



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**Impacto de um Protocolo de Treino com Guia
Mecânica de 7 semanas sobre Biomarcadores de Aptidão
Física em Cavalos de Salto de Obstáculos**

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

Catarina Cardoso Costa, nº 21803486

2024



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**Impacto de um Protocolo de Treino com Guia
Mecânica de 7 semanas sobre Biomarcadores de Aptidão
Física em Cavalos de Salto de Obstáculos**

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa, no dia 11/10/2024, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º: 950/2024, de 9 de Setembro, com a seguinte composição:

Presidente: Professor Doutor Eduardo Marcelino

Arguente: Professora Doutora Natália Rebouças (FMV-ULHT)

Orientador: Professora Doutora Clarisse Coelho

Este trabalho também foi orientado por Professora Carolina Nascimento.

Catarina Cardoso Costa, nº 21803486

2024

www.ulusofona.pt

The love for all living creatures is the
most noble attribute of man

- Charles Darwin

Agradecimentos

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona e a todos os professores que fizeram parte deste percurso, agradecer pelo conhecimento transmitido.

À minha orientadora, Professora Doutora Clarisse Coelho, um obrigada não é suficiente por todo o apoio, empenho e entusiasmo que ofereceu, não só a mim mas a toda a equipa deste projeto. Não podia ter pedido melhor. Foi incansável desde o dia um e motivou-me sempre para fazer melhor, obrigada.

À Professora Doutora Carolina Nascimento, pela generosidade que nos permitiu colocar a investigação em prática e por todo o apoio ao longo deste percurso. Ainda a toda a equipa da Hidrovet, em especial à Filipa, ao Manel e ao Gonçalo, sem eles não teria sido possível.

A toda a equipa da Equimuralha, por me ter proporcionado uma experiência de estágio tão positiva. Um obrigada especial ao Doutor Tomé Fino, ao Doutor Luís Cerca e à Doutora Beatriz Grenho, por todo o conhecimento que me ofereceram e momentos bem passados.

À BJCM-VET, por dois meses de estágio que passaram a correr. Ao Doutor Bruno Miranda, ao Doutor Miguel Gomes e à Doutora Laura Ribeiro, pela fonte de informação infinita e dedicação que têm todos os dias.

A todos os meus amigos, pelos bons momentos. Em especial, aos que fiz durante o curso. Obrigada pela companhia nas saídas de campo, pela boa disposição durante as noites de estudo e por me apoiarem a cada passo.

Por fim à minha família, que acreditam em mim desde o primeiro dia. Obrigada pela paciência em alturas de maior ansiedade, pela motivação em alturas mais desafiantes e pelo orgulho que sei que têm em mim. O apoio, dado de diversas formas, foi essencial para chegar aqui. Obrigada!

Resumo

Os programas de treino devem melhorar o condicionamento físico dos cavalos de desporto e, ao mesmo tempo, preservar o seu bem-estar. As guias mecânicas são amplamente utilizadas no maneio e no treino, pois permitem que vários cavalos sejam exercitados simultaneamente de forma controlada. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficácia de um programa de treino de sete semanas, com recurso a uma guia mecânica para cavalos de salto de obstáculos. Deste modo, quatro cavalos treinados, com ~14 anos de idade, ~582,3 kg, foram avaliados antes e depois de um protocolo de treino que incluía o uso da guia mecânica (durante 1h, duas vezes/semana, em velocidades semanais crescentes, começando em 1,7 km/h em S1 e terminando em 7 km/h em S7) e uma determinada sequência pré-estabelecida de exercícios durante 7 semanas. Foi considerado que os animais observados constituíam o seu próprio grupo de controlo, uma vez que já realizavam estes exercícios há mais de 6 meses. Em ambas as ocasiões os animais foram avaliados através de testes a campo de salto de obstáculos, nos tempos antes e logo após a atividade física, com 30 min e 240 min de recuperação, quando foram registadas frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura corporal, contagem total de células sanguíneas, lactato e glicose sanguínea, proteínas séricas, albumina, AST e CK. Durante o exercício os animais utilizaram um monitor de FC (Polar H10). Os dados foram analisados pelos testes Tukey e teste-t de Student ($p < 0,05$). Valores mais elevados de CHCM e valores mais baixos de VCM, cortisol, contagem total de leucócitos e contagem de neutrófilos foram observados após o período de treino. Apesar do número limitado de cavalos, o protocolo proposto manteve o condicionamento físico pré-existente e possivelmente melhorou o bem-estar psicológico, uma vez que os níveis de cortisol desceram após o treino.

Palavras-chave: equino, guia mecânica, *performance*, salto de obstáculos, cortisol

Abstract

Training programs must improve the physical conditioning of athletic horses, while simultaneously preserve their well-being. Horse walkers are used extensively in both the management and training, allowing multiple horses to be exercised simultaneously in a controlled fashion. Therefore, the aim of this research was to evaluate the effectiveness of a seven-week training program, using an automated horse walker for jumping horses. Four trained horses, ~14 years-old, ~582.3 kg, were evaluated before and after a training protocol that included the horse walker (for 1h, twice/week, at weekly increasing speeds, starting at 1.7 km/h in S1 and ending at 7 km/h at S7) plus a well-known sequence of exercises for 7 weeks. Animals acted as their own control group as they have been performing these exercises for more than 6 months. On both occasions animals were examined through a jumping field test, before and after the exercise and at 30 min and 240 min of recovery, where heart rate, respiratory rate, body temperature, total blood cell count, blood lactate and glucose, serum proteins, albumin, AST and CK were determined. During the exercise animals used a HR monitor (Polar H10). Data was analysed using Tukey and Student t-test ($p < 0.05$). Higher values of MCHC and lower values for MCV, cortisol, total WBC count and neutrophils count were observed after the training period. Although the limited number of horses, the proposed protocol maintained the pre-existing physical conditioning while possibly improving the psychological well-being, as cortisol levels dropped after the training.

Keywords: equine, automated horse walker, *performance*, showjumping, cortisol

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

ACTH - Hormona adrenocorticotropica

ADP - Adenosina difosfato

ATP - Adenosina trifosfato

AST - Aspartato aminotransferase

CEBEA-FMV-ULHT - Comissão de Ética e *Bem-estar* Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona

CHCM - Concentração de hemoglobina corpuscular média

CK - Creatinaquinase

DC - Débito cardíaco

et al - E outros, da locução latina «*et alli*»

FC - Frequência cardíaca

FCpico - Frequência cardíaca máxima

FEI - Federação equestre internacional

FEP - Federação equestre portuguesa

FR - Frequência respiratória

GH - Hormona de crescimento

GPS - Sistema de posicionamento global

HB - Concentração de hemoglobina

HCM - Hemoglobina corpuscular média

MAD - Membro anterior direito

MAE - Membro anterior esquerdo

MPD - Membro posterior direito

MPE - Membro posterior esquerdo

M1- Teste de simulação de salto de obstáculos antes do protocolo de treino

M2- Teste de simulação de salto de obstáculos após o protocolo de treino

OCD - Osteocondrose dissecante

PTN - Proteínas totais

ROM - Amplitude de movimento, do inglês «Range of Motion»

SAA- Síndrome do abdómen agudo

TC - Temperatura corporal

TSO - Teste a campo de salto de obstáculos

VCM - Volume corpuscular médio

VFCpico - Velocidade quando a frequência cardíaca é mais alta

VLA4 - Velocidade quando o lactato é igual a 4mmol/L

V_{máx} - Velocidade máxima

Bpm - Batimentos por minuto

Rpm - Respirações por minuto

O² - Oxigénio

CO² - Dióxido de carbono

H⁺ - Hidrogénio

g - Gramas

L - Litro

L/min - Litros por minuto

dL - Decilitros

mL - Mililitros

uL - Pícolitro

Kg - Quilograma

m- Metros

cm - Centímetros

mmHg - Milímetros de mercúrio

mL/kg/min - Mililitro por quilo por minuto

m/s - Metros por segundo

m/min - Metros por minuto

nmol/L - Nanomol por litro

mmol/L - Milimol por litro

oxigénio/minuto/kg - Oxigénio por minuto por quilo

°C - Graus Celsius

% - Percentagem

pH - Potencial de hidrogénio ou grau de acidez

UI/L - Unidades internacionais por litro

U/L - Unidades por litro

T0 - Tempo antes do exercício

T1 - 5 minutos após o exercício

T2 - 30 minutos após o exercício

T3 - 240 minutos após o exercício

Índice

Descrição da casuística do estágio	13
I. Introdução	17
1. Fisiologia do exercício	18
2. Disciplina de Salto de Obstáculos	20
3. Avaliação da performance	21
3.1 Testes a campo e testes em laboratórios especializados com uso de passadeiras	22
4. Programas de treino	23
5. Guia mecânica	25
6. Biomarcadores de performance atlética	26
7.1 Parâmetros físicos: FC, FR, TC	27
7.1.1 Frequência Cardíaca	27
7.1.2 Frequência Respiratória	29
7.1.3 Temperatura Corporal	32
7.2 Hemograma	32
7.2.1 Eritrograma	33
7.2.2 Leucograma	35
7.3 Lactato	36
7.4 Enzimas musculares: CK e AST	38
7.5 Cortisol	40
II. Material E Métodos	43
III. Resultados	48
IV. Discussão	52
V. Conclusão	59
VI. Bibliografia	61

Índice de tabelas

Tabela 1- Valores de referência de eritrograma (adaptado do livro ‘Equine Internal Medicine’, Reed, Bayly & Sellon, 2004)	33
Tabela 2- Valores de referência de leucograma (adaptado do livro ‘The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine’, Hodgson <i>et al.</i> , 2014)...35	
Tabela 3- Programa de treino específico para cavalos de salto de obstáculos com a guia mecânica.....	44
Tabela 4- Parâmetros fisiológicos, glicemia e lactacidemia (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de simulação de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de sete semanas com guia mecânica.....	48
Tabela 5- Parâmetros hematimétricos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de simulação de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de sete semanas com guia mecânica.....	49
Tabela 6- Parâmetros bioquímicos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de simulação de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de sete semanas com guia mecânica.....	50
Tabela 7- Cortisol sérico (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de simulação de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de sete semanas com guia mecânica.....	50

Índice de figuras

Figura 1- Pista de obstáculos no teste de simulação de salto de obstáculos....46

Índice de gráficos

Gráfico 1- Representação esquemática da casuística observada com a equipa da Equimuralha.....14

Gráfico 2- Representação esquemática dos diagnósticos de Síndrome de Abdómen agudo observados com a equipa da Equimuralha.....14

Gráfico 3- Representação esquemática da casuística observada com a equipa da BJCM-VET.....16

Gráfico 4- Representação esquemática das cirurgias observadas com a equipa da BJCM-VET.....16

Descrição da casuística do estágio

Para a realização do estágio de final de curso a autora escolheu dois locais distintos, ambos especializados na clínica de equinos em regime de ambulatório. O primeiro local de estágio foi a Equimuralha, pertencente ao grupo Hospital Veterinário da Muralha de Évora. O estágio teve a duração de dois meses, Setembro e Outubro de 2023. O segundo local de estágio foi a BCJM-VET, também durante dois meses, Janeiro e Fevereiro de 2024.

Durante o período de estágio a autora teve a possibilidade de aprofundar os seus conhecimentos práticos. Deste modo, a autora pôde realizar alguns procedimentos como preparação e administração de medicação (via oral, intramuscular, subcutânea e intravenosa), limpeza de feridas, colocação de pensos, cateterização, entubação nasogástrica, palpação retal e, por fim, a interpretação e realização de exames radiológicos e ecográficos. Também foi importante o desenvolvimento das suas capacidades de comunicação, tanto com os membros de ambas as equipas como com os tutores.

Na Equimuralha a orientação recebida foi do Doutor Tomé Fino, contudo a autora ainda acompanhou a atividade clínica da Doutora Beatriz Grenho e do Doutor Luís Cerca. Este centro presta serviços veterinários apenas a equídeos, por todo o país (especialmente Alentejo e Ribatejo), e trabalha tanto por marcação como está disponível para atender urgências 24 horas, 365 dias por ano. Desta atividade (Gráfico 1) destaca-se a medicina desportiva, principalmente no diagnóstico e tratamento de claudicação, mas também cuidados odontológicos e tratamento de Síndrome de Abdómen Agudo (SAA) em regime urgente e não cirúrgico (Gráfico 2).

O trabalho iniciava às 8:30 da manhã. A primeira tarefa era abastecer as carrinhas de serviço com o material em falta e depois começava o trabalho de ambulatório. Os casos mais frequentes a que a equipa assistiu foram de claudicação, feridas, dentisteria e medicina profilática.

A medicina desportiva foi o ramo mais atendido e a principal queixa registada a de claudicação, seguida de diminuição de *performance*. Os equinos atendidos pertencem na sua grande maioria à modalidade de *dressage* e *endurance*, mas também salto de obstáculos e de lazer. O diagnóstico de claudicações era realizado através da combinação de exame físico estático e dinâmico, com o auxílio de bloqueios regionais, radiografia e ecografia. Para os tratamentos recorriam, consoante o caso e a patologia, a administrações intra-articulares de corticoesteróides ou substâncias ortobiológicas e também têm disponíveis equipamentos como ultrassom, laser e ondas de choque. A segunda área mais atendida foi a medicina profilática,

que incluiu desparasitações e vacinações de rotina, tanto a cavalos de centros hípicas como a poldros ainda a campo. A dentisteria é também um serviço muito requisitado, no qual realizaram extrações dentárias e limpeza e alargamento de diastemas, apesar da maior parte dos casos observados ser de manutenção anual. A quarta área mais atendida foi traumas/feridas. Por influência tanto da altura do ano, caracterizada por temperaturas elevadas, como pela região do país, na qual é hábito regular manter-se os cavalos a campo, foram assistidas muitas feridas (especialmente habronemose) e traumas, devido a acidentes no campo.

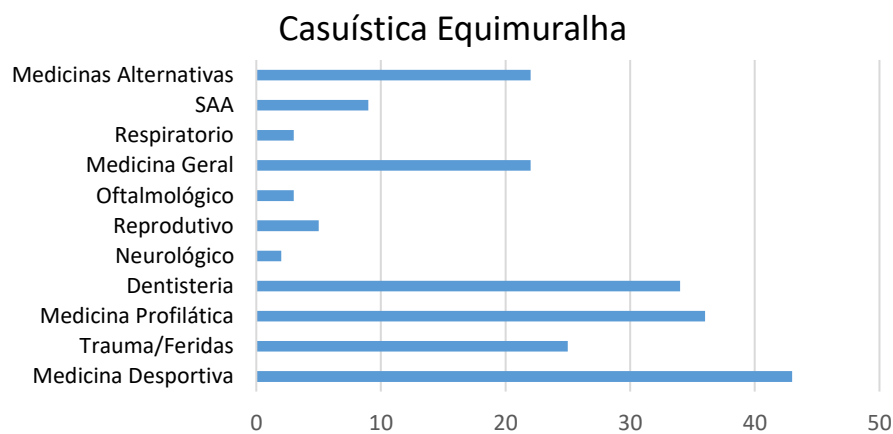


Gráfico 1. Representação esquemática da casuística observada com a equipa da Equimuralha.

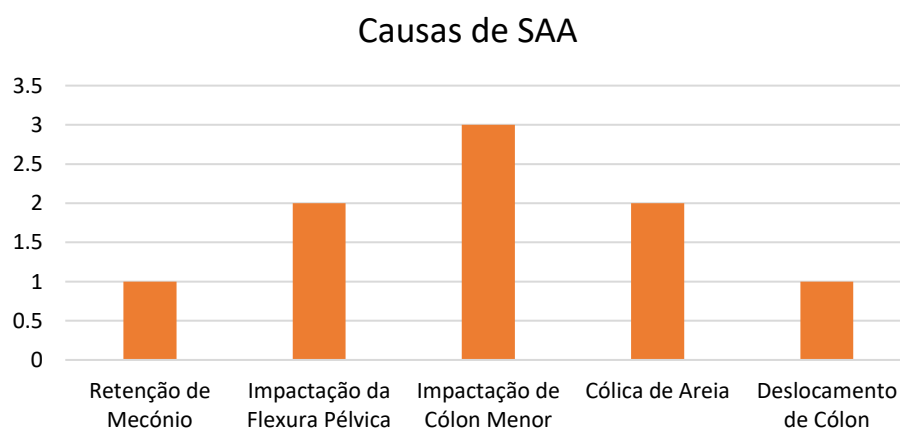


Gráfico 2. Representação esquemática dos diagnósticos de Síndrome de Abdómen agudo observados com a equipa da Equimuralha.

Na BJCM-VET, a orientação foi dada pelo Doutor Bruno Miranda, tendo a autora acompanhado também a Doutora Laura Ribeiro e o Doutor Miguel Gomes. Esta equipa oferece serviços veterinários principalmente na zona Centro do país. A atividade (Gráfico 3) de maior destaque é a medicina desportiva em regime de ambulatório, mas ainda realiza cirurgia eletiva sob anestesia geral, no bloco que se encontra na clínica. A cirurgia mais realizada é a correção de osteocondrose dissecante (OCD) através de artroscopia mas ainda se realizam castrações, correções de hérnias umbilicais e de carácter oftalmológico.

O dia de trabalho geralmente começava às 8:30 e a primeira tarefa era realizar o manejo alimentar dos animais internados bem como as medicações da manhã. De seguida, a equipa seguia para o serviço de ambulatório, onde a grande maioria dos casos observados foram claudicações e exames de ato de compra. Todas as semanas há um dia dedicado a cirurgias, nos quais o papel da autora passava por preparar e administrar medicação, auxiliar na indução/recobro e atuar como circulante em cirurgia.

Como já referido, a área de maior intervenção é a medicina desportiva. A equipa assiste principalmente equinos da modalidade de *dressage* e a queixa mais frequente é claudicação. A abordagem à claudicação é realizada primeiramente com um exame físico estático, seguido do dinâmico. Após ver o cavalo a andar e trotar, fazem-se testes de flexões, bloqueios perineurais e/ou intra-articulares e termina-se o diagnóstico com recurso a exames imagiológicos, neste caso a radiografia e ecografia. O exame é sempre adaptado a cada caso. A autora assistiu a uma grande variedade de patologias do foro musculo-esquelético entre as quais tendinites, desmites, bursites, artroses, exostoses e enteseófitos, entre outras. O leque de terapêuticas é vasto, incluindo tanto a prática de medicina convencional com recurso a corticoesteroides e anti-inflamatórios não esteróides, como terapêuticas não convencionais, entre elas a terapia com laser, radiofrequência e ondas de choque.

A segunda área mais atendida foi a dentisteria. Os casos observados foram maioritariamente de manutenção anual, em que é realizado o desgaste de pontas e o nivelamento da mesa dentária. A autora também presenciou vários casos de extração de dentes de lobo, principalmente em poldros a iniciar desbaste (por volta dos 3/4 anos de idade).

Por fim, a autora salienta a cirurgia (Gráfico 4), na sua maioria artroscopias para a remoção de fragmentos de osteocondrose dissecante. No estágio, a autora verificou que a intervenção da articulação metacarpo/metatarso-falângica é a mais prevalente, seguida da articulação do tarso.

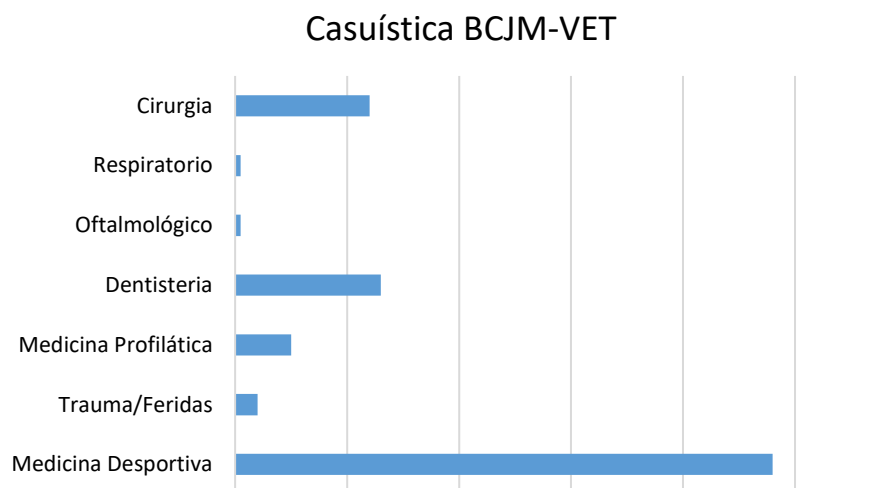


Gráfico 3. Representação esquemática da casuística observada com a equipa da BJCM-VET.

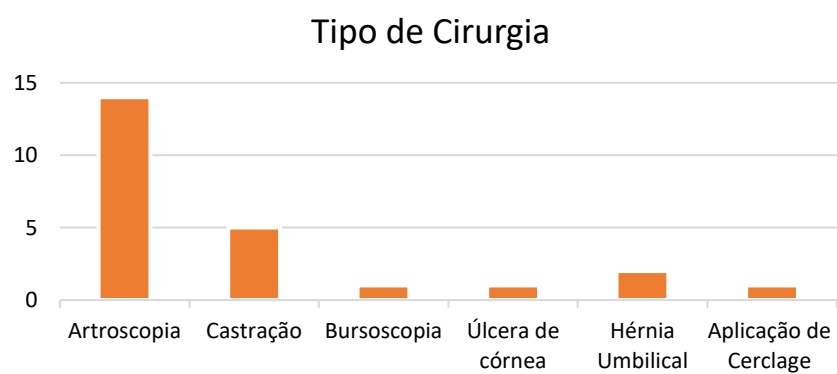


Gráfico 4. Representação esquemática das cirurgias observadas com a equipa da BJCM-VET.

Introdução

Com a crescente evolução da indústria de equinos atletas, torna-se necessário aprimorar meios de diagnóstico e de identificação de perda de *performance*. A detecção precoce de alterações da condição física ou da saúde dos equinos pode ser realizada de forma minimamente invasiva e com um baixo custo associado (Costa *et al.*, 2018). Tão importante como o anterior, é a criação de programas de treino que visem aperfeiçoar o desempenho atlético destes animais. Além disso, é importante destacar as questões que envolvem o bem-estar animal, tópico cada vez mais relevante. Nesse contexto, Gundasheva (2015) ressaltou a necessidade de acompanhamento da condição física dos animais visto que, na falta da mesma, o treino torna-se uma atividade excessiva e exaustiva. Assim, a medicina veterinária deve estudar e estabelecer os limites das capacidades fisiológicas dos indivíduos, para que a prática desportiva seja o mais segura possível.

Na literatura é escassa a informação incidente na utilização da guia mecânica para o condicionamento físico dos animais. No entanto, é bastante clara a importância da capacidade aeróbia para o equino atleta (McKenzie, 2017; McGowan & Hyytiäinen, 2017). Esta capacidade é aprimorada através de treinos aeróbios, tal como a caminhada (Ferraz *et al.*, 2010; Rivero, 2007), tópico desenvolvido na revisão bibliográfica deste trabalho. A guia mecânica permite trabalhar os cavalos sem a necessidade de investimentos de grande escala, ao invés do que seria necessário por exemplo para a aquisição de uma passarela aquática, sem sobrecarregar em demasia os recursos humanos já disponíveis nos estabelecimentos.

Na presente dissertação pretendeu-se testar o impacto de um programa de treino, com a inclusão da guia mecânica, no condicionamento físico dos equinos e em biomarcadores de *stress*. Os testes a campo de salto de obstáculos (TSO) foram os momentos de avaliação que, através de exames físicos e recolha de amostras para análises laboratoriais, permitiram aferir níveis de *performance* e de *stress*. A hipótese é de que a adição do trabalho semanal na guia mecânica acrescente condição física, melhorando o desempenho atlético da amostra, bem como uma redução do período de estabulação de forma a combater o aborrecimento.

1. Fisiologia do exercício

Os equinos são atletas reconhecidos pela sua capacidade em enfrentar uma série de atividades desportivas. O sucesso da sua participação em competições é crucial para a indústria desportiva que se construiu em seu redor. Avaliar a capacidade inerente ao atleta para certa modalidade e aliar este conhecimento a uma boa nutrição e um plano de treino ajustado permite otimizar a sua *performance*. Contudo, esta depende de um conjunto variado de fatores, tanto intrínsecos como extrínsecos. Estes últimos são suscetíveis à manipulação humana, mas ambos são igualmente importantes para obter uma excelente *performance*. Os fatores intrínsecos, ou individuais, são ditados pelo genótipo e fenótipo de cada animal e dizem respeito a características essenciais para o desempenho desportivo, como seja a função cardiovascular, respiratória e músculo-esquelética. Alguns dos fatores extrínsecos que afetam a *performance* do atleta são a nutrição, o treino e a fase de aquecimento, a ferração, entre outros. Estes fatores podem influenciar capacidades intrínsecas ao promover um aprimoramento da resistência à fadiga (ou capacidade aeróbia), da velocidade (ou capacidade anaeróbia), aceleração e força. Assim, é importante saber manipular os fatores extrínsecos de forma a compensar animais com um fenótipo/genótipo menos favorável à prática desportiva (McKenzie, 2017).

Ao preparar um atleta para a realização de um determinado tipo de exercício procura-se a indução de adaptações fisiológicas que aprimorem o seu rendimento, a sua saúde e diminuam o risco de lesão (Costa *et al.*, 2018; Djoković, Marković, Djermanović, & Trailović, 2021).

Durante o exercício, são diversas as alterações geradas devido a efeitos agudos (uma sessão de atividade física) ou crónicos (efeitos de um programa de treino – longo prazo). Algumas das alterações imediatas esperadas são o aumento da produção de calor, de CO₂, de iões de H⁺, lactato e amónia e ainda o aumento das necessidades de oxigénio e nutrientes como o glicogénio e ácidos gordos (Demirtas, Parkan, & Atmaca, 2015). O treino, a longo prazo, estimula adaptações cuja função é reduzir a perturbação à homeostasia provocada pelo exercício e facilitar a execução do mesmo (Evans, 2008).

Este *stress* provocado pelo esforço físico exige que o organismo retome a homeostasia. Deste processo faz parte uma fase catabólica, na qual participa o sistema

simpático e o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, e uma fase anabólica, com influência da hormona do crescimento (GH) e o eixo hipotálamo-hipófise-gónadas (Ferlazzo Cravana, Fazio, & Medica, 2020). Para além disso o sistema endócrino participa no exercício por intervenção de hormonas como a adrenalina e noradrenalina, cortisol, glucagon, GH, insulina, entre outras (Ferlazzo *et al.*, 2020). A libertação de catecolaminas, incentivada pela atividade física, envolve a ação de adrenalina e noradrenalina, que influenciam as funções cardiovascular e respiratória, aumentando o fluxo sanguíneo muscular, mobilizando glicogénio e ácidos gordos para a produção de energia (McKeever, 2011). Estas hormonas são assim incluídas na investigação com o propósito de melhor entender o impacto do exercício no bem-estar animal (Ferlazzo, Medica, Cravana, & Fazio, 2009) e o seu envolvimento na mobilização energética (Hyypä, 2005). Ferlazzo *et al.* (2020) reforçam que o sistema endócrino intervém, tanto de forma aguda como crónica, no desenrolar de adaptações secundárias à prática de exercício regular. Por conseguinte, a monitorização hormonal permite um ajuste de programas de treino, com especial atenção ao bem-estar físico e psicológico, como previamente mencionado.

As modificações estruturais e metabólicas a nível muscular, que resultam da resposta ao exercício, variam consoante a duração e o tipo de treino (Luis & Rivero, 2024). Entre elas encontra-se o aumento da densidade capilar muscular, hipertrofia de fibras, o aumento do volume mitocondrial, maior capacidade aeróbia, aprimoramento do transporte de glicose e ácidos gordos e maiores reservas de glicogénio, culminando num melhorar da força, resistência à fadiga e velocidade (McGowan & Hyytiäinen, 2017; Rivero, 2007). Para além disso, com a atividade física, verifica-se uma otimização de três importantes ações, que incluem a estabilização postural e articular, movimentos repetidos e duradouros (respiração, por exemplo) e movimentos rápidos e fortes (como saltar) (McGowan & Hyytiäinen, 2017; Schiaffino & Reggiani, 2011). Assim, a função muscular pode ser otimizada com a prática de exercício.

A resistência à fadiga é uma das capacidades mais abordadas na literatura, devido à sua relação direta com a *performance* desportiva, e refere-se à eficácia com que o organismo entrega, transporta e utiliza oxigénio. Na prática, quando esta resistência está em falta, é observado um desempenho longe do desejado. A resistência à fadiga promove uma melhor *performance* e permite recuperações mais rápidas,

estando relacionada com as funções pulmonar e cardiovascular, aumento do volume corpuscular médio (VCM) e hemoglobina (Hb) (Hodgson & McGowan, 2014; Lewczuk & Maško, 2021; McGowan & Hyytiäinen, 2017). A resistência à fadiga verifica-se quando há um aumento da produção de energia por via aeróbia, pois esta produz menos metabolitos prejudiciais enquanto preserva as reservas de glicogénio musculares. Assim, mesmo nos animais de explosão, quando existe predominância do metabolismo anaeróbio, são considerados atletas de elite aqueles que possuem uma capacidade de gerar energia por via aeróbia superior, retardando a acumulação de lactato nos tecidos (McKenzie, 2017).

2. Disciplina de Salto de Obstáculos

A modalidade de salto de obstáculos é a mais popular das disciplinas equestres, fazendo parte dos jogos olímpicos desde 1912, apesar das competições oficiais ocorrerem há mais de 150 anos. Desde então a modalidade passou por diversos ajustes quanto ao tipo, altura e número de obstáculos. A altura máxima dos obstáculos regulada pela Federação Equestre Internacional (FEI) é de 1,7 metros e a sua largura é de 2 metros, com exceção do salto com água que pode ter até 4 metros de largura (George *et al.*, 2021; Van Weeren, 2014).

Quanto à conformação dos atletas, esta é um ponto chave do sucesso para a disciplina. Geralmente, bons atletas desta modalidade são mais altos ao garrote, possuem quartelas mais largas, pescoços mais longos, comprimento de pélvis maior e costas mais curtas (Van Weeren, 2014).

Certas provas são cronometradas, interessando ao conjunto realizá-las no menor tempo possível e sem faltas. A velocidade para este tipo de competições ronda os 325-400 m/min. Já os picos de frequência cardíaca (FC) registados em provas atingem os 205 batimentos por minuto (bpm). Tal FC aponta para uma intensidade de exercício bastante superior à que seria de esperar em função daquela velocidade, o que classifica o salto de obstáculos como um tipo de atividade física de intensidade elevada e velocidade reduzida. É estimado que um equino a saltar possua gastos energéticos equivalentes a corridas de galope a 600 m/min (Van Weeren, 2014).

Por outro lado, o pico de *performance* para este tipo de atividade atinge-se entre os 10-16 anos de idade do atleta. Força, precisão e velocidade definem um bom equino de salto de obstáculos. De forma a aprimorar essas 3 características é necessário um programa de treino que, idealmente, se deve focar na capacidade cardiovascular, força muscular e *supless*. A *supless* permite uma postura correta que promove o equilíbrio, elevação do corpo e uma boa recepção ao salto (Van Weeren, 2014).

3. Avaliação da *performance*

O Código de conduta da FEI obriga à priorização do bem-estar animal em relação a possíveis interesses comerciais ou competitivos. Por isso o treino dos equinos de desporto deve ser adequado às suas capacidades e maturidade físicas, consoante a disciplina respetiva (FEI, 2023).

Cada vez mais treinadores, cavaleiros e proprietários procuram respostas em relação à condição física dos seus atletas, as quais podem ser obtidas através da implementação de testes periódicos de exercício. Estes testes auxiliam no diagnóstico de patologias e na identificação de condições limitantes que coloquem em causa o bem-estar dos atletas. Para além disso, permitem ainda avaliar a condição física e a aptidão para a prática de determinada atividade, a resposta ao treino - visando a sua otimização, permitem comparar diferentes indivíduos, aferir sobre causas de redução de *performance*, delinear expectativas de *performance* e prevenir a eventualidade de lesões (por *overtraining*). Devem ser padronizados, de fácil implementação e não devem interferir com o trabalho normal dos equinos (Evans, 2007; Evans, 2008; Munsters, van Iwaarden, van Weeren, & van Oldruitenborgh-Oosterbaan, 2014).

O exame clínico realizado durante estes testes permite obter respostas que num exame estático podem ser equívocas, facilitando simultaneamente a identificação de limites inerentes ao equino ao avaliar as respostas cardiovascular, hematológica e metabólica do organismo à atividade física (Evans, 2007).

Este processo de avaliação da condição física pode ser aplicado a várias disciplinas e em diferentes níveis de competição. Munsters *et al.* (2014) sugerem como marcadores de *performance* parâmetros como FC, lactato sanguíneo e velocidade de trabalho. Com este conjunto de fatores calculam índices de *fitness*, tais como

velocidade quando o lactato plasmático atinge 2mmol/L (VL_{a2}); velocidade quando o lactato plasmático atinge 4mmol/L (VL_{a4}); FC quando o lactato plasmático atinge 2mmol/L (FCL_{a2}); FC quando o lactato plasmático atinge 4mmol/L (FCL_{a4}); FC quando se atinge a Velocidade máxima (FCV_{máx}); velocidade quando a FC é de 140bpm (V₁₄₀); lactato quando a FC atinge os 150bpm (L₁₅₀); lactato quando a FC atinge os 200bpm (L₂₀₀); lactato quando a velocidade é de 10m/s (LaV₁₀).

3.1 Testes a campo e testes em laboratórios especializados com uso de passadeiras

Os testes a campo simulam o ambiente no qual o equino é trabalhado diariamente bem como aquele em que realiza as competições e os exercícios específicos de cada disciplina. A recriação da intensidade do exercício imposta durante os treinos e competições, permite avaliar a *performance* dos equinos face à sua disciplina (Cabrera, Soto, Aranzales, Valencia & Gutiérrez, 2021). Por outro lado, a importância de testes de exercício específicos para cada modalidade deve-se ao facto de cada uma delas possuir diferentes exigências a nível físico (Evans, 2007). Porém, estão sujeitos a uma série de variações como condições meteorológicas, cavaleiro, entre outras. As condições meteorológicas são um fator de grande influência, não devendo por essa razão ser descartadas. Além disso, a padronização dos testes a campo viabiliza a comparação dos mesmos, quando realizados ao longo do tempo, proporcionando uma monitorização mais fiável do desempenho atlético (Munsters *et al.*, 2014).

Já os testes em passadeira garantem um ambiente muito mais controlado no qual a velocidade e a duração de cada etapa (como a fase de aquecimento e a recolha de amostras) são passíveis de serem determinadas e controladas. Apesar de ter a desvantagem de não replicar a resposta fisiológica dos atletas ao exercício a campo, é de sublinhar a capacidade de recolha de amostras durante o exercício, impraticável quando estas avaliações são realizadas fora de laboratórios especializados (Evans, 2008).

Os testes devem ser planeados de forma a recolher a informação pretendida, não descartando o bem-estar animal (Cabrera *et al.*, 2021). Alguns pontos a ter em conta na elaboração de um protocolo de teste de exercício são a fase de aquecimento,

a sua duração, a velocidade alcançada pelos equinos, os tempos de recolha de amostras e as condições ambientais (Evans, 2008).

4. Programas de treino

O treino é um termo aplicado ao esforço físico sistemático com aumentos graduais de intensidade, intercalados com períodos de repouso. O principal objetivo é provocar adaptações fisiológicas que permitam melhorar o desempenho físico (Graaf-Roelfsema, Keizer, van Breda, Wijnberg & van der Kolk, 2007), capacitando os atletas para a competição (Bartolomé & Cockram, 2016). Por sua vez, estas adaptações diminuem a probabilidade de lesões principalmente a nível musculoesquelético (Ferraz *et al.*, 2010).

A prática regular de atividade física é ajustada em função da frequência, da intensidade e da sua duração (Castejon-Riber, Riber, Rubio, Agüera & Muñoz, 2017). Cada treino provoca um certo nível de fadiga que, subsequentemente, origina uma determinada compensação ou adaptação por parte do organismo. Ao aumentar a carga ou a intensidade de cada treino, a adaptação aumenta também, culminando numa melhoria da *performance* (Luis & Rivero, 2024). Segundo Luis e Rivero (2024), as adaptações mais notórias registam-se ao fim de 6 a 8 semanas. Se ao fim de 12 a 16 semanas não se identificam alterações no atleta, pode voltar-se a aumentar a carga. Porém, este aumento de carga deve ser ajustado ao indivíduo e pode ser realizado através de medições de FC e lactato sanguíneo, em resposta a testes de exercício. Contudo, os autores alertam para o facto de que, com o aumentar da intensidade, aumenta também o risco de *overtraining* e de lesões, realçando a importância de respeitar o período de adaptação e repouso.

É fundamental ter em atenção a individualidade de cada equino e ter em atenção as suas fraquezas, adequando o seu treino. A aprendizagem é consequência do treino regular e deve culminar em movimentos automatizados e sem esforço significativo por parte do equino (McGowan & Hyytiäinen, 2017). Cada disciplina exige uma série de habilidades específicas pelo que são necessários, para além de treinos menos específicos, treinos mais focados em músculos individuais e certos movimentos. Este tipo de treino (mais específico) promove o desenvolvimento do

controle neuromotor, o qual permite minimizar a incidência de lesões do foro musculoesquelético (Luis & Rivero, 2024; McGowan & Hyytiäinen, 2017).

O treino aeróbio, caracterizado por velocidades até 80% da VLa₄, promove a resistência musculoesquelética e aprimora a capacidade aeróbia, pois trabalha os equinos abaixo do limiar anaeróbio. O mesmo pode ser ainda muito benéfico em fases de recuperação após períodos de repouso prolongados por lesões/patologias (Ferraz *et al.*, 2010; Rivero, 2007). Geralmente envolvem atividades com uma duração mínima de 15 minutos, realizadas várias vezes por semana (Marcellin-Little, Levine & Taylor, 2005), com destaque para caminhadas, montadas ou não, em linha reta ou em círculos, entre outros.

É prática cada vez mais frequente os centros hípicos possuírem *padocks* que permitem que os cavalos pastem durante algumas horas do dia, complementado com feno distribuído três vezes ao dia. Isso permite que os animais se exercitem, geralmente, mais uma hora por dia, descansando um ou dois dias por semana. Estas são, porém, consideradas atividades livres, sem controle de velocidade ou mesmo de intensidade, também chamadas de repouso ativo.

Na atividade física de caminhada, destaca-se o andamento do passo. O passo é um andamento de quatro tempos, simétrico, com alternância entre duas fases de apoio, uma bipedal e outra tripedal (Gan, Wiestner, Weishaupt, Waldern & Remy, 2016). Neste andamento os membros deslocam-se de forma individual e sequencial em diagonais, ou seja, membro anterior direito - membro posterior esquerdo - membro anterior esquerdo - membro posterior direito (MAD-MPE-MAE-MPD). A FEI reconhece 4 tipos de passo: o passo livre, o passo concentrado, o passo médio e o passo largo. Sendo o passo livre o único a permitir extensão total do pescoço. A dimensão da passada é de interesse para o cavaleiro. O cavalo deve sobrepistar-se ou transpistar-se em todos os tipos de passo, com exceção do passo concentrado (McGreevy, 2012). O cavalo sobrepista-se quando o membro posterior apoia onde o membro anterior ipsilateral apoiou previamente e transpista-se quando o membro posterior apoia para além da marca de apoio do membro anterior ipsilateral.

O trabalho de passo pode ser realizado em linha reta ou em círculo. A guia mecânica, sendo circular, promove uma duração de passada maior ao aumentar a protração do membro posterior que se encontra do lado exterior. A maior protração

deve-se a uma maior amplitude de movimento articular (ROM) que beneficia a saúde das estruturas mais distais ao fornecer melhor absorção de choque/vibrações (Egenvall, Engström & Byström, 2020; Van Weeren, 2014). Um estudo sobre a influência do círculo na cinemática de equinos de Egenvall *et al.* (2020) verificou uma maior ativação da cadeia muscular do lado para o qual o equino realiza o círculo, mostrando a importância de trabalhar os equinos nos dois sentidos.

O trabalho em círculo é comum no treino de cavalos jovens (Kusunose *et al.*, 2002), com o objetivo de reduzir o excesso de energia associado ao confinamento e faz parte dos exames de claudicação (Dyson & Greve, 2016). Tal exercício pode ser realizado com uma guia num redondel ou numa guia mecânica. Na primeira, há a vantagem de trabalhar a postura, o equilíbrio e os músculos centrais (*core*) (Walker, Dyson & Murray, 2013) enquanto na última é possível trabalhar vários animais ao mesmo tempo (Fenner, Mclean & McGreevy, 2019). Ambos requerem atenção pois se realizados incorretamente, comprometem o bem-estar animal (Fenner *et al.*, 2019)

Hauss, Stablein, Fisher, Greene & Nout-Lomas (2014) registaram maior valor para VLa₄, de 6,6 m/s, ao fim de 4 meses de treino, concluindo que o andamento do passo não provoca valores de lactato sanguíneos iguais ou superiores a 4 mmol/L. Assim, o ato de andar na passadeira a 7 km/h foi classificado como um treino aeróbio, sendo tal exercício incluído em programas que visam acrescentar aos atletas resistência aeróbia. Já Rivero (2007) tinha abordado uma série de estudos que testaram programas de treino diferentes e concluiu que treinos de baixa intensidade, de longa duração (60-120 minutos) enriquecem a capacidade aeróbica.

5. Guia mecânica

As guias mecânicas têm sido cada vez mais utilizadas, tanto em planos de reabilitação como em programas de treino, e em períodos de aquecimento/arrefecimento. A maior parte dos equipamentos existentes permite trabalhar os animais no sentido horário e anti-horário, bem como em várias velocidades (permitindo trabalhar deste modo o passo e o trote). Neste tipo de exercício, os equinos mantêm a sua trajetória em círculo, durante todo o tempo. O diâmetro do círculo varia entre 10 a 20 metros e tem capacidade máxima de 8 equinos em simultâneo (em equipamentos *standarizados*). As guias mecânicas permitem

exercitar os cavalos durante uma hora extra, sem prejuízo do trabalho normal do dia a dia, contrariando o excesso de estabulação (Murphy, 2008).

O trabalho na guia mecânica deve ser executado em ambos os sentidos (horário e anti-horário) de forma a estimular não só um desenvolvimento muscular simétrico como também igual *supless*. O anteriormente referido faz parte da escala de treino sugerida pela Federação Equestre Portuguesa (FEP) por se traduzir num benefício para a saúde do aparelho locomotor e para a *performance* (Egenvall *et al.*, 2020).

Na literatura existente verifica-se um maior número de estudos incidentes no uso de passadeiras secas e aquáticas (Tateo *et al.*, 2008; Betros *et al.*, 2013; Castejon-Ribas *et al.*, 2017; Klein *et al.*, 2020), sendo escassos aqueles que abordam a utilização da guia mecânica.

Salienta-se finalmente que as guias mecânicas são um equipamento economicamente mais viável em termos de investimento, para além de não necessitarem da permanência de um ou mais trabalhadores para vigilância/controlo dos animais, durante o exercício, e permitem aos cavalos caminhar ou trotar de forma natural, ao contrário do que acontece com as passadeiras aquáticas (Evans, 2008)

6. Biomarcadores de *performance* atlética

A avaliação do hemograma e de certos exames bioquímicos é uma ferramenta essencial no acompanhamento de atletas, por fornecerem informação sobre a intensidade do esforço físico a que o equino está a ser submetido.

Para além disso, a avaliação de biomarcadores revela também a influência de determinados fatores ambientais ou do tipo de maneio no desempenho atlético do indivíduo (Balarin, Lopes, Kohayagawa, Laposy & Fonteque, 2005). O tempo que os equinos demoram a recuperar de determinado exercício está diretamente relacionada com a sua condição física. Esta recuperação é avaliada, por alguns autores, através da observação de parâmetros como FC, VCM, lactato e hemoglobina em resposta ao exercício e respetiva evolução até aos níveis basais (Kang & Park 2017).

7.1 Parâmetros físicos: FC, FR, TC

7.1.1 Frequência Cardíaca

Em medicina humana, este parâmetro é vastamente utilizado aquando de avaliações de treino e excesso do mesmo, de condição física e de períodos de recuperação (Dong, 2016). De forma similar, a avaliação da FC antes, durante e após o exercício físico, permite obter informação sobre a função e capacidade cardiovascular em relação ao exercício e ao treino dos cavalos (Hines, 2017; Woort, Dubois, Didier & Van Erck-Westergren, 2021). Permite ainda ajustar planos de treino, programas nutricionais e melhorar o bem-estar animal (Bazzano *et al.*, 2016). Entretanto, neste tipo de avaliação é importante lembrar que fatores genéticos e comportamentais, individuais e intrínsecos ao animal podem afetar a FC. Também o estado nutricional, o tipo de exercício que pratica, o ambiente em que se encontra e as condições meteorológicas influenciam este mesmo valor (Coelho *et al.*, 2019).

A medição da FC durante o exercício reflete a carga física e mental imposta ao atleta, resultando no aumento dos valores registados de forma diretamente proporcional ao aumento dessa mesma carga (Mlyneková, Halo, Maršálek & Starostová, 2016). Este parâmetro, por aumentar de forma linear com a intensidade/velocidade do exercício (Hines, 2017) é um bom indicador de condição física (Trilk, Lindner, Greene, Alberghina & Wickler, 2002).

Mlyneková *et al.* (2016) explicam que durante o exercício físico ligeiro a FC pode atingir valores até aos 100 bpm, quando este é de intensidade moderada pode chegar aos 124 bpm. FC entre 124 e 150 bpm já ocorrem com exercício físico considerado intenso. Valores superiores a este último, correspondem a exercício de alta intensidade. Os níveis basais aceites por estes autores encontram-se entre os 25 e os 40 bpm. A baixa FC observada, durante o repouso, deve-se a uma maior ação do tónus vagal. Com o início da atividade física, ocorre uma redução do tónus vagal, elevando a FC para níveis entre os 100-120 bpm. Esta ultrapassa os 120 bpm por estimulação do sistema nervoso autónomo simpático e por regulação neurohormonal (Coelho *et al.*, 2019).

O aumento da FC, conseqüente à prática da atividade física, explica-se pelo aumento de catecolaminas em circulação, estimulado por atividade simpática. Simultaneamente, verifica-se um aumento do débito cardíaco (DC) (Ferraz, Teixeira-

Neto, Freitas, Lacerda-Neto & de Queiroz-Neto, 2009). Szabó, Vizesi & Vincze (2021) mediram a FC de 14 equinos antes, durante e após uma prova de salto de obstáculos tendo verificado um aumento significativo deste parâmetro durante a realização do percurso. Também o aumento do DC, que ocorre durante o exercício, permite atender às altas necessidades de oxigênio a nível muscular. Em cavalos atletas, durante o exercício de máxima intensidade, o DC pode atingir um fluxo de sangue de 400 L/min (Hodgson, 2014). Poole e Erickson (2011) identificam uma variação do DC de 30 L/min do repouso para 240-450 L/min em cavalos de corrida de alta *performance*.

A melhoria da oxigenação ainda acontece devido à libertação massiva de eritrócitos por parte do baço, com a contração esplênica. Esta contração é estimulada pelo exercício físico e, juntamente com a perda de fluido que ocorre pela transpiração, provoca hemoconcentração (refletindo-se num aumento do hematócrito). Estas células vão facilitar o transporte deste gás aos tecidos (Hodgson, 2014; Poole & Erickson, 2011).

Na opinião de Santos *et al.* (2002), a FC na fase de recuperação é indicadora do nível de condição física e capacidade do atleta para continuar a atividade. Esta reduz de forma acentuada durante o primeiro minuto após o fim do exercício e, depois, segue uma evolução mais gradual (Evans, 2007), acabando por atingir os níveis basais. Também Ferraz *et al.* (2009) identificaram o mesmo fenómeno em equinos da raça Árabe durante uma prova de esforço numa passadeira mecânica. Segundo um estudo de Lindner, Esser, López e Boffi, (2020), realizado em equinos durante e após uma prova de *endurance*, a velocidade do exercício influencia a FC na fase de recuperação, mas apenas nos primeiros 5 minutos, pois após este tempo a velocidade atingida pelo animal não tem efeito na FC. A duração do exercício prolonga o tempo que o equino leva a atingir uma FC de 64 bpm, valor considerado no intervalo de recuperação estabelecido pela FEI.

De forma a realizar uma avaliação mais completa, o registo da frequência cardíaca máxima (FC_{pico}) é importante. Esta mede-se durante o exercício, quando já não se regista um aumento da FC apesar de um aumento de velocidade. A FC_{pico} é independente da condição física do animal, a velocidade a que esta se regista é que aumenta com o condicionamento físico. Ou seja, um animal com uma FC_{pico} de 150 bpm, atingida a velocidades superiores, está mais bem condicionado a nível cardíaco e

metabólico do que um animal com a mesma FC_{pico}, mas que atinge velocidades inferiores (Hines, 2017).

A relação entre a FC e os valores de lactato sanguíneo podem ser utilizados para avaliar a condição física de atletas sob a forma, por exemplo, de L₁₅₀ e L₂₀₀. Os valores destas variáveis tendem a diminuir à medida que se melhora o condicionamento físico. Agüera *et al.* (1995) realizaram um estudo para comparar equinos não treinados e após 4 meses de treino, no qual a evolução registada para L₁₅₀ foi de 4,04 mmol/L para 1,71 mmol/L e L₂₀₀ diminuiu de 23,69 mmol/L para 6,36 mmol/L. Estes parâmetros fornecem informação importante sobre o condicionamento físico e resposta ao treino, mas exigem recolhas sanguíneas durante o exercício, tarefa que não se consegue realizar a campo.

Relativamente às adaptações ao treino, os sistemas cardiovasculares e musculares sofrem grande influência tanto a nível funcional como estrutural, quando o treino realizado é de intensidade e duração suficiente. A remodelação cardíaca trata a adaptação do coração que ocorre devido ao aumento do DC, estimulado pelo exercício, aumentando a pré e pós carga. Este aumento de carga exige mais força e velocidade na contração das fibras do miocárdio, culminando numa hipertrofia excêntrica, aumento do peso do coração até 10% e aumento da densidade capilar do miocárdio (Poole & Erickson, 2011; Howatson, Dickson & Young, 2017; Young & Wood, 2000). É então melhorada a função contrátil, que permite que o sangue seja distribuído por todo o corpo, com menos contrações, levando a uma melhoria no fornecimento de oxigénio aos tecidos (Szabó *et al.*, 2021). Devido à relação direta com a VO₂máx, capacidade máxima do corpo de um indivíduo de transportar e metabolizar oxigénio durante um exercício físico incremental, (Young *et al.*, 2002), já foi comprovado que, em modalidades que exigem resistência, o tamanho do coração influencia a *performance*. Adicionalmente, está descrito que o treino promove diminuição da pressão arterial sistémica (Hodgson, 2014).

7.1.2 Frequência Respiratória

A prática de exercício físico influencia o funcionamento do organismo ao acelerar o metabolismo a nível hepático, muscular e adiposo. Assim se entende que, naturalmente, o consumo de oxigénio aumente durante o mesmo. Os sistemas que mais

suportam este esforço físico são o sistema cardiovascular, respiratório, muscular, renal, digestivo e tegumentar (Ferlazzo *et al.*, 2020), sendo que os 3 primeiros trabalham em sintonia, para a máxima eficácia de obtenção, transporte e utilização de oxigénio (Poole & Erickson, 2011).

Num estudo de Ferlazzo *et al.* (2020), os autores citam que, durante a prática de exercício se verifica a libertação de catecolaminas, conforme já descrito. Estas, através do seu efeito a nível cardiovascular, vão aumentar a chegada de oxigénio ao tecido muscular, pelo aumento do débito cardíaco e perfusão muscular. Para além disto, estimulam ainda a respiração.

Sendo o oxigénio crucial para o organismo, entende-se que a ventilação e a consequente oxigenação dos tecidos, são essenciais para a prática de exercício. No entanto a sua eficácia pode ser prejudicada por alterações estruturais no sistema respiratório superior, anemia, DC baixo e/ou baixas FC, hipertensão pulmonar, entre outras. Relativamente a esta última, e na sequência das grandes alterações na homeostasia que ocorrem no organismo equino, durante o esforço físico, é de notar o aumento da pressão arterial a nível pulmonar. Esta em repouso encontra-se entre 12-24 mmHg, enquanto a galope chega a atingir os 100 mmHg (Evans, 2007).

Apesar de serem grandes atletas, os cavalos têm algumas limitações inerentes à espécie como, por exemplo, respirarem obrigatoriamente pelas vias nasais (não têm a capacidade de respirar pela boca), o que os impede de diminuir a resistência à entrada do ar no sistema respiratório (Mazan, 2022). Estas limitações, em alturas de maior intensidade da prática desportiva, podem resultar em situações de hipoxemia e hipercapnia (Poole & Erickson, 2011; Van Erck-Westergren & Bayly, 2012).

No cavalo em repouso é esperada uma taxa de ventilação de cerca de 100 L/min. Durante o exercício, a ventilação tem que aumentar de forma a suprir as necessidades, podendo atingir valores cerca de 20 vezes superiores. Este aumento depende principalmente do aumento da frequência respiratória (FR). Entre os diferentes andamentos verificam-se formas de ventilação distintas. Enquanto no passo e no trote não se observa uma relação entre andamento e FR, no galope a FR e a frequência de passada estão coordenadas (Mazan, 2022). Lopes, Batista, Dias & Soto-Blanco (2009) corroboram esta informação num estudo sobre equinos durante uma prova de *Vaquejada* ao confirmarem o aumento da FR imediatamente após o exercício.

O limiar aeróbio de *performance* é um parâmetro abordado quando se estuda o exercício físico. Este define-se pelo nível máximo de oxigénio captado pelo organismo, sendo expresso em mL de oxigénio/minuto/Kg, e refere-se à taxa máxima a que o equino consegue utilizar o oxigénio, aquando da prática de esforço físico. Os equinos possuem um valor significativamente superior, de 180 mL/kg/min, quando comparados com a espécie humana, de 80 mL/kg/min (Mazan, 2022). Segundo Evans (2007), este limite é mensurável através do uso de máscaras faciais, enquanto o cavalo pratica exercício físico de alta intensidade. No caso destas máscaras não se encontrarem disponíveis, a alternativa é correlacionar a velocidade com a FC, na forma de VFCpico, ou seja, a velocidade a que o animal atinge a FCpico (Eaton, Rose, Evans, & Hodgson, 1995).

Durante a recuperação é registada uma hiperventilação que se caracteriza apenas por um aumento da FR, não acompanhado por um aumento do volume tidal, a qual se explica através de algumas hipóteses, sendo uma delas a libertação de ácido láctico que ocorre durante o exercício. Esta última resulta numa acidose metabólica que será compensada a nível respiratório por uma FR alta. Para além disto, a termorregulação pode ter um papel importante, sendo a respiração uma das formas que os equinos têm de perder calor (Lekeux, 2014).

Com a prática de exercício físico regular, o organismo adapta-se a nível respiratório. Esta adaptação vai variar consoante a idade, raça, modalidade, intensidade e duração do treino. Apesar de pouco estudada, pensa-se que a capacidade respiratória melhora após treino regular. Esta melhoria reflete-se numa diminuição da FR durante o treino. Segundo Lekeux (2014), esta diminuição da FR durante e após o exercício pressupõe menores gastos energéticos a nível ventilatório e um atraso na fadiga dos músculos utilizados na respiração. Também Poole e Erickson (2011) concluem que a função pulmonar é melhorada através da prática regular de exercício por se observar o aumento da $VO_{2máx}$.

Gundasheva (2015) aferiu a FR antes e após um percurso de obstáculos e concluiu que os equinos observados não estavam fisicamente aptos para a realização da atividade física devido à demora da normalização deste parâmetro. Antes do treino a FR era de 14 respirações por minuto (rpm), após o treino de 56 rpm e duas horas

depois, a FR ainda era de 26 rpm. Em equinos aptos à prática desportiva, a normalização dos valores ocorre em 30 minutos de recuperação.

7.1.3 Temperatura Corporal

A temperatura corporal (TC) é regulada pelo hipotálamo. Este é responsável por manter a mesma entre os 37,2°C e os 38,3°C, em equinos adultos, valores estes que permitem manter a homeostasia (Hines, 2017). Face à necessidade de manter a temperatura corporal estável, o organismo tem métodos para perder/gerar calor.

Como estratégias para subir a sua temperatura ou impedir que a mesma desça, estes animais podem iniciar tremores musculares, vasoconstrição e/ou piloereção. Por outro lado, no caso de cavalos atletas ou em climas de temperaturas mais elevadas, é essencial perder calor através da vasodilatação periférica e evaporação. A evaporação realiza-se, maioritariamente e de forma pontual, através da transpiração e, de forma contínua, através da respiração (Hines, 2017).

Valores superiores aos basais perturbam o organismo a nível estrutural, fisiológico e bioquímico (Demirtas *et al.*, 2015). A produção de calor, a nível muscular, é 50 vezes superior durante a prática de exercício àquela que é registada durante o repouso. Esta justifica-se pelo facto de 80% da energia gerada através da contração muscular ser libertada sob a forma de calor (Muñoz, Riber, Esgueva, Trigo & Castejón, 2017). Durante o exercício de alta intensidade, a temperatura corporal pode chegar a valores tão altos como 41,5°C-43°C (Demirtas *et al.*, 2015; Mazan, 2022). Geralmente, em animais saudáveis, a temperatura regressa ao normal quando o exercício acaba e os mecanismos de termorregulação continuam ativos, evitando estados de hipertermia e fadiga (Hines, 2017). Verdegaal *et al.* (2021) monitorizaram a temperatura corporal de equinos da modalidade de *endurance* durante um teste a campo e sugeriram que 60 minutos após o exercício os valores registados sejam inferiores a 38,5°C.

7.2 Hemograma

O sistema hematopoiético é formado pelo sangue e pelos tecidos que produzem os seus constituintes. As células sanguíneas permitem a oxigenação dos tecidos, fornecem imunidade ao organismo, permitem a coagulação e desencadeiam reações

inflamatórias. Entende-se por isso que alterações no organismo se refletem no sangue e, portanto, a avaliação do mesmo é importante para diagnosticar aquelas e compreender diversos eventos fisiológicos como o exercício físico (Sellon, 2004).

7.2.1 Eritrograma

O eritrograma é uma análise referente aos eritrócitos e ao tecido eritropoiético. Desta análise fazem parte dados como o hematócrito (VG), a contagem de eritrócitos, a concentração de hemoglobina, o volume corpuscular médio (VCM), a hemoglobina corpuscular média (HCM) e a concentração da hemoglobina corpuscular média (CHCM) (Satué, Muñoz & Gardón, 2014). A avaliação do hematócrito máximo, VCM, hemoglobina corpuscular média (HCM) e concentração hemoglobina corpuscular média (CHCM) auxiliam o diagnóstico de *overtraining* (Djoković *et al.*, 2021; Padalino, Rubino, Centoducati & Petazzi, 2007).

A Tabela 1 foi adaptada do livro *Equine Internal Medicine* (2014), e retrata os valores de referência para os parâmetros que compõem um eritrograma.

Tabela 1. Valores de referência de eritrograma (adaptado do livro *Equine Internal Medicine*, Reed, Bayly & Sellon, 2004)

Parâmetro	Limites de Referência
Eritrócitos	6-10 ($\times 10^6$ /uL)
Hemoglobina	12-17 g/dL
Hematócrito	32-50%
VCM	42-58 fL
HCM	15-20 ug
CHCM	32-38 g/dL

Ferraz *et al.* (2009) analisaram o eritrograma de equinos da raça Árabe antes, durante e após um teste de esforço em passadeira mecânica, e verificaram um aumento de todos os parâmetros face ao aumento gradual do esforço, explicando esta adaptação ao exercício pela contração esplênica. Esta ocorre com o estímulo do esforço físico (Kowal, Almosny, Cascardo, Summa & Cury, 2006). A mobilização da reserva esplênica de eritrócitos tem um impacto positivo no exercício pois melhora a capacidade aeróbia do organismo ao aumentar o aporte de oxigénio aos tecidos. Ferraz

et al. (2009) observaram ainda que o aumento do VCM e do HCM se verificou, de forma significativa, na fase de intensidade máxima.

Djoković *et al.* (2021) e Coelho, Fardín, Silva, Carvalho & Neto (2017) explicam o aumento do hematócrito e do valor das proteínas totais pela hemoconcentração que sucede durante o exercício físico. Esta é uma consequência da diminuição do volume plasmático - decorrente de perdas através da transpiração e respiração e ainda da redistribuição do volume vascular - e a mobilização da reserva esplénica de eritrócitos. Os primeiros autores, num estudo sobre marcadores de *stress* em cavalos de endurance verificaram que, após o exercício, ocorre um aumento estatisticamente significativo do hematócrito, contagem de eritrócitos e hemoglobina. Estes valores regressam aos níveis basais num espaço de 5 dias (Djoković *et al.*, 2021).

Durante a prática de exercício, se a transpiração for considerável, pode ocorrer a desidratação. Esta revela-se nas análises por um aumento do hematócrito acompanhado de um aumento das proteínas totais (PTN) e da contagem de eritrócitos (Djoković *et al.*, 2021). De maneira a diferenciar uma desidratação de uma contração esplénica, observam-se as PTN, que não devem estar aumentadas nesta última (McGowan & Hodgson, 2014).

Segundo Machado (2006), com base num estudo em cavalos árabes exercitados em passadeira automática, o VCM não se alterou após o exercício pela sobreposição de dois eventos: (1) a libertação de células mais maduras e de menor tamanho por parte do baço e (2) a tumefação dos eritrócitos secundária ao exercício. Por outro lado, num estudo de Coelho *et al.* (2017) em equinos de marcha, registaram-se aumentos significativos do VCM, contagem de eritrócitos e concentração de hemoglobina, valores estes que regressaram aos níveis basais em 30 minutos após o exercício. O tempo para a normalização destes parâmetros permitiu aos autores concluir que os equinos se encontravam aptos à realização da atividade física imposta. Ainda, Zobba *et al.* (2011) avaliaram equinos após um jogo de polo e também registaram aumentos significativos de contagem de eritrócitos, hematócrito e hemoglobina.

7.2.2 Leucograma

O leucograma permite uma avaliação completa das células da linha branca, deve incluir a contagem total e diferencial, e ainda uma avaliação microscópica da morfologia daquela linha celular. (Lassen & Swardson, 1995). Abaixo encontra-se a tabela 2, adaptada do livro *The Athletic Horse* (2014), que retrata os valores de referência para os parâmetros que compõem um leucograma.

Tabela 2. Valores de referência de leucograma (adaptado do livro *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*, McGowan & Hodgson, 2014)

Parâmetro	Limites de Referência
Leucócitos	6-10 ($\times 10^9/L$)
Neutrófilos	2.5-6.5 ($\times 10^9/L$)
Linfócitos	2.0-5.5 ($\times 10^9/L$)
Monócitos	0.2-0.8 ($\times 10^9/L$)
Eosinófilos	0.1-0.4 ($\times 10^9/L$)
Basófilos	0-0.3 ($\times 10^9/L$)

Na circulação sanguínea, os neutrófilos encontram-se distribuídos entre o *pool* marginal e o *pool* circulante. Durante a interpretação de um leucograma, é de ter em atenção que os valores apresentados são referentes aos neutrófilos encontrados no *pool* circulante (Lassen & Swardson, 1995). Cerca de 50% dos neutrófilos pertencem ao *pool* marginal e podem ser recrutados em alturas de *stress*, transporte, medo, excitação, administração de corticoesteroides ou catecolaminas exógenas. O recrutamento do *pool* marginal para o *pool* circulante vai, naturalmente, provocar alterações no leucograma (McGowan & Hodgson, 2014).

Num estudo de Djoković *et al.* (2021) que incide sobre indicadores de *stress* em cavalos de *endurance* após uma prova, verificou-se uma leucocitose devido a neutrofilia, e um rácio Neutrófilos/Linfócitos aumentado. Estes valores retomaram os níveis basais ao fim de 5 dias. A neutrofilia registada pelos autores foi mais significativa imediatamente após a corrida, valor coincidente com o pico de cortisol. Ferraz *et al.* (2009), numa investigação em cavalos da raça árabe submetidos a um teste de esforço em passadeira, também mencionam a concentração máxima de leucócitos na fase de arrefecimento, sendo os valores médios registados antes da

atividade física e logo após a mesma de $8,73 \pm 0,36 \times 10^3$ /uL e $11,28 \pm 0,52 \times 10^3$ /uL, respetivamente.

A prática desportiva induz a mobilização dos neutrófilos para o *pool* circulante, o que resulta numa neutrofilia moderada ou marcada, aumentando por sua vez as contagens de leucócitos entre os 10% e 30% (valores estes dependentes da intensidade e duração do exercício). O responsável por estas alterações é o cortisol, hormona libertada durante o exercício (McGowan & Hodgson, 2014). Zobba *et al.* (2011), no seu estudo em equinos durante uma competição de polo observaram o aumento dos níveis de linfócitos e explicam-no pela libertação de catecolaminas e contração esplénica. Os valores normalizaram ao fim de 30 minutos.

McGowan e Hodgson (2014) afirmam que alterações no leucograma ainda não foram relacionadas com *performance* ou condição física, contudo, podem ser indicativas de uma patologia subclínica ou *stress* - qualquer uma delas tem potencial para limitar o desempenho desportivo dos cavalos. Estes autores sugerem ainda que o aumento do rácio Neutrófilos/Linfócitos e a diminuição da contagem de eosinófilos possa indicar *overtraining*.

7.3 Lactato

A concentração de lactato no sangue retrata a acumulação desta molécula no organismo e é um indicador da capacidade cardiovascular e metabólica (Sellon, 2004). A avaliação desta é, então, utilizada para estudar a atividade metabólica do músculo esquelético e permite ainda obter informação sobre a capacidade aeróbia e perceção individual da intensidade do exercício (Lehnhard, Bartlett, Roche, Hinchcliff & McKeever, 2010; Piccione, Messina, Casella, Giannetto & Caola, 2010).

Durante a contração muscular ocorre sempre produção de lactato, sendo esta última tanto maior quanto mais intenso o exercício praticado. À medida que a intensidade do exercício aumenta, há a necessidade de produção rápida de energia e, assim, ocorre um aumento da produção por via anaeróbia (Ferraz *et al.*, 2009). Pode dizer-se que as necessidades tecidulares de oxigénio ultrapassaram a capacidade cardiorrespiratória de o fornecer. Verifica-se então um aumento dos níveis de lactato, bem como um aumento dos níveis de CO₂ nos tecidos (Evans, 2007).

A produção de energia por via aeróbia, que utiliza como substratos ácidos gordos livres, glicogénio e oxigénio (Demirtas *et al.*, 2015), é mais lenta, apesar de produzir mais adenosina trifosfato (ATP), sendo predominante nos exercícios de maior duração. Neste caso, nos rins, fígado e coração, a glicose é convertida em piruvato e, posteriormente, na mitocôndria, é utilizada para produzir adenosina trifosfato (ATP) (Allen & Holm, 2008). Equinos com débito cardíaco superior possuem maior capacidade aeróbica apresentando, por sua vez, níveis de lactato inferiores (Hines, 2017).

A concentração deste metabolito no sangue reflete a sua concentração no músculo, e a sua acumulação induz uma diminuição do pH a nível extracelular e intramuscular (Demirtas *et al.*, 2015; Hines, 2017). Concentrações de lactato plasmático na ordem dos 30 mmol/L podem diminuir o pH sanguíneo até aos 7. Valores de acidez deste calibre provocam fadiga muscular e disfunção mitocondrial, perturbam a glicólise e, consequentemente, diminuem a concentração de ATP a nível muscular (Art & Lekeux, 2005).

McGowan e Hyytiäinen (2017) e Art e Lekeux (2005) acreditam que o treino e um bom condicionamento físico resultam numa melhor capacidade tamponante citoplasmática, esta deve-se a uma maior taxa de remoção do lactato a nível muscular. A *clearance* deste metabolito é realizada mais no fígado, mas também nos rins, e ocorre através de duas formas: ou pela eliminação propriamente dita ou pela conversão de lactato em glicose (Allen & Holm, 2008).

Durante o exercício, há uma relação linear entre a concentração de lactato sanguíneo e a velocidade. A deflexão da curva que representa esta relação ocorre quando a produção deste metabolito excede a sua eliminação (Allen, van Erck-Westergren & Franklin, 2016). Este desequilíbrio, segundo Campbell (2011), ocorre com concentrações de lactato entre os 2 e os 4 mmol/L, daí o valor empírico de 4mmol/L que define o limiar anaeróbico.

Em repouso os níveis de lactato encontram-se entre os 0,5-1,0 mmol/L. O tipo de amostra recolhida vai influenciar os resultados obtidos visto que a concentração de lactato presente no plasma é 1,5 vezes superior à concentração no sangue total (Allen & Holm, 2008). Lehnhard *et al.* (2010) concluíram ainda que também o local de

recolha da amostra (veia jugular, artéria carótida/pulmonar) e o equipamento utilizado para análise influenciam os resultados.

A VLa₄ tem sido usada para monitorizar evoluções de *performance*/capacidade física. Esta refere-se à velocidade atingida pelo equino quando os valores de lactato sanguíneo ultrapassam 4 mmol/L (também chamado de limiar anaeróbio). Quanto maior esta velocidade, melhor a capacidade aeróbia e potencial de *performance* do atleta. Por outro lado, equinos não aptos para a prática de exercício ou com patologia respiratória vão apresentar valores inferiores de VLa₄ (Hausse *et al.*, 2014; Hines, 2017; Lindner, Mosen, Kissenbeck, Fuhrmann & Sallmann, 2009). Trilk *et al.* (2002) estudaram o efeito de um programa de treino ao longo de 6 semanas e verificaram um aumento de 17% na VLa₄. Numa revisão bibliográfica de Poole e Erickson (2011) estimam-se aumentos de 30% na VLa₄ como efeito de treino prolongado.

Batista, Dias & Soto-Blanco (2009) verificaram um aumento superior a 130% deste metabolito após uma prova de *vaquejada*. Apesar da modalidade de salto de obstáculos ser um exercício de velocidade lenta há ativação do metabolismo anaeróbio, principalmente nos momentos dos saltos (Munsters *et al.*, 2014). Fazio *et al.* (2014) obtiveram resultados concordantes com o referido anteriormente, ao registarem a evolução dos níveis de lactato antes e 45 minutos depois de um teste de simulação de salto de obstáculos, $1,41 \pm 0,33$ mmol/L e $2,52 \pm 0,70$ mmol/L, respectivamente.

O regresso dos parâmetros avaliados a níveis basais permite aferir sobre a capacidade de recuperação dos equinos. Segundo Gama, Neto, Souza & Coelho (2012), após exercício de longa duração (neste caso, 40 minutos de marcha), a normalização dos níveis de lactato em 30 minutos indica boa capacidade de recuperação.

7.4 Enzimas musculares: CK e AST

As patologias da musculatura esquelética são frequentes na clínica de equinos (Câmara, Dias & Soto-Blanco, 2007). Durante o exercício, o *stress* metabólico a que as células musculares estão sujeitas promove o aumento de radicais livres de oxigénio que, por sua vez, pode exceder a capacidade antioxidante das mesmas e provocar perda de viabilidade e dano celular. Este processo pode desencadear lesão músculo-

esquelética secundária a exaustão física (Sellon, 2004). A facilidade em obter oxigénio facilita a respiração aeróbia a nível celular e, consequentemente, minimiza perturbações intramiocitárias que limitam a tolerância ao exercício (Poole & Erickson, 2011).

A creatina quinase (CK) é uma enzima predominantemente sarcoplasmática, que possui um tempo de semivida curto, cujo pico se verifica entre 4 a 6 horas após a lesão e a normalização dos valores (<100 UI/L) entre 24 a 96 horas após a lesão. Esta é considerada um marcador específico de lesão muscular. A sua função é catalisar a fosforilação de creatina pelo ATP, formando fosfocreatina e adenosina difosfato (ADP), disponibilizando assim ATP para a contração muscular. No início do exercício esta é a única fonte energética do músculo. Após a fase inicial, a energia provém da oxidação da glicose e ácidos gordos livres (Billings, 2013; Sellon, 2004; Lopes *et al.*, 2009).

A aspartato aminotransferase (AST) é uma enzima presente maioritariamente na mitocôndria, mas também no citoplasma (Billings, 2013). É responsável por catalisar a transaminação do L-aspartato e do 2-oxoglutarato promovendo assim a formação de oxaloacetato e glutamato. Ao contrário da CK, não é um marcador específico de lesão muscular, pois também se encontra no fígado e no coração (Sellon, 2004). O pico regista-se 24 horas após o dano tecidular. Esta enzima possui um maior tempo de semivida, logo os seus valores permanecem elevados mais tempo, podendo demorar entre dias (cerca de 8), até várias semanas, para regressar aos valores basais (<300 UI/L) (McGowan & Hodgson, 2014; Sellon, 2004; Thomassian *et al.*, 2007).

A atividade sérica da CK e da AST aumentam não só na presença de lesão muscular, mas também em função do treino e do exercício, de uma forma mais discreta, devido ao aumento da permeabilidade do sarcolema (Silva, Dias, & Soto-Blanco, 2007; McGowan & Hodgson, (2014), Thomassian *et al.*, 2007). Este aumento da permeabilidade da membrana celular pode ser secundário a hipóxia. O grau de hipóxia é superior em equinos com menor condição física (Sellon, 2004).

A medição da AST e da CK é muito utilizada para diagnóstico de dano muscular. Como os níveis de CK plasmáticos aumentam e diminuem de forma mais repentina, enquanto a evolução dos níveis da AST é mais gradual, através de medições

seriadas destas duas enzimas é possível calcular quando ocorreu a lesão muscular (Billings, 2013).

Teixeira-Neto *et al.* (2008) avaliaram cavalos ao longo de 5 provas de endurance realizadas no espaço de um ano, monitorizaram os níveis de CK e AST e obtiveram resultados concordantes com a literatura. O pico de CK ($413,59 \pm 50,75$ UI/L) registou-se imediatamente após a corrida e o pico de AST ($389,89 \pm 16,96$ UI/L) aconteceu 48 horas após a prova. Os valores de CK normalizaram 24 horas após as provas, enquanto os valores de AST levaram cerca de 72 horas a regressar aos níveis basais.

Larsson *et al.* (2013), avaliaram os valores de CK e AST durante e após uma prova de endurance e verificaram um aumento de 1810% e 58%, respetivamente. Com a sua investigação concluíram que existe uma relação positiva entre a velocidade alcançada pelo equino e os valores de CK atingidos depois da prova. Apontam ainda que o nível de experiência dos equinos pode afetar a atividade sérica enzimática em até 40%.

Silva *et al.* (2007) compararam a atividade sérica das mesmas enzimas musculares face à realização de diferentes atividades e verificaram aumentos mais elevados da CK e AST em equinos de tração e *vaquejada* do que em equinos de reprodução. Concluíram, salientando a importância de ter em conta o tipo de atividade física praticada pelo equino aquando da interpretação dos valores de atividade sérica de CK e AST. Sugerem ainda que ocorre uma adaptação bioquímica na musculatura decorrente da prática de exercício. Também Padalino *et al.* (2007) compararam dois programas de treino e os resultados que obtiveram mostram níveis mais elevados de CK e AST nos animais submetidos ao programa mais intenso.

7.5 Cortisol

O sistema endócrino está envolvido na atividade física, tanto a curto como a longo prazo, influenciando o próprio exercício e a posterior adaptação do organismo ao mesmo (Ferlazzo *et al.*, 2020). Todo o esforço físico pressupõe *stress* fisiológico, por essa razão, e em prol do bem-estar físico e mental dos cavalos, é importante reduzir outras fontes de *stress* adicionais (Ferlazzo *et al.*, 2020).

Em resposta ao exercício é ativado o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e o sistema nervoso autónomo. Estes são responsáveis por manter a homeostasia, em alturas de *stress*, e fazem-no através da secreção de hormonas como a beta-endorfina, a hormona adrenocorticotropica (ACTH) e cortisol (Ferlazzo *et al.*, 2020). Este último, para além do seu efeito anti-inflamatório, estimula a gliconeogénese hepática, a lipólise, a mobilização de aminoácidos e deposição de glicogénio (Ferlazzo *et al.*, 2020; Marc, Parvizi, Ellendorff, Kallweit & Elsaesser, 2000).

O efeito anti-inflamatório é benéfico, prevenindo a ação de substâncias pró-inflamatórias libertadas durante o exercício agudo (McKeever, 2011). Também a sua ação imunomoduladora aumenta a tolerância do organismo a micro lesões, que ocorrem a nível muscular, e que são necessárias para a adaptação deste tecido ao exercício. O catabolismo proteico, estimulado por esta hormona, mobiliza aminoácidos que vão ser utilizados, por sua vez, na produção de energia, reparação tecidular e síntese enzimática (McKeever & Gordon, 2008; McKeever, 2011).

Cravana, Medica, Prestopino, Fazio & Ferlazzo (2010) registam, num estudo em cavalos da modalidade de salto de obstáculos, valores de cortisol de $112,16 \pm 53,58$ nmol/L no repouso, $160,84 \pm 21,65$ nmol/L com 5 minutos de recuperação pós-exercício, e $140,28 \pm 19,01$ nmol/L com 30 minutos após exercício físico. Em concordância com o estudo anterior, Ferlazzo *et al.* (2009) e Evans (2007) também estudaram os níveis de cortisol sérico e verificaram níveis superiores no final do exercício, em comparação com o valor basal, e que estes normalizam ao fim de 30 minutos. Também Djoković *et al.* (2021) descreveram que, após corridas, os valores de cortisol sérico chegam a aumentar cerca de 206% em relação aos valores basais.

Em resposta ao exercício, enquanto Ferlazzo *et al.* (2009) não observam uma influência da altura do obstáculo nos níveis de cortisol, Marc *et al.* (2000) registam um aumento desta hormona que acompanha tanto o aumento do declive de uma passadeira mecânica, como a duração e a intensidade do esforço físico. Concentrações de cortisol elevadas durante o exercício podem indicar adaptação por parte do organismo, porém o excesso desta hormona em circulação pode ser marcador de *overtraining* (McKeever, 2011).

Autores como Marc *et al.* (2000), Ferlazzo *et al.* (2009) e Schmidt *et al.* (2010) reconhecem um certo nível de adaptação ou dessensibilização, por parte dos animais,

a fatores de *stress*, como o exercício ou a entrada para um atrelado. Schmidt *et al.* (2010) justificam os valores mais baixos de FC e de cortisol quando os animais são expostos ao mesmo estímulo, de uma forma repetitiva. Marc *et al.* (2000) estabelecem duas hipóteses, sendo a primeira uma dessensibilização da glândula adrenal, e a segunda uma diminuição da libertação de ACTH por parte da hipófise. Graaf-Roelfsema *et al.* (2007) explicam que a dessensibilização da glândula adrenal, e consequentes concentrações de cortisol mais baixas, após o exercício, podem sugerir boa adaptação ao programa de treino. Acrescentam ainda que uma boa condição física potencia a ação desta hormona, o que resulta numa menor libertação de ACTH e, secundariamente, de cortisol após o exercício.

Objetivos

- Estudar os efeitos de um programa de treino com a guia mecânica sobre índices de *performance* e de bem-estar animal para cavalos usados na modalidade de salto de obstáculos.

A hipótese é de que o treino proposto aprimore a condição física dos animais ao mesmo tempo que reduz o *stress*, visto que os mesmos trabalharão em grupo e com o mínimo de interferência humana.

Material E Métodos

O presente projeto de pesquisa teve aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEBEA-FMV-Universidade Lusófona), sendo registado sob o número 27-2023 (4).

Animais: Foram usados quatro equinos (n=3 machos, n=1 fêmea; $17,3 \pm 2,9$ anos; $614,0 \pm 89,2$ kg), sendo um da raça Deutches Sportferd, um da raça de Sela Francesa e dois da raça Portugêes de Desporto. Todos os animais foram considerados clinicamente aptos para participarem no estudo através de exames incluindo avaliação de claudicação. Apresentavam constituição corporal semelhante e encontravam-se no mesmo nível de condicionamento físico, participando em provas com altura mínima de obstáculos de 1 metro. Os animais estavam familiarizados com as instalações e o equipamento de treino.

Os animais são pertencentes a um centro de treino, localizado em Sintra, Portugal, sendo submetidos ao mesmo tipo de manejo alimentar e sanitário e mantidos em boxes individuais (3,0x3,0m). O manejo alimentar consiste em luzerna e aveia, 3 x ao dia (8h00, 12h00 e 18h00), 30 minutos antes do concentrado comercial (Easy Mix, Intacol, 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. O fornecimento de água é realizado através de bebedouros automáticos, estando sempre disponível.

Delineamento experimental: Os equinos foram acompanhados durante um período de ~2 meses, que incluiu a avaliação da aptidão para inclusão no projeto, até ao fim das 7 semanas de treino com a guia mecânica.

As avaliações decorreram em M1, 1 semana antes do início do protocolo com a guia mecânica, e em M2, 5 dias após o último treino na mesma, através de testes a campo de salto de obstáculos (TSO), para estudo de biomarcadores relacionados com *performance*.

Protocolo de treino: Ao longo das 7 semanas do estudo, os equinos foram treinados seis dias por semana, por um período diário de 40-60 minutos, durante os quais executaram atividades de preparação para provas equestres de saltos de obstáculos (trabalho específico), com intensidade moderada (trabalho de resistência), alternadas com picos de maior exigência (trabalho de força), respeitando os limites físicos individuais. A intensidade imposta foi ajustada consoante cada indivíduo. Para

o presente estudo, os animais serviram como o próprio grupo de controlo, pois estavam a realizar o programa de treino específico, com a mesma regularidade e intensidade, há mais de 1 ano. Durante as 7 semanas do projeto, foi incluída a guia mecânica na rotina de treino específico para o qual estavam familiarizados (Tabela 3).

No 1º e 3º dia de cada semana (considerando segunda-feira como dia de descanso e terça-feira como 1º dia da semana) foi realizado o exercício na guia mecânica (Claydon Derby, Claydon Horse Exercisers; com diâmetro externo de 19 m e interno de 17 m, capacidade máxima de 6 cavalos), seguindo o protocolo descrito na Tabela 3. Todos os animais foram exercitados simultaneamente, usando a capacidade máxima do equipamento, ao longo de 60 minutos. Nas 1^{as} duas semanas os cavalos trabalharam a 1,67 km/h, aumentando até 2 km/h no final da 3ª semana. Na 4ª semana, trabalharam a 4 km/h, com progressão de 1 km/h a cada semana até à 7ª semana, em que todos trabalharam a 7 km/h. O exercício foi realizado 30 minutos em sentido horário e os restantes 30 minutos em sentido anti-horário. A monitorização cardíaca foi realizada através de um frequencímetro cardíaco (Sensor H10/relógio M430, Polar Electro, Lake Success, NY, EUA) colocado sempre no mesmo animal, que foi escolhido de forma aleatória, para registo de velocidade.

Tabela 3. Programa de treino específico para cavalos de salto de obstáculos com a guia mecânica.

Dias da semana	Andamento	Duração(min)	Obstáculos(número)	Altura obstáculos (cm)
1º, 3º e 5º dia	Passo	5		
	Trote	25		
	Galope	25		
	Passo	5		
	Guia Mecânica	60		
2º e 4º dia	Passo	5		
	Trote	30		
	Galope	20		
	Passo	-	8 3x salto de aquecimento	90 50

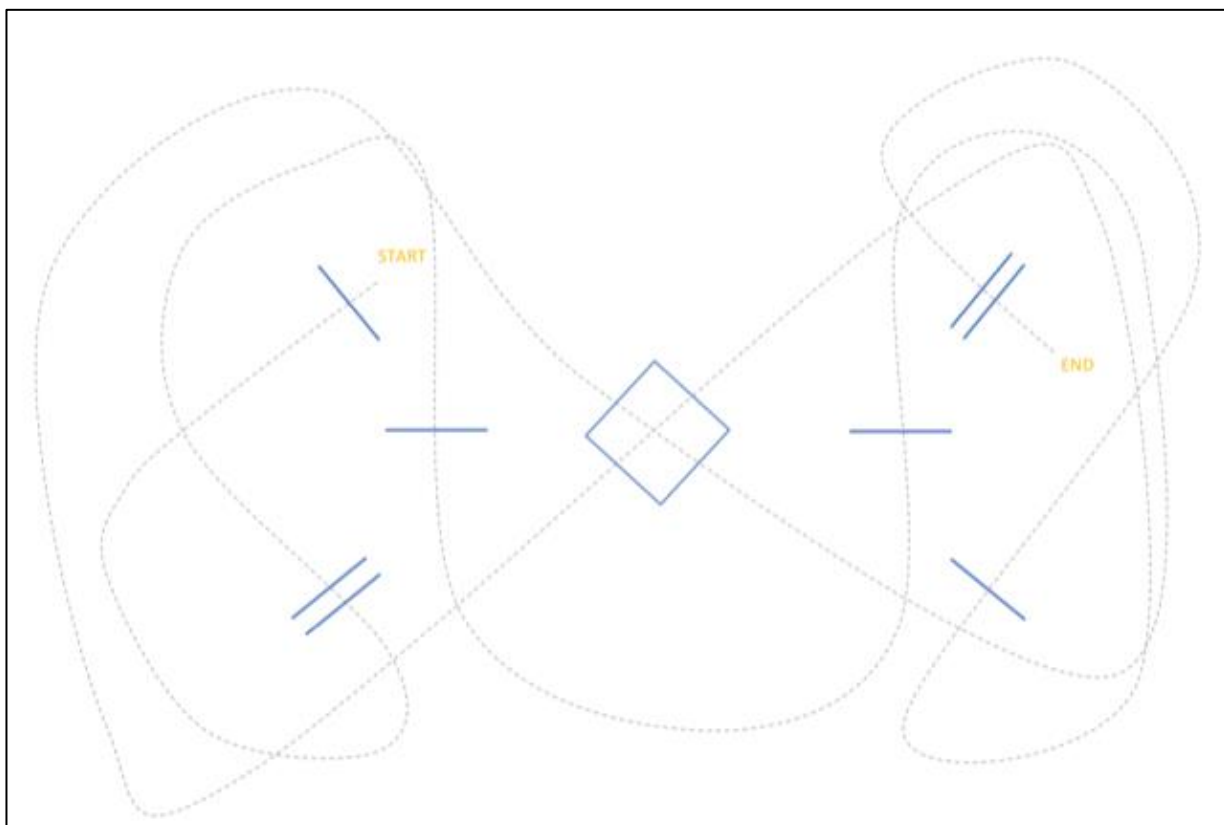
	Passo	5		
6º dia (Field Test)	Passo	5		
	Trote	30		
	Galope	20		
	Passo	-	8 3x salto aquecimento	100 50
	Passo	5		

Teste de campo de salto de obstáculos (TSO): Os equinos foram avaliados em dois momentos, através de testes a campo de salto de obstáculos (TSO), realizados antes e após as sete semanas de treino, perfazendo um total de duas avaliações. O teste foi realizado num picadeiro descoberto com piso de alto rendimento (areia de sílica) com a dimensão de 60x20m. Antes da execução do teste todos os animais aqueceram a passo por um período médio de 10 minutos, seguido de um período de 15/20 minutos de trote e galope montado intercalados com períodos de descanso de 2 minutos.

No TSO, o binómio cavalo-cavaleiro executou uma sequência de exercícios característicos da modalidade desportiva de salto de obstáculos com o qual estão familiarizados. Temperatura ambiente, humidade do ar, peso de cavaleiro e equipamentos, condições de pista foram registadas para fins de interpretação dos dados.

A sequência de exercícios está representada na Figura 1, sendo caracterizada por um percurso de aproximadamente 300 metros, com 10 saltos, sendo 2 *oxers* e 8 simples, com altura de 1 metro.

Figura 1- Pista de obstáculos no teste de simulação de salto de obstáculos.



O protocolo foi realizado nos meses de novembro/janeiro (estação de Inverno), durante o período da manhã entre as 07h00 e 11h00, com temperatura média de 13,0°C, umidade relativa de 77,1% e os cavalos foram montados por um único cavaleiro, com peso de 100 kg (sela equivalente a 8,2 kg e demais equipamentos 0,8-1,2 kg). A pista de areia estava seca. Respeitaram-se, durante todo o protocolo experimental, os parâmetros de bem-estar animal descritos por Coelho *et al.* (2018).

Monitorização cardíaca: Durante o exercício, os animais utilizaram um monitor cardíaco (sensor H10 conectado ao relógio M430, Polar Electro, Lake Success, NY, EUA) com sistema de GPS (*Global Positioning System*). Após o teste a campo, os dados recolhidos pelo equipamento foram transferidos para o computador e analisados no *Polar Flow Software* para determinação da velocidade, frequência cardíaca e distância percorrida.

Biomarcadores: Em cada TSO, foram realizados exames físicos em quatro tempos distintos: T0 (obtida antes do exercício físico, com o animal em repouso, ainda na boxe); T1 (até 1 minuto após o exercício físico); T2 (obtida 30 minutos após o exercício); T3 (obtida 4 horas após o exercício). Nos momentos acima descritos, foram registradas FC – frequência cardíaca, FR – frequência respiratória, TC – temperatura corporal; e foram recolhidas amostras de sangue, após assepsia local com álcool a 70%, por meio de venopunção da jugular. As amostras foram armazenadas em tubos siliconizados, com anticoagulante EDTA-K3 e capacidade de 2 ml, para determinação do hemograma (XN-Vet, Sysmex); e em tubos sem anticoagulante, com capacidade de 9 ml, para as análises bioquímicas. Para tal, os tubos foram centrifugados por 10 minutos (Centrífuga Angular Analógica CNT800D, Quirumed) a 3.000g para separação de soro e congeladas em *ependorfs* a -80°C (PHCbi Ultra-Low Temperature Freezer MDF- DU502VH) até ao processamento das análises clínicas.

Foram analisadas proteínas totais (PTN), albumina (ALB), aspartato aminotransferase (AST), creatinoquinase (CK) (DxC 700 AU Chemistry Analyzer, Beckman Coulter, com kits da mesma marca); e cortisol (IMMULITE 2000 Immunoassay System, Siemens, com kit da mesma marca).

As determinações sanguíneas de lactato foram feitas no ato da colheita de sangue com aparelhos portáteis (Lactate Pro 2 LT-1730, Arkray; Glucomen Areo, Menarini Diagnostics, respetivamente).

Análise estatística: A análise estatística foi realizada através de um programa computadorizado (PROC MIXED program, SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, North Caroline, EUA). A normalidade das variáveis foi avaliada segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para avaliar a influência do exercício físico em M1 e M2 e influência do treino (M1 vs. M2), os dados foram submetidos a análise de variância para medidas repetidas seguido de comparação entre médias (teste-t e teste de Tukey). Os resultados foram expressos como médias±desvios-padrão e a significância estabelecida em $p<0,05$ em todos os casos.

Resultados

Na Tabela 4 é possível observar que as variáveis FC, FR e lactato foram influenciadas pelo TSO em ambos os momentos (M1 e M2). Em nenhuma delas houve diferença entre os valores registados antes (M1) ou após (M2) as 7 semanas de treino na guia mecânica.

Tabela 4. Parâmetros fisiológicos e lactacidemia (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de simulação de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de sete semanas com guia mecânica.

Parâmetros	Período experimental				p	
	T0	T1	T2	T3	TSSO	M1 x M2
FC, bpm						
M1	29,0 $\pm$ 5,0 ^b	86,0 $\pm$ 15,5 ^a	36,0 $\pm$ 4,6 ^b	34,0 $\pm$ 4,0 ^b	<0,0001	0,9442
M2	28,0 $\pm$ 3,3 ^b	90,0 $\pm$ 22,0 ^a	34,5 $\pm$ 1,9 ^b	33,0 $\pm$ 2,0 ^b	<0,0001	
FR, mrpm						
M1	12,0 $\pm$ 0,0 ^b	38,7 $\pm$ 2,3 ^a	14,3 $\pm$ 17,0 ^b	13,0 $\pm$ 3,8 ^b	<0,0001	0,5070
M2	13,0 $\pm$ 2,0 ^b	38,0 $\pm$ 5,2 ^a	15,0 $\pm$ 3,8 ^b	13,0 $\pm$ 2,0 ^b	<0,0001	
TC, °C						
M1	37,3 $\pm$ 0,2	37,8 $\pm$ 0,4	37,7 $\pm$ 0,6	37,0 $\pm$ 0,8	0,0597	0,1584
M2	37,3 $\pm$ 0,3	37,9 $\pm$ 0,5	37,8 $\pm$ 0,4	37,7 $\pm$ 0,2	0,2393	
Lactato, mmol/L						
M1	0,88 $\pm$ 0,10 ^b	2,75 $\pm$ 0,74 ^a	0,88 $\pm$ 0,21 ^b	0,98 $\pm$ 0,17 ^b	<0,0001	0,6220
M2	0,88 $\pm$ 0,28 ^b	2,15 $\pm$ 0,69 ^a	0,98 $\pm$ 0,05 ^b	0,93 $\pm$ 0,10 ^b	0,0041	

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas na análise pelo tempo de colheita pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); T0: repouso; T1: até 1 minuto 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 5 é possível observar que os TSOs influenciaram de forma significativa praticamente todas as variáveis estudadas, à exceção de VCM e CHCM, e a contagem de neutrófilos em M2. O treino (M1 x M2) levou à redução significativa do leucograma total e das contagens de neutrófilos e linfócitos. Ainda, foi observado aumento de CHCM e redução de VCM em M2.

Tabela 5. Parâmetros hematimétricos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de simulação de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de sete semanas com guia mecânica.

Parâmetros	Período experimental				p	
	T0	T1	T2	T3	TSSO	M1 x M2
Leuco, x10 ³ /∞L						
M1	5,7±0,8 ^b	8,3±1,4 ^a	6,2±1,0 ^b	6,5±0,7 ^b	<0,0001	0,0386
M2	5,3±1,9 ^b	8,0±1,3 ^a	5,7±1,1 ^b	6,1±1,4 ^b	0,0031	
Ne, x10 ³ /∞L						
M1	3,7±0,5 ^b	4,9±0,3 ^a	3,8±0,3 ^b	4,2±0,3 ^b	<0,0001	0,0290
M2	3,3±1,1	4,8±0,4	3,5±0,6	3,9±0,9	0,0867	
Linfo, x10 ³ /∞L						
M1	1,5±0,9 ^b	2,5±1,8 ^a	2,1±0,8 ^a	1,9±0,5 ^a	0,0026	0,1495
M2	1,7±0,8	2,8±0,9	1,8±0,6	1,7±0,6	0,0031	
He, x10 ⁶ /∞L						
M1	7,2±0,4 ^b	10,5±0,5 ^a	7,2±0,1 ^b	7,6±0,1 ^b	<0,0001	0,3850
M2	6,8±1,5 ^b	10,6±0,8 ^a	7,1±0,6 ^b	7,2±0,8 ^b	0,0003	
VG, %						
M1	33,0±2,1 ^b	48,2±2,5 ^a	33,0±1,8 ^b	34,6±1,3 ^b	<0,0001	0,2151
M2	31,0±7,5 ^b	47,9±2,6 ^a	32,5±2,9 ^b	32,4±4,8 ^b	0,0009	
Hb, g/dL						
M1	12,0±0,9 ^b	17,5±0,8 ^a	12,0±0,7 ^b	12,6±0,5 ^b	<0,0001	0,4521
M2	11,5±3,0 ^b	17,7±1,1 ^a	11,9±1,3 ^b	12,0±1,8 ^b	0,0019	
VCM, fL						
M1	46,0±2,3	46,1±2,0	45,9±2,1	45,8±2,1	0,4610	0,0459
M2	45,5±2,1	45,5±1,8	45,9±1,4	45,0±2,0	0,1989	
CHCM, g/dL						
M1	36,4±0,7	36,3±0,8	36,0±1,6	36,5±0,7	0,6798	0,0053
M2	36,9±1,0	36,9±1,1	36,5±0,7	37,2±0,6	0,2533	

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas na análise pelo tempo de colheita pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); T0: repouso; T1: até 1 minuto após o exercício; T2: com 30 minutos de recuperação; T3, com 240 minutos de recuperação. Leuco, contagem total de leucócitos; Ne, contagem total de neutrófilos; Linfo, contagem total de linfócitos; He, contagem total de eritrócitos; VG, volume globular; Hb, concentração de hemoglobina; VCM, volume corpuscular médio; CHCM, concentração de hemoglobina corpuscular média.

Na Tabela 6 estão expressos os valores dos parâmetros bioquímicos e é possível observar apenas uma influência significativa dos TSOs em AST e albumina.

Tabela 6. Parâmetros bioquímicos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de simulação de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de sete semanas com guia mecânica.

1							
Parâmetros	Período experimental					p	
	T0	T1	T2	T3	TSSO.	M1 x M2	
AST, UI/L							
M1	263,3±43,1 ^{ab}	278,0±38,9 ^a	252,0±33,5 ^b	269,3±34,6 ^a	0,0029	0,9923	
M2	257,3±40,2 ^b	286,8±39,7 ^a	259,8±39,2 ^b	259,3±40,0 ^b	<0,0001		
ALB, mg/dL							
M1	3,4±0,1 ^{ab}	3,6±0,2 ^a	3,3±0,2 ^b	3,5±0,1 ^a	0,0088	0,0735	
M2	3,2±0,2 ^b	3,5±0,2 ^a	3,2±0,2 ^b	3,3±0,2 ^b	<0,0001		
PTN, mg/dL							
M1	5,9±0,5 ^{bc}	6,2±0,5 ^a	5,6±0,4 ^c	6,1±0,5 ^{ab}	0,0013	0,0754	
M2	5,6±0,3 ^b	6,2±0,5 ^a	5,7±0,4 ^b	5,7±0,5 ^b	<0,0001		
CK, UI/L							
M1	126,8±30,5	140,0±27,9	157,3±66,8	141,8±31,9	0,6522	0,7805	
M2	135,0±30,9	152,8±30,2	129,0±21,5	139,3±43,3	0,1610		

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas na análise pelo tempo de colheita pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); T0: repouso; T1: até 1 minuto após o exercício; T2: com 30 minutos de recuperação; T3, com 240 minutos de recuperação. AST, aspartato aminotransferase; CK, creatinoquinase; PTN, proteínas totais.

Na Tabela 7 está exposto os valores da análise de cortisol sérico com destaque na redução dos valores após o treino físico na guia mecânica.

Tabela 7. Cortisol sérico (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos em testes de simulação de salto de obstáculos, usados na avaliação de um treino físico de sete semanas com guia mecânica.

Cortisol, nmol/L	Período experimental					p
	T0	T1	T2	T3	TSO	M1 x M2
M1	107,0±40,0	102,6±9,0	134,6±67,0	75,7±11,5	0,1791	0,0011
M2	78,6±15,7	70,7±18,6	56,5±23,6	57,4±29,1	0,5244	

É importante destacar que, ao longo dos TSOs e dos treinos na guia, os animais não apresentaram qualquer desconforto, sendo acompanhados diariamente.

O registo no sistema de monitorização cardíaca registado no TSO indicou que em M1, a FC de trabalho foi de $114,2 \pm 32,3$ bpm, e em M2 foi de $131,5 \pm 52,0$ bpm, sem diferenças entre os momentos ($p=0,6342$). A velocidade média atingida foi de $12,9 \pm 1,3$ km/h em M1 e $13,0 \pm 0,2$ km/h em M2, sem diferença significativa entre os momentos ($p=0,8585$).

Discussão

A hipótese da presente pesquisa – verificação de uma possível melhoria na condição física dos equinos após a implementação de um programa de treino, que incluía a guia mecânica - não se confirmou. O que foi possível observar foi a manutenção da condição física pré-existente. Contudo, apesar da primeira hipótese não ter sido corroborada pelos resultados obtidos, o programa de treino obteve impacto nos biomarcadores de *stress* avaliados, o cortisol e o leucograma, denotando-se uma redução em ambos após as 7 semanas.

De acordo com bibliografia consultada (Balarin *et al.*, 2005; Kang & Park, 2017; Munsters, van den Broek, Welling, van Weeren, & van Oldruitenborgh-Oosterbaan, 2013), parâmetros como FC, FR, TC, hemograma, CK, AST, lactato e cortisol são indicadores de desempenho atlético e resistência à fadiga, sendo então selecionados para este projeto.

A FC foi influenciada pela prática da atividade física, pois os valores em T1 (~90 bpm) foram significativamente superiores àqueles observados em T0 (~28 bpm). Resultados semelhantes foram apresentados por Lindner *et al.* (2020), que registaram aumentos significativos da FC após uma prova de salto de obstáculos, sendo o valor mais elevado, registado pelos mesmos, de 126bpm. Os valores máximos registados pelo sistema de monitorização cardíaca utilizado na presente pesquisa foram de 114 bpm e 130 bpm em M1 e M2, respetivamente, permitindo classificar a intensidade do exercício entre moderada a intensa (Mlyneková *et al.*, 2016), inferior ao da investigação de Lindner *et al.* (2020). Um estudo de Hauss *et al.* (2014) sobre a FC durante os treinos diários de equinos de corrida, verificou que os equinos atingiam FC entre os 149-230bpm. Justifica-se a discrepância dos valores deste último, comparativamente aos da presente pesquisa, pela diferente intensidade do exercício, visto que as corridas de longa distância são caracterizadas como exercícios de intensidade máxima.

Considerando a FC de recuperação, é possível sugerir que a amostra do atual estudo se encontra apta para a prática da atividade imposta. Tendo em conta que esta retomou valores abaixo dos 60 bpm, com 30 minutos de recuperação, tal como no estudo de Santos *et al.* (2002).

Com o treino e consequente melhoria do condicionamento físico é esperada uma diminuição da FC média durante o exercício (Evans, 2000). Todavia, na presente pesquisa, o mesmo não foi confirmado. O TSO influenciou de forma significativa a FC, conforme discutido anteriormente, porém o programa de treino de 7 semanas não induziu melhoria do condicionamento físico dos equinos, ao não se verificar diferença estatística entre M1 e M2, sendo assim apenas suficiente para manter o nível de *fitness* pré-existente. Isso pode sugerir o uso de um protocolo similar na manutenção da condição física de equinos que precisam de ser afastados temporariamente de competições, por motivos diversos.

Relativamente à FR, os valores registados antes (~13 rpm) e após (~38 rpm) ambos os TSOs já eram esperados visto irem ao encontro da literatura consultada (Gundasheva, 2015; Lopes *et al.*, 2009). Ocorreu uma resposta significativa do sistema respiratório face ao exercício. Além disso, a amostra utilizada regularizou a respiração com 30 minutos de recuperação, revelando a aptidão dos equinos para a realização do TSO. Gundasheva (2015), com base na medição da FR, concluíram que os equinos não estavam aptos à prática do exercício proposto. No seu estudo, apesar dos valores semelhantes aos da presente investigação, observaram valores de 14 rpm no pré-exercício e 56 rpm após o treino, porém a FR ainda não tinha normalizado (26 rpm) mesmo duas horas após. Tais diferenças podem estar relacionadas com intensidade e duração do esforço físico imposto na prova de salto de obstáculos realizada, ou mesmo condições atmosféricas

Pensa-se que a capacidade respiratória melhore com a prática regular de exercício e que, assim, as FR atingidas durante o mesmo sejam inferiores (Lekeux, 2014; Poole & Erickson, 2011). Não se encontrando uma diminuição significativa da FR entre M1 e M2, entende-se que o programa de treino com a guia mecânica não influenciou de forma positiva a capacidade respiratória dos equinos.

É natural ocorrer hipertermia secundária ao exercício (Muñoz *et al.*, 2017). No entanto, no presente estudo, não ocorreram alterações significativas geradas pela prática do TSO em ambos os momentos de avaliação. Isso sugere que os equinos estavam aptos e possuem mecanismos eficazes de termorregulação (Hines, 2017).

A evolução do lactato no sangue ocorreu de modo semelhante à da FC e FR. Prevê-se que a concentração deste metabolito aumente em função do exercício,

hipótese corroborada pelo aumento dos valores em T1 (~2,1 mmol/L), comparando com T0 (~0,88 mmol/L). Fazio *et al.* (2014), também num TSO, obtiveram aumento dos níveis de lactato posteriormente à realização do percurso, registrando em T0 valores de 1,41 mmol/L e em T1 valores de 5 mmol/L, valores superiores aos da presente pesquisa. Exercícios de alta intensidade, onde há a necessidade de produção rápida de energia, levam a aumentos substanciais do lactato plasmático, a níveis superiores ao limiar anaeróbio de 4 mmol/L (Ferraz *et al.*, 2009). Isso já foi descrito em trabalhos que estudaram exercícios de maior esforço, como a provas de três tambores (Binda *et al.*, 2016; Gomes *et al.*, 2020). Kirsch *et al.* (2022) constataram que o nível de competição/dificuldade impacta de forma positiva os níveis de lactato, acrescentando que o aumento da altura dos obstáculos, mesmo que em apenas 10 cm, obriga a um aumento de velocidade suficiente para impactar, de forma significativa, os níveis de lactato sanguíneo. É possível então que os níveis de lactato tão elevados registrados por Fazio *et al.* (2014) se devam à altura dos obstáculos, superior à do presente trabalho em 30-80 cm.

Em T2 (~0,90 mmol/L) o nível de lactato no sangue já se encontrava semelhante aos valores de repouso, sugerindo que os equinos possuíam uma boa capacidade de recuperação (Gama *et al.*, 2012), e trabalharam sob metabolismo predominantemente aeróbio. Em animais com predomínio do metabolismo anaeróbio, mais precisamente nas modalidades equestres de rápida duração e elevada intensidade, há um período maior de recuperação devido à hiperlactacidemia gerada (Gomes *et al.*, 2020). Durante a recuperação, o lactato é metabolizado através da regeneração da glicose pela gliconeogénese no fígado e rins e através da oxidação no ciclo de Krebs em órgãos como coração, cérebro e músculo esquelético (Gómez & Mizok, 2017).

O condicionamento físico de atletas potencializa o metabolismo oxidativo do músculo esquelético o que resulta em menores produções de lactato durante exercício sub-máximo. Simultaneamente, ocorre uma melhoria da capacidade de eliminação deste metabolito a nível muscular (Art & Lekeux, 2005). Por estas razões, a acumulação do lactato ocorre de forma gradualmente mais lenta com o treino (Rivero, 2007) e esperam-se concentrações mais baixas deste em atletas mais bem condicionados (Aguera *et al.*, 1995). Aguera *et al.* (1995) demonstram o referido anteriormente ao mostrar que cavalos treinados ao fim de 4 meses possuíam, face ao

mesmo exercício, níveis desta molécula inferiores a cavalos não treinados. No presente estudo o mesmo não aconteceu, visto que não se registou diferença significativa nos valores de lactato entre M1 e M2.

A realização do TSO levou a aumentos significativos do VG (~32% para ~48%), da He (~7,0 para ~10,5x10⁶/ µL) e da Hb (~12,0 para 17,5 g/dL) em ambos os TSOs. Este aumento foi observado também em diferentes modalidades equestres tal como provas de *western* (Binda *et al.*, 2016; Gomes *et al.*, 2020) e provas de resistência (Gama *et al.*, 2012). O aumento destas variáveis é explicado pela contração esplénica em resposta ao estímulo simpático e a ação da adrenalina (Gomes *et al.*, 2020). Assim, quanto maior a intensidade do exercício, maior será a resposta, explicando as diferenças observadas para modalidades de intensidade elevada (provas *western*) com as de menor (provas de salto de obstáculos).

Relativamente à fase de recuperação, a evolução ocorreu de modo expectável, com o retorno dos valores à normalidade das três variáveis do eritrograma em 30 minutos, após o fim do exercício (Coelho *et al.*, 2017).

Soroko *et al.* (2019) demonstraram que equinos treinados atingem VGs bastante superiores (39,2%), após o exercício, em relação aos equinos não treinados (33,3%). Estes autores correlacionam, desta forma, o VG com o nível de esforço realizado pelo atleta, dando a entender o aumento de maior magnitude do VG como uma boa adaptação do equino. Entretanto, o programa de treino com a guia mecânica na presente pesquisa não alterou nenhum destes parâmetros ao fim das 7 semanas, ao não se verificar diferença significativa entre M1 e M2.

Por outro lado, o TSO não influenciou os parâmetros VCM e CHCM. Estes foram sim influenciados pelo programa de treino imposto. Ao fim das 7 semanas registou-se uma diminuição significativa de VCM (~46 fL em M1 para ~45,5 fL em M2) e um aumento significativo de CHCM (~36,3 g/dL em M1 para ~36,9 g/dL em M2). A diminuição do VCM pode indicar que os eritrócitos em circulação são mais maduros, provenientes da contração esplénica; já o aumento do CHCM demonstra eritrócitos com uma maior capacidade de transportar oxigénio. Contrariamente, Lopes *et al.* (2009) verificaram um aumento significativo do VCM (40 fL em M1 para 45 fL em M2) após a implementação de um programa de treino. Ferraz *et al.* (2009) observaram o aumento tanto do VCM como da CHCM durante a etapa de esforço

máximo. A literatura consultada é contraditória no que toca a evolução do VCM e CHCM, em relação ao exercício e ao treino (Mattosinho *et al.*, 2017), sendo a intensidade do exercício e o desenho dos TEC os responsáveis mais prováveis por tais diferenças (Ferraz *et al.*, 2009). McGowan & Hodgson (2014) resumem o efeito do treino de forma compatível com o presente trabalho, ou seja, a diminuição do VCM e o aumento da CHCM.

O valor do VG conjugado com o das PTN, que também aumentaram entre T0 (~5,7 mg/dL) e T1 (~6,2 mg/dL), sugere algum grau de desidratação (Djoković *et al.*, 2021), ou uma mobilização de fluídos do plasma para os tecidos devido ao aumento da pressão sanguínea e osmolaridade nos músculos (Böning *et al.*, 2012). Ao avaliar a albumina, verificam-se resultados semelhantes aos observados nas PTN. A rápida recuperação destes valores, ainda com 30 minutos de recuperação, concorda com a segunda hipótese, de uma redução no volume plasmático e não uma desidratação real (Zobba *et al.*, 2011).

Relativamente à linha branca, a avaliação geralmente é feita para descartar doenças que interfiram na *performance* desportiva McGowan e Hodgson (2014). Poucos são os estudos que relacionam esta à resposta de *stress* (Coelho *et al.*, 2022). Devido ao exercício, é expectável uma leucocitose. Tal ocorreu no presente estudo, no qual os valores dos leucócitos totais passaram de ~5,7/5,3 x10³/μL em T0 para ~8,3/8 x10³/μL em T1. Djoković *et al.* (2021), em cavalos de *endurance*, e Ferraz *et al.* (2009), em cavalos árabes, obtiveram resultados concordantes. Os valores do leucograma regressaram aos valores de repouso em T2, ou seja, 30 minutos após o exercício. Zobba *et al.* (2011) registaram a normalização destes valores na mesma janela de tempo em equinos sujeitos a uma competição de polo. Em cavalos de *vaquejada*, Lopes *et al.*, (2009) confirmaram a hipótese que é o cortisol o responsável pelo aumento do leucograma e que o aumento desta hormona reflete o *stress* associado ao exercício. O aumento do leucograma ocorre pela mobilização do *pool* marginal, estimulada, entre outros fatores, pelo cortisol e catecolaminas, ambos libertados durante o exercício (Kingston, 2008).

Face ao programa de treino, houve redução significativa na contagem total de leucócitos e de neutrófilos. Assim, ocorreu uma menor mobilização do *pool* marginal (McGowan & Hodgson 2014), provavelmente devido ao menor *stress* durante a

realização do mesmo tipo de exercício, em M2. De forma semelhante, Coelho *et al.* (2022) verificaram a diminuição tanto do leucograma como do cortisol, face a um programa de treino, desta vez, na modalidade de *dressage*. Os resultados foram associados a uma menor resposta de *stress*, seja este de origem física ou psicológica, concluindo que o mesmo tipo de exercício, após o programa de treino, levou a uma redução do *stress*.

Em relação às enzimas musculares, apenas a AST foi influenciada pela prática do TSO, em ambos os momentos. O aumento poderia estar relacionado com a intensidade do esforço físico, caso fosse acompanhado do aumento da CK (Silva *et al.*, 2007; Thomassian *et al.*, 2007). Em alguns trabalhos a elevação não é intensa quanto noutros estudos (Assenza *et al.*, 2016; Thomassian *et al.*, 2007), estando relacionado a adaptação ao esforço físico imposto. Entretanto, na presente pesquisa os TSOs não influenciaram a CK, o que reforça o facto de os animais estarem aptos à intensidade imposta (Gama *et al.*, 2012). Não havendo aumentos significativos desta enzima durante o projeto, o mesmo não provocou lesão muscular (Billings, 2013). O aumento observado para AST pode estar associado com as elevações temporárias concomitantes de PTN e albumina, visto a rápida recuperação em T2.

Já o programa de treino proposto não teve influência sobre nenhuma das enzimas musculares estudadas. Com resultados concordantes, Trilk *et al.* (2002) também não verificaram influências de um programa de treino na CK, em cavalos de *endurance*. Já Balarin *et al.* (2005), após um programa de treino, registaram aumentos significativos da AST, tanto em machos como em fêmeas, enquanto os valores de CK reduziram apenas nos machos. Como referido numa publicação de Silva *et al.* (2007), um programa de treino, adequado ao atleta, não provoca aumentos significativos das enzimas musculares. Podemos então afirmar que o presente treino estava ajustado à condição física da amostra.

O cortisol é uma hormona libertada em resposta a *stress*, por estimulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (Ferlazzo *et al.*, 2020). A prática de exercício físico incute *stress* (Djoković *et al.*, 2021) e requer a secreção de cortisol, principalmente para mobilizar energia (Hyypä, 2005; McKeever, 2011) destinada aos músculos em atividade. Na presente pesquisa, o exercício físico não alterou as concentrações séricas de cortisol, nem antes, nem após as 7 semanas de treino. Diferentemente, Cravana *et*

al. (2010) constataram valores mais elevados (160,84 nmol/L) em equinos submetidos a saltos de 1,3 m de altura. Apesar da concentração desta hormona acompanhar a intensidade do exercício, também a influência da altura dos obstáculos é confirmada por autores como Ferlazzo *et al.* (2009). Além disso, existem trabalhos que destacam a não modificação dos valores de cortisol durante um esforço físico como um sinal de adaptação ao esforço imposto (Hackney & Walz, 2018; Trindade *et al.*, 2023). Isso sugere que, para o grupo estudado, a prova realizada estaria dentro dos seus limites orgânicos.

Entretanto, ocorreu uma significativa redução dos níveis de cortisol após o programa de treino. Isto indica que, face ao mesmo exercício (TSO), ocorreu uma resposta de *stress* inferior. Do mesmo modo, Coelho *et al.* (2022) verificaram a redução dos níveis de cortisol após a implementação de um protocolo de treino, em equinos de *dressage*. A redução desta hormona, em conjunto com a diminuição da FC e do leucograma que esta equipa registou, permitiu-lhes concluir que ocorreu adaptação e promoção do desempenho atlético enquanto, simultaneamente, se garantiu o bem-estar animal. A normalização desta hormona ocorreu até 30 minutos após o fim do exercício, demonstrando assim um bom funcionamento do córtex adrenal, resposta adequada às necessidades energéticas e ainda resposta metabólica saudável, tal como descrito por Gorgasser, Tichy & Palme (2007).

O tempo que os equinos estiveram na guia mecânica possibilitou a redução do tempo de estabulação, uma prioridade cada vez maior pelo seu impacto no bem-estar animal. Sauer *et al.* (2019) comprovaram que equinos que passam mais tempo no exterior possuem menor atividade da glândula adrenal do que equinos com tempo de estabulação superior. Uma menor atividade desta glândula implica uma menor resposta de *stress*. A monitorização do cortisol é relativamente fácil e fornece dados objetivos sobre o estado de *stress* dos equinos (Hovey, Davis, Chen, Godwin & Porr, 2021). A sua presença, em níveis elevados, prejudica a aquisição de novos conhecimentos e é esperado que, com a aprendizagem, os valores da mesma desçam, reduzindo a probabilidade de ser prejudicial à saúde dos animais (Henshall, Randle, Francis & Freire, 2022; Sabev, 2011).

A redução do leucograma bem como dos valores de cortisol, de M1 para M2, ilustram uma resposta de *stress* menos acentuada. Presume-se, com base no anterior,

uma melhor adaptação por parte do atleta ao exercício proposto, seja esta de cariz mental e/ou físico. Visto não terem sido registadas alterações significativas entre M1 e M2 noutros parâmetros como FC, FR, lactato, CK, AST, leva a crer que a adaptação tenha sido apenas a nível mental/psicológico.

Conclusão

A partir da análise dos resultados foi possível concluir que o treino proposto com recurso à guia mecânica, durante 7 semanas, não alterou a condição física dos equinos de salto estudados, sendo capaz, apenas, de manter a mesma. Verificou-se ainda uma redução dos biomarcadores relacionados ao *stress*, com destaque para o cortisol sérico e para o leucograma.

Apesar do número limitado de animais usados, os resultados são relevantes. O investimento na capacidade aeróbica e resistência à fadiga é fundamental nos equinos praticantes desta modalidade. A guia mecânica mostrou-se útil para manter o nível de condicionamento dos animais, representando uma boa alternativa para animais que precisam de períodos de repouso e de se afastar temporariamente das provas equestres. Nestes cavalos, mantém-se a necessidade de não perder um certo nível de condição física de forma a minimizar o tempo de recuperação para regresso em pleno à atividade desportiva. Também foi útil como forma de entretenimento, por diminuir o tempo de estabulação e conferir aos animais maior liberdade, preservando os princípios do bem-estar animal.

Neste projeto, as velocidades demasiado reduzidas que foram utilizadas podem estar na origem da ausência de influência do programa de treino nos biomarcadores selecionados.

Por fim, os testes de exercício específicos à modalidade fornecem informação sobre a capacidade individual de *performance* e são ainda facilmente integrados na rotina. Realça-se, por esse motivo, a carência de mais investigação neste ramo de forma a estabelecer diretrizes de avaliação de desempenho atlético. Mais informação irá possibilitar o aperfeiçoamento de programas de treino bem como a deteção precoce de limitações inerentes, ou não, ao indivíduo atleta.

Bibliografia

- Aguera, E. I., Rubio, D., Vivo, R., Santisteban, R., Aguera, S., Munoz, A., & Castejón, F. M. (1995). Heart Rate and Plasma Lactate Responses to Training in Andalusian Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 15(12), 532–536.
- Allen, K. J., van Erck-Westergren, E., & Franklin, S. H. (2016). Exercise testing in the equine athlete. In *Equine Veterinary Education* (Vol. 28, Issue 2, pp. 89–98). Equine Veterinary Journal Ltd. <https://doi.org/10.1111/eve.12410>
- Allen, S. E., & Holm, J. L. (2008). Lactate: Physiology and clinical utility. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 18(2), 123–132. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2008.00286.x>
- Art, T., & Lekeux, P. (2005). Exercise-induced physiological adjustments to stressful conditions in sports horses. *Livestock Production Science*, 92(2 SPEC. ISS.), 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.013>
- 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>
- Balarin, R., Lopes, R., Kohayagawa, A., Laposy, C., & Fontequ, J. (2005). Avaliação da glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama-glutamilttransferase e lactato desidrogenase em eqüinos puro sangue inglês (PSI) submetidos a exercícios de diferentes intensidades. *Ciências Agrárias, Londrina*.
- Bartolomé, E., & Cockram, M. S. (2016). Potential Effects of Stress on the Performance of Sport Horses. In *Journal of Equine Veterinary Science* (Vol. 40, pp. 84–93). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.01.016>
- Bazzano, M., Giudice, E., Rizzo, M., Congiu, F., Zumbo, A., Arfuso, F., Di Pietro, S., Bruschetta, D., & Piccione, G. (2016). Application of a combined global positioning and heart rate monitoring system in jumper horses during an official competition - A preliminary study. *Acta Veterinaria Hungarica*, 64(2), 189–200. <https://doi.org/10.1556/004.2016.019>

- Billings, A. (2013). *Skeletal Muscle Laboratory evaluation of equine muscle disorders*.
- 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>
- Cabrera, A. M. Z., Soto, M. J. C., Aranzales, J. R. M., Valencia, N. M. C., & Gutiérrez, M. P. A. (2021). Blood lactate concentrations and heart rates of Colombian Paso horses during a field exercise test. *Veterinary and Animal Science*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100185>
- Câmara E Silva, I. A., Dias, R. V. C., & Soto-Blanco, B. (2007). Comunicação Determinação das atividades séricas de creatina quinase, lactato desidrogenase e aspartato aminotransferase em eqüinos de diferentes categorias de atividade [Determination of serum activities of creatine kinase, lactate dehydrogenase, and aspartate aminotransferase in horses of different activities classes]. In *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*
- Campbell, E. H. (2011). Lactate-driven equine conditioning programmes. In *Veterinary Journal* (Vol. 190, Issue 2, pp. 199–207). <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.11.012>
- Castejon-Riber, C., Riber, C., Rubio, M. D., Agüera, E., & Muñoz, A. (2017). Objectives, Principles, and Methods of Strength Training for Horses. In *Journal of Equine Veterinary Science* (Vol. 56, pp. 93–103). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.04.011>
- Coelho, C., Fardin, V., Silva, G., Carvalho, R., & Neto, E. (2017). Influência da Marcha sobre o Eritrograma em Equinos da Raça Mangalarga Marchador. *Veterinária e Zootecnia*.
- Coelho, C. S., Adam, G. L., Agra de Omena e Silva, G., Silva de Carvalho, R., Cuña de Souza, V. R., & Fazio, F. (2019). Heart Rate Monitoring in Mangalarga Marchador Horses During a Field Marcha Test. *Journal of Equine Veterinary Science*, 79, 50–53. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.05.020>

- Coelho, C. S., Cordeiro, H., Filho, M., Dantas, J., Filho, R., Mário, J., Abreu, G., & Escodro, P. B. (2018). Escala para avaliação do bem-estar e equídeos atletas. *Brazilian Journal of Equine Medicine*, 4–7.
- Coelho, C. S., Silva, A. S. B. A., Santos, C. M. R., Santos, A. M. R., Vintem, C. M. B. L., Leite, A. G., Fonseca, J. M. C., Prazeres, J. M. C. S., Souza, V. R. C., Siqueira, R. F., Manso Filho, H. C., & Simões, J. S. A. (2022). Training Effects on the Stress Predictors for Young Lusitano Horses Used in Dressage. *Animals*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/ani12233436>
- Costa, G. B., De Barros, J. C., Araújo, P. H., Sousa Melo, I. H., Nascimento, M. R., Puerchi Ribeiro, I., Rocha, G. H. S., & Paulino Junior, D. (2018). Análise de parâmetros hematimétricos e bioquímicos em equinos da raça Quarto de Milha atletas pré e pós-treinamento. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.7213/1981-4178.2018.162002>
- Cravana, C., Medica, P., Prestopino, M., Fazio, E., & Ferlazzo, A. (2010). Effects of competitive and noncompetitive showjumping on total and free iodothyronines, β -endorphin, ACTH and cortisol levels of horses. *Equine Veterinary Journal*, 42(SUPPL. 38), 179–184. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00264.x>
- de Camargo Ferraz Guilherme, Raphael Teixeira-Neto, A., Helena de Freitas, F. D., Corrêa de Lacerda-Neto, J., & de Queiroz-Neto, A. (2009). Alterações hematológicas e cardíacas em cavalos Árabes submetidos ao teste de esforço crescente em esteira rolante. In *Braz. J. vet. Res. anim. Sci* (Vol. 46, Issue 6).
- de Graaf-Roelfsema, E., Keizer, H. A., van Breda, E., Wijnberg, I. D., & van der Kolk, J. H. (2007). Hormonal responses to acute exercise, training and overtraining a review with emphasis on the horse. In *Veterinary Quarterly* (Vol. 29, Issue 3, pp. 82–101). <https://doi.org/10.1080/01652176.2007.9695232>
- Demirtas, B., Parkan, C., & Atmaca, M. (2015). Exercise-Induced Physiological Fatigue in Horses: Review. *Turkiye Klinikleri Journal of Veterinary Sciences*, 6(2), 60–66. <https://doi.org/10.5336/vetsci.2016-51263>
- Djoković, S., Marković, L., Djermanović, V., & Trailović, R. (2021). Indicators of exhaustion and stress markers in endurance horses. *Medycyna Weterynaryjna*, 77(7), 331–336. <https://doi.org/10.21521/mw.6545>

- Dong, J. G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology (Review). In *Experimental and Therapeutic Medicine* (Vol. 11, Issue 5, pp. 1531–1536). Spandidos Publications. <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3104>
- Dyson, S., & Greve, L. (2016). Subjective Gait Assessment of 57 Sports Horses in Normal Work: A Comparison of the Response to Flexion Tests, Movement in Hand, on the Lunge, and Ridden. *Journal of Equine Veterinary Science*, 38, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.12.012>
- Eaton, M. D., Rose, R. J., Evans, D. L., & Hodgson, D. R. (1995). Assessment of anaerobic capacity using maximal accumulated oxygen deficit in fit Thoroughbreds. *Equine Veterinary Journal*, 27(18 S), 29–32. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb04885.x>
- Egenvall, A., Engström, H., & Byström, A. (2020). Kinematic effects of the circle with and without rider in walking horses. *PeerJ*, 8. <https://doi.org/10.7717/peerj.10354>
- Evans, D. L. (2000). *Training and fitness in athletic horses*. Rural Industries Research and Development Corp.
- Evans, D. (2008). Exercise testing in the field. Em Hinchcliff, K., Geor, R. & Kaneps, A. *Equine Sports Medicine & Surgery: basic and clinical sciences of the equine Athlete*, (pp- 398-407). Saunders.
- Evans, D. L. (2007). Physiology of equine *performance* and associated tests of function. In *Equine Veterinary Journal* (Vol. 39, Issue 4, pp. 373–383). <https://doi.org/10.2746/042516407X206418>
- 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.
- Federação Equestre Internacional (2013). Acedido a 16/06/2024 em https://inside.fei.org/sites/default/files/Code_of_Conduct_Welfare_Horse_1Jan2013.pdf.
- Fenner, K., Mclean, A. N., & McGreevy, P. D. (2019). Cutting to the chase: How round-pen, lunging, and high-speed liberty work may compromise horse welfare.

- In *Journal of Veterinary Behavior* (Vol. 29, pp. 88–94). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2018.05.003>
- Ferlazzo, A., Cravana, C., Fazio, E., & Medica, P. (2020). The different hormonal system during exercise stress coping in horses. In *Veterinary World* (Vol. 13, Issue 5, pp. 847–859). Veterinary World. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.847-859>
- Ferlazzo, A., Medica, P., Cravana, C., & Fazio, E. (2009). Endocrine changes after experimental showjumping. *Comparative Exercise Physiology*, 6(2), 59–66. <https://doi.org/10.1017/S1755254009990110>
- Ferraz, G. C., Teixeira-Neto, A. R., Pereira, M. C., Linardi, R. L., Lacerda-Neto, J. C., & Queiroz-Neto, A. (2010). Influência do treinamento aeróbio sobre o cortisol e glicose plasmáticos em equinos [Influence of the aerobic training on cortisol and glucose levels in horses]. In *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v (Vol. 62, Issue 1).
- Gama, J., Souza, M., Neto, E., Souza, V., & Coelho, C. (2012). Concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase e concentrações plasmáticas de lactato em equinos da raça Mangalarga Marchador após exercício físico Serum aspartate aminotransferase and creatine kinase concentrations and plasma lactate in Mangalarga Marchador horses after physical exercise. In *Vet. Res. Anim. Sci* (Issue 6).
- Gan, Z., Wiestner, T., Weishaupt, M. A., Waldern, N. M., & David Remy, C. (2016). Passive Dynamics Explain Quadrupedal Walking, Trotting, and Tölting. *Journal of Computational and Nonlinear Dynamics*, 11(2). <https://doi.org/10.1115/1.4030622>
- Gomes, C. L. N., Alves, A. M., Ribeiro Filho, J. D., Moraes Júnior, F. J., Barreto, R. A., Fucuta, R. S., Ribeiro, B. M., & Miranda, L. M. (2020). Physiological and biochemical responses and hydration status in equines after two barrel racing courses. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 40(12), 992–1001. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6710>
- Gorgasser, I., Tichy, A., & Palme, R. (2007). *Faecal cortisol metabolites in Quarter Horses during initial training under field conditions*. <https://www.researchgate.net/publication/235952819>

- Gundasheva, D. (2015). Effect of exercise on erythron, heart and respiratory rates in horses vaccinated against equine herpes virus 4/1 and equine influenza virus. *Comparative Clinical Pathology*, 24(6), 1565–1572. <https://doi.org/10.1007/s00580-015-2117-9>
- Hackney, A. C., & Walz, E. A. (2018). Hormonal adaptation and the *stress* of exercise training: the role of glucocorticoids. *Trends Sport Sci*.
- Hauss, A. A., Stablein, C. K., Fisher, A. L., Greene, H. M., & Nout-Lomas, Y. S. (2014). Validation of the Lactate Plus Lactate Meter in the Horse and Its Use in a Conditioning Program. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34(9), 1064–1068. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2014.06.006>
- Henshall, C., Randle, H., Francis, N., & Freire, R. (2022). The effect of *stress* and exercise on the learning *performance* of horses. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03582-4>
- Hines, M. T. (2017). Clinical approach to commonly encountered problems. Em *Equine internal medicine*, 232-294.
- Hodgson, D. (2014). The Cardiovascular System: Anatomy, Physiology, and Adaptations to Exercise and Training. Em Hodgson, D., McKeever, K. & McGowan, C. *The Athletic Horse* (pp. 56 -67). Elsevier.
- Hovey, M. R., Davis, A., Chen, S., Godwin, P., & Porr, C. A. S. (2021). Evaluating *Stress* in Riding Horses: Part One—Behavior Assessment and Serum Cortisol. *Journal of Equine Veterinary Science*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103297>
- Hyypä, S. (2005). Endocrinal responses in exercising horses. *Livestock Production Science*, 92(2 SPEC. ISS.), 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.014>
- Kang, O. D., & Park, Y. S. (2017). Effect of age on heart rate, blood lactate concentration, packed cell volume and hemoglobin to exercise in Jeju crossbreed horses. *Journal of Animal Science and Technology*, 59(1). <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0126-8>

- Kirsch, K., Fercher, C., Horstmann, S., von Reitzenstein, C., Augustin, J., & Lagershausen, H. (2022). Monitoring *Performance* in Show Jumping Horses: Validity of Non-specific and Discipline-specific Field Exercise Tests for a Practicable Assessment of Aerobic *Performance*. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.818381>
- Kingston, J. (2008). Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training. Em Hinchcliff, K., Geor, R. & Kaneps, A. *Equine Sports Medicine & Surgery: basic and clinical sciences of the equine Athlete*, (pp- 398-407). Saunders.
- Kowal, R. J., Almosny, N. R. P., Cascardo, B., Summa, R. P., & Cury, L. J. (2006). Avaliação dos valores hematológicos em cavalos (*Equus caballus*) da raça Puro-Sangue-Inglês (PSI) submetidos a teste de esforço em esteira ergométrica. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 13(1), 25–31. <https://doi.org/10.4322/rbcv.2014.261>
- Larsson, J., Pilborg, P. H., Johansen, M., Christophersen, M. T., Holte, A., Roepstorff, L., Olsen, L. H., & Harrison, A. P. (2013). Physiological Parameters of Endurance Horses Pre- Compared to Post-Race, Correlated with *Performance*: A Two Race Study from Scandinavia. *ISRN Veterinary Science*, 2013, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2013/684353>
- Lassen, E. D., & Swardson, C. J. (1995). Hematology and hemostasis in the horse: normal functions and common abnormalities. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 11(3), 351–389. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30306-1](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30306-1)
- Lekeux, P., Art, T. & Hodgson, D. (2014). The Respiratory System: Anatomy, Physiology, and Adaptations to Exercise and Training. Em Hodgson, D., McKeever, K. & McGowan, C. *The Athletic Horse* (pp. 56 -67). Elsevier.
- Lehnhard, R. A., Bartlett, M., Roche, B. M., Hinchcliff, K. W., & McKeever, K. H. (2010). Variations in lactate during a graded exercise test due to sampling location and method. *Comparative Exercise Physiology*, 7(2), 81–87. <https://doi.org/10.1017/S1755254010000255>

- Lindner, A., Esser, M., López, R., & Boffi, F. (2020). Relationship between resting and recovery heart rate in horses. *Animals*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/ani10010120>
- Lindner, A., Mosen, H., Kissenbeck, S., Fuhrmann, H., & Sallmann, H. P. (2009). Effect of blood lactate-guided conditioning of horses with exercises of differing durations and intensities on heart rate and biochemical blood variables. *Journal of Animal Science*, 87(10), 3211–3217. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2001>
- Luis, J., & Rivero, L. (2024). Fundamentals of muscle training of the horse: New paradigms for sports medicine specialists. *Scienze Medico Biologiche*, 112(1). <https://doi.org/10.13129/1828-6550/APMB.112.1.2024.SD2>
- Machado, L. (2006). *Eritrograma, Glutaciona reduzida e Superóxido Dismutase Eritrocitários e Metahemoglobina em Equinos da Raça Árabe Submetidos a Exercício em Esteira. Efeitos da suplementação com Vitamina E (DL-Alfa-Tocoferol)*.
- Marc, M., Parvizi, N., Ellendorff, F., Kallweit, E., & Elsaesser, F. (2000). Plasma cortisol and ACTH concentrations in the warmblood horse in response to a standardized treadmill exercise test as physiological markers for evaluation of training status 1,2. In *J. Anim. Sci* (Vol. 78). <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/78/7/1936/4670766>
- Marcellin-Little, D. J., Levine, D., & Taylor, R. (2005). Rehabilitation and conditioning of sporting dogs. In *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice* (Vol. 35, Issue 6, pp. 1427–1439). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2005.08.002>
- 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), 082. <https://doi.org/10.4025/revcivet.v4i1.35706>
- Mazan, M. (2022). Equine exercise physiology - challenges to the respiratory system. *Animal Frontiers*, 12(3), 15–24. <https://doi.org/10.1093/af/vfac035>

- McGowan, C., Hodgson, D. (2014). Hematology and Biochemistry. Em Hodgson, D., McKeever, K. & McGowan, C. *The Athletic Horse* (pp. 56 -67). Elsevier.
- McGowan, C. M., & Hyytiäinen, H. K. (2017). Muscular and neuromotor control and learning in the athletic horse. In *Comparative Exercise Physiology* (Vol. 13, Issue 3, pp. 185–194). Wageningen Academic Publishers. <https://doi.org/10.3920/cep170001>
- McGreevy, P. (2012). Locomotory Behaviour. *Equine behavior: A guide for veterinarians and equine scientists*. (2nd ed.). Saunders.
- McKeever, K. & Gordon, M. (2008). Endocrine alterations in the equine athlete. Em Hinchcliff, K., Geor, R. & Kaneps, A. *Equine Sports Medicine & Surgery: basic and clinical sciences of the equine Athlete*, (pp-274-294). Saunders.
- McKeever, K. H. (2011). Endocrine Alterations in the Equine Athlete: An Update. In *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice* (Vol. 27, Issue 1, pp. 197–218). <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2011.01.001>
- McKenzie, E. (2017). Foundations of *performance* - Factors that contribute to excellence in equine exercise. *Comparative Exercise Physiology*, 13(3), 127–135. <https://doi.org/10.3920/cep170022>
- Mlyneková, E., Halo, M., Maršálek, M., & Starostová, L. (2016). Impact of training load on the heart rate of horses. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 19(4), 167–170. <https://doi.org/10.15414/afz.2016.19.04.167-170>
- Muñoz, A., Castejón-Riber, C., Riber, C., Esgueva, M., Trigo, P., & Castejón, F. (2017). Current Knowledge of Pathologic Mechanisms and Derived Practical Applications to Prevent Metabolic Disturbances and Exhaustion in the Endurance Horse. In *Journal of Equine Veterinary Science* (Vol. 51, pp. 24–33). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.12.002>
- Munsters, C. C. B. M., van den Broek, J., Welling, E., van Weeren, R., & van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M. S. (2013). A prospective study on a cohort of horses and ponies selected for participation in the european eventing championship: Reasons for withdrawal and predictive value of fitness tests. *BMC Veterinary Research*, 9. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-182>

- Munsters, C. C. B. M., van Iwaarden, A., van Weeren, R., & Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M. (2014). Exercise testing in Warmblood sport horses under field conditions. In *Veterinary Journal* (Vol. 202, Issue 1, pp. 11–19). Bailliere Tindall Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.07.019>
- Murphy, J. (2008). Innovative use of an automated horse walker when breaking in young horses. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 11(3), 228–231. <https://doi.org/10.1080/10888700802100991>
- Padalino, B., Rubino, G., Centoducati, P., & Petazzi, F. (2007). Training versus Overtraining: Evaluation of Two Protocols. *Journal of Equine Veterinary Science*, 27(1), 28–31. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2006.11.013>
- Piccione, G., Messina, V., Casella, S., Giannetto, C., & Caola, G. (2010). Blood lactate levels during exercise in athletic horses. In *Comparative Clinical Pathology* (Vol. 19, Issue 6, pp. 535–539). <https://doi.org/10.1007/s00580-010-0965-x>
- Poole, D. C., & Erickson, H. H. (2011). Highly athletic terrestrial mammals: Horses and dogs. *Comprehensive Physiology*, 1(1), 1–37. <https://doi.org/10.1002/cphy.c091001>
- Sellon, D. C. (2004). Diseases of the hematopoietic system. Reed, S. M., Bayly, W. M., & Sellon, D. C. *Equine internal medicine*. W.B. Saunders.
- Regina Freire Lopes, K., Soares Batista, J., Valéria da Cunha Dias, R., & Soto-Blanco, B. (2009). Influência das Competições de *Vaquejada* sobre os Parâmetros indicadores de Estresse em Equinos. In *Ciência Animal Brasileira* (Vol. 10, Issue 2).
- Regina, M., Balarin, S., Lopes, R. S., Kohayagawa, A., Laposy, C. B., & Fontequ, J. H. (2006). Valores da Amplitude de Distribuição do Tamanho dos Eritrócitos (RDW) em eqüinos Puro-Sangue Inglês (PSI) submetidos a exercícios de diferentes intensidades. In *Braz. J. vet. Res. anim. Sci* (Issue 5).
- Rivero, J. (2007). A Scientific Background for Skeletal Muscle Conditioning in Equine Practice. *Journal of Veterinary Medicine*, 321–332. www.blackwell-synergy.com

- Sabev, S. (2011). Effect of the jumping activity in the course of training exercise on the level of serum cortisol, blood lactate and heart rate in horses. *Trakia Journal of Sciences*, 9(1), 78–82. <http://www.uni-sz.bg>
- Santos, S. A., Silva, R., Azevedo, J., Sibuya, C., Anaruma, C., & Sereno, J. (2002). *Evaluation of Performance Capacity of Pantaneiro Horses and other Breeds during Cavalcade Through the Pantanal* (Vol. 51).
- Satué, K., Muñoz, A., & Gardón, J. C. (2014). Interpretation of Alterations in the Horse Erythrogram . *Journal of Hematology Research*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.12974/2312-5411.2014.01.01.1>
- Sauer, F. J., Hermann, M., Ramseyer, A., Burger, D., Riemer, S., & Gerber, V. (2019). Effects of breed, management and personality on cortisol reactivity in sport horses. *PLoS ONE*, 14(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221794>
- Schiaffino, S., & Reggiani, C. (2011). Fiber Types In Mammalian Skeletal Muscles. *Physiol Rev*, 91, 1447–1531. <https://doi.org/10.1152/physrev.00031.2010.-Mammalian>
- Schmidt, A., Hödl, S., Möstl, E., Aurich, J., Müller, J., & Aurich, C. (2010). Cortisol release, heart rate, and heart rate variability in transport-naïve horses during repeated road transport. *Domestic Animal Endocrinology*, 39(3), 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2010.06.002>
- Soroko, M., Ąspitalniak-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>
- St. George, L., Clayton, H. M., Sinclair, J., Richards, J., Roy, S. H., & Hobbs, S. J. (2021). Muscle function and kinematics during submaximal equine jumping: What can objective outcomes tell us about athletic *performance* indicators? *Animals*, 11(2), 1–26. <https://doi.org/10.3390/ani11020414>
- Szabó, C., Vizesi, Z., & Vincze, A. (2021). Heart rate and heart rate variability of amateur show jumping horses competing on different levels. *Animals*, 11(3), 1–8. <https://doi.org/10.3390/ani11030693>

- Teixeira-Neto, A. R., Ferraz, G. C., Moscardini, A. R. C., Balsamão, G. M., Souza, J. C. F., & Queiroz-Neto, A. (2008). Alterations in muscular enzymes of horses competing long-distance endurance rides under tropical climate [Alterações em enzimas musculares de cavalos em competições de enduro de longa distância em clima tropical] Teixeira-Neto *et al.* In *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*
- ter Woort, F., Dubois, G., Didier, M., & Van Erck-Westergren, E. (2021). Validation of an equine fitness tracker: heart rate and heart rate variability. *Comparative Exercise Physiology*, 17(2), 189–198. <https://doi.org/10.3920/CEP200028>
- Thomassian, A., Carvalho, F. De, Watanabe, M. J., Fernandes Da Silveira, V., Liz, A., Alves, G., Hussni, C. A., Luiz, J., & Nicoletti, M. (2007). Atividades séricas da aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de eqüinos submetidos ao teste padrão de exercício progressivo em esteira. In *Braz. J. vet. Res. anim. Sci.*
- Trilk, J. L., Lindner, A. J., Greene, H. M., Alberghina, D., & Wickler, S. J. (2002). A lactate-guided conditioning programme to improve endurance performance. *Equine Veterinary Journal. Supplement*, 34, 122–125. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05403.x>
- Trindade, K. L. G., da Silva, C. J. F. L., Cruz, R. K. S., Vilela, C. F., Sousa Araújo Simões, J., Coelho, C. S., Filho, J. D. R., da Costa Cordeiro Manso, H. E. C., & Filho, H. C. M. (2023). Biomarkers of Stress and Inflammation in Assessing the Quality of Welfare of Conditioned *Vaquejada* Horses. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 13(08), 147–159. <https://doi.org/10.4236/ojvm.2023.138013>
- Van Weeren, R. (2014). Training Show Jumpers. Em Em Hodgson, D., McKeever, K. & McGowan, C. *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine* (pp. 337–346). Elsevier.
- Verdegaal, E. L. J. M. M., Howarth, G. S., McWhorter, T. J., Boshuizen, B., Franklin, S. H., Vidal Moreno de Vega, C., Jonas, S. E., Folwell, L. E., & Delesalle, C. J. G. (2021). Continuous Monitoring of the Thermoregulatory Response in Endurance Horses and Trotter Horses During Field Exercise: Baseline for Future Hot Weather Studies. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.708737>

- Walker, V. A., Dyson, S. J., & Murray, R. C. (2013). Effect of a Pessoa training aid on temporal, linear and angular variables of the working trot. *Veterinary Journal*, 198(2), 404–411. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.07.005>
- Young, L. E., Marlin, D. J., Deaton, C., Brown-Feltner, H., Roberts, C. A., & Wood, J. L. (2002). Heart size estimated by echocardiography correlates with maximal oxygen uptake. *Equine Veterinary Journal. Supplement*, 34, 467–471. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05467.x>
- Young, L. E., & Wood, J. L. (2000). Effect of age and training on murmurs of atrioventricular valvular regurgitation in young thoroughbreds. *Equine Veterinary Journal*, 32(3), 195–199. <https://doi.org/10.2746/042516400776563563>
- Zobba, R., Ardu, M., Niccolini, S., Cubeddu, F., Dimauro, C., Bonelli, P., Dedola, C., Visco, S., & Pinna Parpaglia, M. L. (2011). Physical, Hematological, and Biochemical Responses to Acute Intense Exercise in Polo Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(9), 542–548. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.010>