003>