



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

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

**COMPARAÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO ENTRE
EQUINOS USADOS EM PROVAS SIMULADAS DE
SALTO DE OBSTÁCULOS E DE TOUREIO**

Dissertação apresentada a provas públicas para a obtenção do grau de mestre em Medicina Veterinária, orientada por Professora Doutora Clarisse Coelho e Professora Doutora Joana Simões (co-orientador).

Patrícia Bugarim Miguel Cavaca, nº21701268

2024



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

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

**COMPARAÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO ENTRE
EQUINOS USADOS EM PROVAS SIMULADAS DE
SALTO DE OBSTÁCULOS E DE TOUREIO**

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa, no dia 22/02/2024, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º: 671/2024, de fevereiro de 2024, com a seguinte composição:

Presidente: Professora Doutora Margarida Alves

Arguente: Professor Doutor Mário Cotovio (Universidade Lusófona)

Orientador: Professora Doutora Clarisse Coelho

Este trabalho também foi orientado por Professora Doutora Joana Simões (co-orientador)

Patrícia Bugarim Miguel Cavaca, n.º21701268

2024

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação representa o término de um longo percurso de 6 anos do curso de medicina veterinária. Assim sendo, não poderia deixar de agradecer a todos os que me ajudaram e de algum modo contribuíram para o meu percurso académico.

Em primeiro lugar queria agradecer à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, aos docentes e aos colaboradores que me instruíram guiaram e orientaram. Obrigada por toda esta caminhada de aprendizagem.

Não podia deixar de agradecer também à Professora Clárisse Coelho, pelo incansável acompanhamento, esforço e orientação. Pela sua dedicação enorme e por todo o conhecimento que me passou. Sem ela esta dissertação não teria sido possível de concretizar.

Agradecer também à professora Joana Simões, pelo acompanhamento e por toda a dedicação de ensino prestada.

A todos os meus amigos e colegas de faculdade, que me apoiaram e me ajudaram em todas as épocas caóticas de exames e que tornaram, de algum modo, o culminar deste curso possível. Agradecer em especial a amigas como a Ari G, a Fenty e a Rafa que tornaram todas as épocas conturbadas mais interessantes e possíveis de suportar.

A toda a minha família, que me prestou um apoio incondicional e me fez sempre acreditar que era possível. Sem a ajuda deles nada disto teria sido possível.

E por último, queria agradecer a todas as pessoas que passaram por mim durante o meu percurso académico e que me ajudaram a evoluir, me ensinaram e que de alguma forma me marcaram nesta etapa de vida.

RESUMO

A frequência cardíaca (FC) tem sido utilizada para quantificar o custo de transporte (COT) e o poder metabólico (Pmet), definindo o gasto energético (GE) em cavalos utilizados em diferentes disciplinas equestres. As diferenças entre os atletas equinos devem ser bem documentadas para gerenciar adequadamente os programas de treino e nutrição. O objetivo deste estudo foi quantificar e comparar o gasto energético (GE), custo de transporte (COT) e potência metabólica (Pmet) de cavalos de salto e de toureio em testes de simulação. Cinco cavalos Lusitanos de 9,8 anos, com aproximadamente 537,4kg, realizaram um exercício de simulação de tourada (TST), e outros treze cavalos de 11,5 anos, com aproximadamente 563,1kg, realizaram um teste de simulação de salto (TSSO), ambos por ~5 minutos, e após um período de aquecimento de 15 minutos. Durante o exercício todos os animais utilizaram um sistema integrado de monitorização de frequência cardíaca e GPS (Polar M430/H10) e a partir desses dados, GE, COT e Pmet foram calculados através das fórmulas: $GE (J/kg/min) = 0,0566 \times HR^{1,9955}$, $COT = (FC - 35)/kg/m \times 10^3$ e $Pmet = (FC - 35)/min/kg$. Foi feita uma análise descritiva dos dados para comparação entre disciplinas equestres. Para TST foram registados 127,9 bpm para FC, 128,24 J/min para GE, 114,06 bpm/kg/m.10³ para COT e 4.958,66 bpm/kg para Pmet. Os cavalos toureiros atingiram Vmed de 3,8 m/s, FCmed de 99,0±29,2 bpm e FCpico de 150,6±45,6 bpm. Esses resultados foram superiores aos observados durante o TSSO. Neste último foram registados 90,3 bpm para FC, 67,15 J/min para GE, 88,79 bpm/kg/m.10³ para COT e 719,00 bpm/kg para Pmet. Os cavalos de salto atingiram Vmed de 11,6 m/s, FCmed de 85,6±20,9 bpm e FCpico de 109,5±34,4 bpm. A comparação entre o exercício de salto e tourada mostrou que este último é um exercício mais intenso, embora seja realizado com menor velocidade. Além disso, o esforço foi mais intenso devido à busca incessante pelo touro, com constantes e bruscas mudanças de direção.

Palavras-chave: custo de transporte, poder metabólico, frequencímetro cardíaco.

ABSTRACT

Heart rates (HR) have been used to quantify the cost of transport (COT), and metabolic power (Pmet), defining energy expenditure (EE) in horses used in different equestrian sports. Differences between equine athletes must be well documented to properly manage training and nutritional programs. The aim of this study was to quantify and compare energy expenditure (EE), cost of transport (COT) and metabolic power (Pmet) of jumping horses and bullfighting horses in simulation tests. Five 9.8-year-old Lusitano horses, weighing approximately 537.4 kg, executed a bullfighting simulation exercise (BST), and other thirteen 11.5-year-old horses, weighing approximately 563.1 kg, performed a jumping simulation test (JST), both for ~5 minutes, and after a warming period of 15 minutes. During the exercise all animals used an integrated heart rate and GPS monitoring system (Polar M430/H10) and from these data, EE, COT and Pmet were calculated using formulas: $EE \text{ (J/kg/min)} = 0.0566 \times HR^{1.9955}$, $COT = (HR-35)/kg/m \times 10^3$ and $Pmet = (HR-35)/min/kg$. A descriptive data analysis was done for the comparison between equestrian disciplines. For BST it was recorded 127.9 bpm for HR, 128.24 J/min for EE, 114.06 bpm/kg/m. 10^3 for COT and 4,958.66 bpm/kg for Pmet. Bullfighting horses reached Vmed of 3.8 m/s, HRmed of 99.0 ± 29.2 bpm and HRpeak of 150.6 ± 45.6 bpm. These results were higher than those observed during the JST. In this last one, it was recorded 90.3 bpm for HR, 67.15 J/min for EE, 88.79 bpm/kg/m. 10^3 for COT and 719.00 bpm/kg for Pmet. Jumping horses reached Vmed of 11.6 m/s, HRmed of 85.6 ± 20.9 bpm and HRpeak of 109.5 ± 34.4 bpm. Comparison between show jumping exercise and bullfighting showed that the last one is a more intense exercise, although it is performed with a lower speed. Further, effort was more intense due to the relentless search for the bull, with constant and sudden changes in direction.

Keywords: cost of transport, metabolic power, cardiac monitoring.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

FC- Frequência cardíaca;

COT- Custo de transporte;

Pmet- Potência metabólica;

GE- Gasto energético;

TST- Teste de simulação de toureio;

TSSO- Teste de simulação de saltos de obstáculos;

HVTGEVS- Hospital Veterinário Troytown GreyAbbey Equine Veterinary Services;

SAA- Síndrome de Abdómen Agudo;

HVEEA- Hospital Veterinário de Equinos da Escola das Armas;

GPS- *Global position system*;

FR- Frequência respiratória;

ECG- Eletrocardiograma;

VO₂ – Consumo de oxigénio;

VO₂ máx- Capacidade aeróbia máxima;

ATP- Adenosina trifosfato;

O₂ – Oxigénio;

ADP- Adenosina difosfato;

Pcr- Fosfocreatina;

Cr- Creatina;

CK- Creatina quinase;

G-6-P- Glicose-6- fosfato;

F-6-P- Frutose – 6 – fosfato;

F-1,6-BP- Frutose – 1, 6 – bifosfato;

DiH-P- Fosfato de diidroxiacetona;

G1-3-P- Gliceraldeido 3 – fosfato;

1,3 - BPG- 1,3- bifosfoglicerato;

NADH- Nicotinamida adenina dinucleotídeo + Hidrogénio;

H- Hidrogénio;

LDH- Lactato desidrogenase;

AGL- Ácidos gordos livres;

FAD- Flavina adenina dinucleótico;

NAD- Nicotinamida adenina dinucleotídeo;

IMP- Monofosfato de iosina;

FC máx- Frequência cardíaca máxima;

FC pico- Frequência cardíaca pico;

FC med- Frequência cardíaca média;

FC min- Frequência mínima;

VFC- variação da frequência cardíaca;

Bpm- Batimentos por minuto;

FEI- Federação equestre internacional;

TR- Temperatura retal.

ÍNDICE GERAL

I. Descrição da casuística observada durante o período de estágio.....	10
II. Introdução	13
III. Revisão bibliográfica	15
1. Testes de simulação de exercício a campo	15
2. Fisiologia do exercício	17
2.1 Características do equino atleta.....	17
2.2 Produção de energia para o exercício.....	18
2.3 Fibras musculares	20
3. Modalidades desportivas.....	21
3.1 Saltos de obstáculos	21
3.2 Toureio	23
4. Respostas do sistema cardiovascular durante o exercício.....	24
5. Monitorização cardíaca no exercício físico	27
6. Energia	29
6.1 Gasto energético durante o exercício	29
6.2 Custo metabólico de transporte e poder metabólico	30
IV. “Gasto energético de equinos usados em provas simuladas de salto de obstáculos e de toureio”	33
1. Objetivos.....	33
2. Materiais e Métodos	33
2.1 Protocolo experimental: cavalos de saltos de obstaculos (TSSO)	33
2.2 Protocolo experimental: cavalos de toureio (TST)	35
2.3 Avaliação dos atletas.....	37
2.4 Análise estatística.....	38

3	Resultados	39
4	Discussão	39
5.	Conclusão	47
6.	Referencias bibliográficas	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Representação esquemática da casuística observada no Troytown GreyAbbey Equine Veterinary.....	11
Figura 2- Representação esquemática da casuística observada na Escola das Armas...	12
Figura 3 - Teste de Simulação de Saltos de Obstáculos (TSSO). (Figura original de Santos, 2023).....	35
Figura 4- Teste de simulação de toureio (TST).....	37
Figura 5 – Ilustração representativa do delineamento do protocolo de avaliação nos TSSO e TST.....	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros físicos e lactato (médias $\pm$ desvio padrão) dos equinos em teste de simulação de saltos de obstáculos e em teste de simulação de toureio.....	39
Tabela 2. Tabela descritiva dos valores (médias $\pm$ desvio padrão) de frequência cardíaca, gasto de energia (GE), custo de transporte (COT) e poder metabólico (Pmet) em cada andamento (passo, trote e galope) dos equinos em teste de simulação de saltos de obstáculos (TSSO) e em teste de simulação de toureio (TST).....	40
Tabela 3. Valores (médias $\pm$ desvio padrão) de frequência cardíaca (pico e média), frequência cardíaca (pico e média), e velocidade (máxima e média) registados pelo sistema PolarSync dos equinos em teste de simulação de saltos de obstáculos e em teste de simulação de toureio.....	41

I. Descrição da casuística observada durante o período de estágio

Para a realização do estágio de final do curso de medicina veterinária com mestrado integrado, a autora escolheu dois sítios distintos. A primeira etapa de estágio foi realizada em regime de Erasmus, na Irlanda, no Hospital Veterinário Troytown GreyAbbey Equine Veterinary Services, entre os meses de outubro de 2022 e dezembro de 2022, em horários diários que variavam entre as 4h00 – 17h00 e as 08h00 – 20h00, com o acompanhamento das atividades clínicas desenvolvidas do Dr. Etienne O’Brien, médico veterinário cirurgião. A segunda etapa do estágio foi realizada no Hospital Veterinário de equinos da Escola das Armas, em Mafra, entre os meses de dezembro de 2022 e março de 2023, em horário diário das 09h00 – 17h00, com o acompanhamento das atividades clínicas desenvolvidas do Dr. David Couto, capitão e médico veterinário. No total dos 5 meses de estágio realizados pela autora, a mesma esteve em contacto com uma vasta casuística em vários contextos clínicos distintos, encontrando-se dentro destes, consultas de reavaliação, urgências, cirurgias, procedimentos eletivos simples e administração de fármacos.

No Hospital Veterinário Troytown GreyAbbey Equine Veterinary Services (HVTGEVS), prestador de serviços em todo o território irlandês, foi possível contar com métodos de diagnóstico variados, tais como análises clínicas, radiografia, ecografia, cintigrafia, ressonância magnética, passadeira de velocidade e endoscopia. O HVTGEVS era utilizado como referência para diagnóstico e acompanhamento de afeções músculo-esqueléticas de cavalos de desporto, destacando-se a modalidade de corrida. De entre a casuística observada, destacam-se ainda os casos de medicina interna, contanto com um elevado integrante de Síndrome de Abdómen Agudo (SAA) e os casos cirúrgicos, sendo estes maioritariamente integrados por cirurgias ortopédicas.

O HVTGEVS contava com um serviço de urgências de 24 horas, todos os dias do ano disponível.

Durante os dois meses de estágio foi possível assistir a um total de cento e quarenta e seis casos, representados na Figura 1.

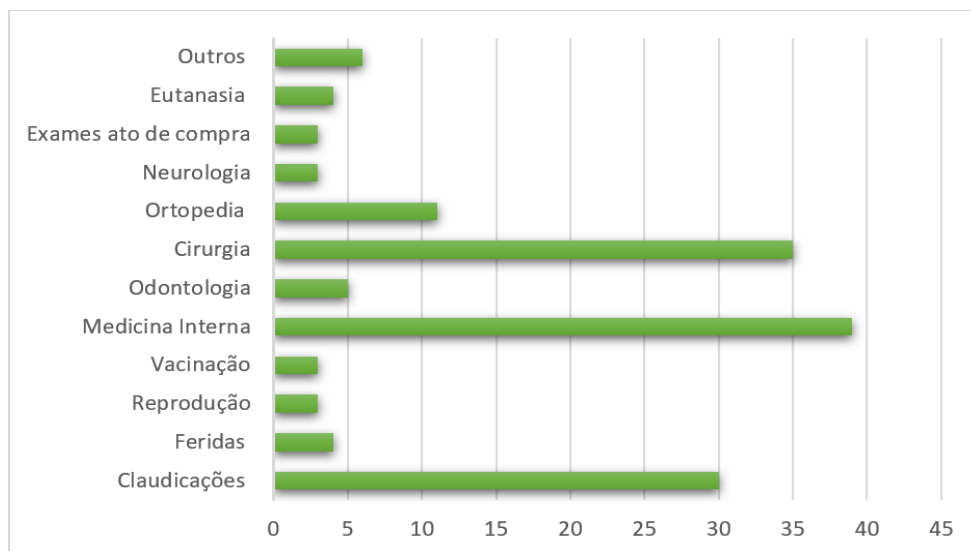


Figura 1. Representação esquemática da casuística observada no HVTGEVS.

A componente de medicina interna constitui a maioria da casuística observada, sendo a mesma composta por cerca de 23 casos de SAA, 5 casos de miopatia atípica, 3 casos de afeções dermatológicas, 7 casos de afeções do trato respiratório e 1 caso de afeção ocular secundária a doença concomitante. A componente de cirurgia também foi observada em larga escala, tratando-se maioritariamente de cirurgias ortopédicas e de tecidos moles eletivas, como artroscopias, desbridamento de cascos e neurectomias. Foram também realizadas cirurgias relacionadas com outras etiologias, como cólicas graves (torções a 360° de colón e ruturas cecais), resolução de fraturas, realização de *Fluap* para limpeza de sinus nasais, castrações, refixação do palato mole e clonagem. Em seguida a área mais abordada foi a de diagnóstico de claudicações, onde foi possível assistir a 30 casos clínicos de etiologias variadas.

No Hospital Veterinário de Equinos da Escola das Armas (HVEEA), prestador de serviços apenas para equinos pertencentes às forças armadas do exército português, foi possível contar com métodos de diagnóstico de análises clínicas, radiografia e ecografia. O HVEEA é utilizado como hospital de referência para diagnósticos de claudicação e para encaminhamento cirúrgico no caso de afeções mais graves. A casuística observada consistiu maioritariamente atos de Vacinação contra o Herpesvírus Equino tipo 1 e 4, *Influenza* e Tétano, casos de Dermatologia, casos de diagnóstico de claudicações e casos clínicos de feridas de etiologias variadas.

Durante os três meses de estágio foi possível assistir a um total de oitenta e dois, representados na Figura 2.

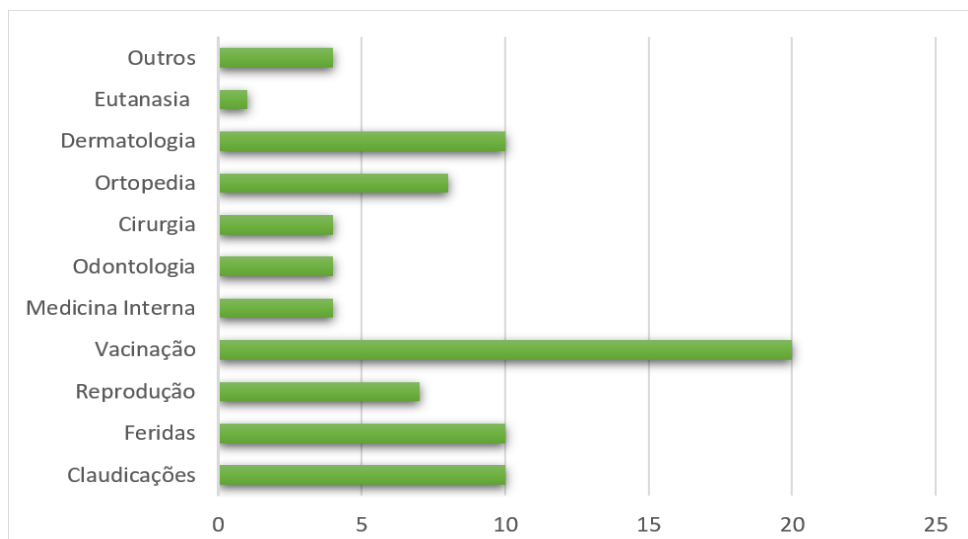


Figura 2. Representação esquemática da casuística observada no HVEEA.

O ato de profilaxia vacinal constitui a maioria da casuística, tendo sido vacinados 20 equinos com a vacina contra o Herpesvírus Equino tipo 1 e 4, *Influenza* e Tétano. A componente de diagnóstico de claudicações, feridas e dermatologia foram abordadas igualmente. As feridas observadas tinham etiologias variadas, como por exemplo etiologias traumáticas, etiologias iatrogénicas e etiologias relacionadas com condições clínicas concomitantes. A componente de dermatologia estava maioritariamente relacionada com doenças fúngicas e com dermatites de contacto causadas pelo feno utilizado nas camas dos equinos. A responsabilidade de administração de fármacos aos cavalos hospitalizados, era inteiramente garantida pela autora, havendo a oportunidade de calculo de doses, preparação da medicação e administração da mesma por via enteral e parenteral.

II. Introdução

Os cavalos são considerados animais com uma brilhante capacidade atlética devido a todas as características anatômicas e fisiológicas que os constituem (Valberg, 2014). A sua capacidade atlética é atualmente explorada em diversos contextos diferentes, ou seja, cada raça equina foi apurada e melhorada em prol de uma modalidade equestre específica (Evans et al., 2008). A vertente da medicina desportiva tem se tornado muito interessante no estudo da fisiologia do exercício, permitindo cada vez mais explorar adaptações fisiologias e morfologias criadas nas diferentes áreas da atividade física (Hodgson, 2014).

O objetivo do presente estudo é analisar o gasto energético e as demandas físicas dos equinos durante a participação em provas simuladas de saltos de obstáculos e de toureio. Ao avaliar os índices relacionados com o gasto energético, a partir de análises de fácil acesso, baixo custo e alta exequibilidade como a frequência cardíaca, podemos obter uma compreensão mais aprofundada dos esforços físicos exigidos aos animais em cada uma dessas disciplinas. O salto de obstáculos é uma modalidade desportiva que requer agilidade, velocidade e habilidades de salto, enquanto a tourada é uma atividade cultural enraizada em tradições antigas, principalmente na Península Ibérica, na qual os equinos desempenham um papel crucial no suporte e na segurança dos toureiros. A avaliação do gasto energético permitirá identificar os níveis de esforço e a intensidade do trabalho realizado pelos equinos em cada contexto. Além disso, poderemos investigar possíveis diferenças nos padrões de gasto energético entre essas duas disciplinas, considerando fatores como duração da atividade, movimentos específicos exigidos, treino prévio e condicionamento físico dos animais.

A pesquisa envolveu a colheita de dados por meio de métodos cientificamente reconhecidos, incluindo monitorização da frequência cardíaca, frequência respiratória, e temperatura retal. Também, com colheita de sangue venoso para medição de parâmetros como o lactato de modo a classificar o exercício praticado como aeróbio ou anaeróbio. Os equinos durante a realização de provas simuladas de saltos de obstáculos e toureio foram monitorizados e todas as informações recolhidas foram comparadas e analisadas estatisticamente para identificar padrões e diferenças significativas entre as duas disciplinas equestres. Os resultados obtidos neste estudo visam contribuir para um melhor entendimento do gasto energético e das demandas físicas específicas enfrentadas por equinos envolvidos em provas simuladas, de modo a fornecer orientações valiosas para

treinadores, veterinários e profissionais envolvidos no cuidado e condicionamento desses animais, com o objetivo de maximizar seu desempenho atlético, bem-estar e saúde geral.

III. Revisão bibliográfica

1. Testes de simulação de exercício a campo

O treino é essencial para as adaptações fisiológicas necessárias de modo a reduzir o risco de lesões num animal atleta (Courouc -Malblanc & Erck-Westergren, 2016). O bem-estar animal é considerado o maior precedente sobre todas as exigências de treino, devendo os equinos apresentarem-se aptos, livres de lesões e em boa condição física aquando da realização de teste de exercício (Mirian & Fernandes, 2011).

Os testes de simulação de exercício têm um papel essencial na avaliação desses programas de treino de equinos (Hinchcliff & Geor, 2008). Estes testes são também utilizados para a avaliação do condicionamento físico, através da análise das respostas corporais dos principais sistemas sob condições padrão de exercício. A medição das funções cardiorrespiratórias e metabólicas durante um teste de simulação de exercício, fornecem informações dos sistemas envolvidos nos processos de produção de energia, permitindo assim a avaliação do desempenho atlético através da estimativa da capacidade anaeróbia (Courouc -Malblanc & Hodgson, 2014).

As condições e os resultados dos testes dependem diretamente da aptidão do equino, devido as modalidades equestres possuírem peculiaridades tanto quanto ao grau de esforço físico, como quanto à velocidade. Independentemente disso, os protocolos devem ser delineados o mais rigorosamente possível, limitando a influência de fatores extrínsecos e a variabilidade de resultados de modo a permitir que os dados recolhidos de cada ensaio possam ser comparados com resultados subsequentes (Kirsch et al., 2022).

Os testes de simulação de exercício podem ser realizados tanto a campo como em passadeiras de esforço, no entanto os testes realizados a campo apresentam vantagens devido à similaridade com o ambiente de competição (Mirian & Fernandes, 2011). Os testes a campo são considerados mais acessíveis na realização pois não   necessário o recurso a equipamentos sofisticados, e toda a padronização do teste está diretamente correlacionada com a pista de treino. A pista de treino usualmente é representativa de ambientes semelhantes aqueles que os cavalos são sujeitos nas provas, estando assim o teste sob influência de vários fatores, como o clima, condições do solo e influência do cavaleiro. Isso, aliado a gama limitada de medições possíveis, podem tornar difíceis a padronização de um teste de exercício (Mirian & Fernandes, 2011).

A padronização dos testes de exercício a campo tem melhorado devido a sofisticação de aparelhos disponíveis como os aparelhos de *global positioning system* (GPS) acoplados a medidores de frequência cardíaca (FC), que permitem a medição contínua da FC e da velocidade ao longo protocolo experimental (Mare et al., 2017); além disso, aparelhos portáteis como os analisadores de lactato facilitam análises (Tijdschrift, 2017). Assim sendo apesar das conturbadas padronizações devido as condições ambientais, transmutações das pistas e limitada recolha de dados para estudo, com o recurso aos equipamentos atualmente disponíveis os testes de exercício a campo apresentam resultados fidedignos, exequíveis e passíveis de serem repetidos (Tijdschrift, 2017). Geralmente, nos testes a campo, as medições da FC, da frequência respiratória (FR) e da concentração de lactato sanguíneo ou plasmático, formam a base de dados necessária à realização de um teste de esforço. Porém, outras variáveis podem também ser mensuradas, incluindo-se assim eletrocardiograma (ECG), consumo de oxigénio (VO_2), endoscopia para investigação de ruídos respiratórios e avaliação da marcha (Courouc -Malblanc & Erck-Westergren, 2016).

Comparativamente, temos os testes de simulação realizados em passadeira. Estes apresentam vantagens devido à possibilidade do controlo do ambiente do teste, da padronização precisa do mesmo, e a possibilidade da colheita de dados em vários tempos diferentes do exercício (Courouc -Malblanc & Erck-Westergren, 2016). Porém, a padronização e o delineamento de um ambiente propício ao teste de exercício, resulta quantitativamente num gasto energético discrepante do espectável em provas reais. As exigências e condições inerentes à utilização da passadeira tornam-se igualmente fortes desvantagens, como por exemplo a necessidade do transporte do equino para instalações, o equipamento sofisticado necessário e o custo elevado do mesmo, o *stress* causado ao equino em todo o processo de transporte e adaptação ao meio, a impossibilidade da similaridade com o meio de competição e a discrepância de resultados (Courouc -Malblanc & Erck-Westergren, 2016).

Um estudo de revisão acerca de testes de exercício descrito por Courouc -Malblanc e Hodgson (2014), desenvolvido em cavalos trotadores franceses, concluiu que os testes de simulação de exercício a campo forneciam uma gama mais limitada de medições comparativamente aos testes realizados em passadeira, porém a similaridade ao ambiente natural do cavalo era uma forte vantagem. Este estudo descreve também que o

uso de testes de exercício a campo apresenta um forte potencial para a avaliação clínica dos cavalos atléticos.

2. Fisiologia do exercício

2.1 Características do equino atleta

As adaptações evolutivas necessárias para o desenvolvimento da espécie equina, resultaram num culminar de particularidades que conferem aos cavalos uma excelente aptidão física. Essa elevada aptidão atlética dos cavalos é atribuída a variadas adaptações fisiológicas, sendo que estas podem ou não ainda ser afetadas pelo treino (Hinchcliff & Geor, 2008).

Os cavalos são considerados atletas excelentes devido a características adquiridas da evolução como presa, sendo estas a velocidade, para escapar aos predadores, e a resistência, para a busca alimentar (Gerard et al., 2014; Hinchcliff, 2014). Com o avançar do tempo e com a intervenção humana, começou a haver a domesticação e a criação seletiva. A criação seletiva contribuiu para o apuramento de características, e para a seleção das mesmas para usos distintos. A criação e seleção de cavalos para propósitos funcionais, originou as diferentes raças conhecidas atualmente (Evans et al., 2008).

A capacidade atlética destes animais resulta de propriedades fisiológicas como alta capacidade aeróbia máxima (VO_{2max}), elevadas reservas intramusculares de energia, em particular de glicogénio, maior capacidade aeróbica do músculo, contração esplénica estratégica para o aumento do transporte de O_2 , andamentos energeticamente eficientes e adaptativos e eficaz capacidade de termorregulação (Gerard et al., 2014).

As elevadas reservas musculares de glicogénio dos cavalos contribuem positivamente para o seu desempenho atlético, uma vez que a degradação do mesmo é essencial para produção de energia utilizada na contração muscular durante o exercício (Lima - Silva et al., 2007). Os cavalos possuem um maior volume mitocondrial intramuscular, o que lhes confere uma maior capacidade oxidativa do músculo. Esta maior capacidade oxidativa acompanhada de um eficiente aporte de O_2 é essencial para a fosforilação aeróbia, contribuindo para o fornecimento de energia por essa via (Gerard et al., 2014). Todas as unidades estruturais musculoesqueléticas destes animais trabalham em perfeita simbiose, proporcionando um trabalho muscular energeticamente eficiente para a correta realização das diferentes marchas (Gerard et al., 2014). Em todos os tipos de esforço físico, é imperativo entender que haverá produção de energia pelas vias aeróbias

e anaeróbias, e que a via predominante depende diretamente da intensidade de exercício e da sua duração (Geelen et al., 2001).

O organismo do cavalo em resposta ao exercício físico estimula a contração esplénica, de modo a aumentar o número de hemácias e de hemoglobina circulante. Este mecanismo fisiológico é responsável pelo aumento rápido, até 50%, da capacidade de transporte de O₂ (Gerard et al., 2014).

Ainda, o cavalo é atualmente considerado um atleta supremo devido à sua elevada capacidade de coordenação neuromuscular, à sua força e à sua resistência (Valberg, 2014). A maioria dos mamíferos é representada por uma percentagem de 40%-45% de massa muscular total do peso corporal, porém o cavalo é representado por uma percentagem de 55%. Além da elevada percentagem de massa muscular, o cavalo apresenta também uma disposição muscular, uma arquitetura das fibras musculares e do tecido conjuntivo dentro dos músculos e uma alta estrutura das fibras musculares altamente especializada (Barrey, 2008).

A termorregulação é assegurada por um conjunto de mecanismos essenciais à homeostasia de um equino atleta. Os mecanismos de termorregulação são fundamentais para contrariar situações de *stress* térmico, ou seja, para evitar que a produção de calor durante o exercício seja superior a dissipação do mesmo. A taxa de dissipação de calor é diretamente proporcional ao gradiente de temperatura entre a pele e as superfícies circundantes e inversamente proporcional à densidade e espessura da pelagem (McClutcheon et al., 2008). O principal meio de dissipação de calor é a evaporação do suor sobre a pele e a evaporação de fluidos do trato respiratório. A perda de calor por condução térmica em superfícies como a cabeça, pescoço e membros na parte distal é mais eficaz, isto devido ao *ratio* entre a área de superfície e a massa (McClutcheon et al., 2008).

2.2 Produção de energia para o exercício

A síntese do ATP é estritamente necessária para o suporte dos requisitos metabólicos celulares durante a contração muscular e é suportada pelo ciclo das pontes cruzadas (interação actina – ATP) e atividade das bombas iónicas e canais de Ca²⁺ (Votion et al., 2007; Geelen et al., 2001). O declínio do desempenho atlético está relacionado geralmente com a incapacidade do músculo esquelético manter a sua potência e velocidade (Valberg, 2014). As fibras musculares podem ser identificadas quanto a sua

taxa de contração e a sua via preferencial de síntese de energia (Junqueira & Carneiro, 2013).

Como vias de obtenção de energia existem duas reações distintas, as que necessitam de O₂, via aeróbia, e as que ocorrem em condições de baixa concentração de O₂, via anaeróbia (Valberg, 2014). A via de produção de energia que será predominante, depende diretamente da duração e intensidade do esforço físico, além do tipo de fibra muscular recrutada. Em exercícios de baixa intensidade e longa duração, a síntese de energia é maioritariamente suportada por processos aeróbios pois há tempo para ocorrer a fosforilação oxidativa da glicose. No entanto, quando há uma maior intensidade de exercício imposta, e uma necessidade de disponibilização imediata de energia, com *ratio* adenosina difosfato (ADP) / adenosina trifosfato (ATP) diminuindo, são ativadas de forma predominante as vias metabólicas anaeróbias (Votion, 2008).

Pela via anaeróbia, existe a produção de energia alática e a láctica. Na primeira, em exercícios de curta duração (segundos), a produção de energia começa no processo de transferência de fosfato de alta energia, que consiste na doação de grupos fosfato à ADP. A fosfocreatina (PCr) funciona como um reservatório de fosfato de alta energia no músculo, visando aceder às necessidades de ATP quando estas aumentam de forma brusca (Ferreira, 2013). Assim sendo, havendo um aumento na necessidade de ATP, a creatina (Cr) doa um grupo fosfato para a ADP e há a formação do ATP. A enzima responsável pelo processo de transferência do grupo fosfato é a creatina quinase (CK) (Ferreira, 2013). O ATP gerado através do processo de transferência de fosfato de alta energia, acontece em músculos ativos em esforço extremo, no entanto apenas pode proporcionar energia para os músculos por aproximadamente 3-12seg (Ferreira, 2013).

A glicólise anaeróbia representa uma via de produção de energia láctica. Esta inicia-se no citoplasma e consiste na quebra da molécula de glicose de 6 carbonos, em duas moléculas de piruvato de 3 carbonos. Para ocorrer o processo de glicólise é necessária a glicose – 6 – fosfato (G-6-P), posteriormente convertida em frutose - 6 – fosfato (F-6-P) e fosforilada em frutose – 1, 6 – bifosfato (F-1,6-BP) (Rivero & Piercy, 2014). A F – 1,6 – BP é então dividida para produzir duas moléculas de 3 carbonos, o fosfato de diidroxiacetona (DiH-P), que é posteriormente isomerada numa segunda molécula de G1-3-P, e o gliceraldeído 3 – fosfato (G1-3-P). Após esta etapa dá-se como concluída a fase de lise da glicólise. Cada molécula de G1-3-P é oxidada e fosforilada e forma 1,3- bifosfoglicerato (1,3- BPG). A energia é libertada à medida que duas

moléculas de 1,3- BPG são convertidas em duas moléculas de piruvato. Em resultado da lise de uma molécula de glicose há a formação de piruvato, 2 moléculas de ATP, 2 moléculas de Nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD) + Hidrogénio (H) (NADH), água e iões de hidrogénio. Em baixas concentrações de O₂, as moléculas de piruvato resultantes são transformadas em lactato (Votion et al., 2007) por ação da enzima lactato desidrogenase (LDH) (Geelen et al., 2001). A glicólise anaeróbica é eficiente em termos cinéticos, mas não se mostra eficiente em termos de síntese de ATP (Votion et al., 2007).

Na glicólise aeróbia, o piruvato no citoplasma, resultante da degradação do esqueleto de carbono da glicólise, é transportado para a mitocôndria e sofre um processo de descarboxilação oxidativa formando a Acetil – coenzima A. O metabolismo oxidativo é altamente eficiente em termos de produção de energia, mas não tao eficiente em termos de cinética (Geelen et al., 2001). Com a degradação completa da molécula de glicose são formadas 36 moléculas de ATP (Gerard et al., 2014).

Por fim, existe a possibilidade de produção de energia a partir da oxidação de gorduras. Os ácidos gordos livres (AGL) das lipoproteínas circulantes de densidade baixa ou dos triglicéridos armazenados no músculo entram livremente na matriz mitocondrial e formam Acil – coenzima A. Os AGL de cadeia longa são estratificados como Acil – coenzima A e depois como acilcarnitina, antes de atravessarem as membranas mitocondriais. A β - oxidação inicia-se com a oxidação do Acil – coA e culmina na formação de Acetil – coA, e simultaneamente na redução de uma flavina adenina dinucleótico (FAD) e de uma nicotinamida adenina dinucleótico (NAD). Os metabolitos resultantes da glicólise e da β - oxidação dos ácidos gordos, entram no ciclo de krebs na forma de Acetil – coA. Neste processo mitocondrial estão envolvidas várias etapas de oxidação que resultam na formação de 12 moléculas de ATP (Gerard et al., 2014). É possível obter um rendimento de 146 moléculas de ATP através de reações sequenciais à glicólise, como a mobilização de ácidos gordos e a β - oxidação (Gerard et al., 2014).

2.3 Fibras musculares

As fibras musculares conhecidas, são divididas em fibras de contração lenta (tipo I) e em fibras de contração rápida (tipo II) (Junqueira & Carneiro., 2013).

As fibras tipo I, são assinaladas por serem mais finas, ricas em capilares sanguíneos, mioglobina e mitocôndrias e são dotadas de uma baixa capacidade glicolítica

e consequentemente uma insuficiente síntese de ATP de forma rápida, gerando energia predominantemente através de metabolismo aeróbio, sendo assim menos suscetíveis à fadiga (Valberg, 2014). Este tipo de fibras musculares predomina nas contrações musculares contínuas e lentas, com maior interesse nos cavalos de resistência.

As fibras musculares tipo II, são fibras mais espessas, contêm um retículo plasmático mais robusto e não utilizam o metabolismo aeróbio como via preferencial na síntese de ATP. Este tipo de fibras é recrutado para movimentos rápidos e bruscos, caracterizados como movimentos de explosão, predominantes em modalidades como os saltos de obstáculos e corrida (Junqueira & Carneiro, 2013). Dentro das fibras musculares de contração rápida existem, as IIX ditas as verdadeiras fibras de contração rápida, as IIA que podem ser consideradas um terceiro tipo de fibras musculares devido às suas características intermediárias e as IIB. As fibras IIA apresentam-se como as fibras de contração rápida mais aptas para manter um exercício de intensidade máxima durante mais tempo, enquanto as IIX atuam maioritariamente em exercícios de intensidade elevada e curta duração (Rivero & Piercy, 2008).

No exercício de alta intensidade a principal fonte de síntese de ATP é a glicólise anaeróbia, porém consequentemente é gerado o lactato. Inicialmente este é removido da célula muscular e transportado ativamente para o sangue, porém há o esgotamento deste mecanismo quando é atingida uma concentração de lactato plasmático de 4mmol/l, denominando-se de limiar anaeróbio (Ronéus et al., 1999). Durante o exercício intenso, a produção excessiva de ácido láctico ocorre em associação com a fadiga. A diminuição do pH citoplasmático que resulta na alteração do metabolismo das células musculares, induz uma disfunção no retículo sarcoplasmático e consequente diminuição da produção de ATP (Valberg, 2014). Altos níveis de lactato, amônia e IMP, e baixos níveis de ATP são observados após o exercício físico intenso no músculo. Assim sendo, no exercício máximo de alta intensidade a fadiga está fortemente relacionada com os baixos valores de pH e as consequentes baixas concentrações de ATP (Rivero & Piercy, 2008).

3. Modalidades desportivas

3.1 Saltos de obstáculos

As primeiras competições de saltos de obstáculos foram oficializadas em 1864 pela sociedade real de Dublin. Este desporto estreou-se como modalidade olímpica em 1912 (Van Weerwn, 2014), atualmente pertencendo às três modalidades equestres

olímpicas praticadas mundialmente. Na modalidade de saltos de obstáculos são utilizadas diversas raças, tais como o *Dutch Warmblood*, *Westphalian*, *Selle Français* e *Oldenburg*. A seleção e especialização dos animais é diretamente proporcional à conformação dos mesmos, ou seja, quanto mais as características da raça se assemelharem ao desejado mais aptidão atlética o animal terá. Para um atleta de saltos de obstáculos as características mais promissoras devem garantir uma boa impulsão de saltos, um bom equilíbrio e uma boa qualidade da marcha. Características como um baixo *ratio* entre o perímetro torácico e a altura ao garrote, um pescoço longo, um maior comprimento da pélvis, uma maior inclinação frontal do fêmur e um menor comprimento das costas, são as mais desejadas nesta modalidade (Van Weeren, 2014).

Nesta disciplina as componentes da velocidade, destreza do salto, agilidade e equilíbrio são indispensáveis para garantir uma boa performance na passagem dos obstáculos sem derrubar as varas. O trote, galope e a passada de salto são os andamentos que caracterizam uma prova de saltos de obstáculos, sendo a passada de salto a fase de suspensão entra a descolagem e o impacto de aterragem, ou seja, o tempo que o cavalo se encontra em suspensão sobre o obstáculo. Nas competições da modalidade de saltos de obstáculos o objetivo principal centrasse na realização da prova no menor tempo possível, sem derrubar nenhuma vara (Soares et al., 2016).

Para uma eficiente sobreposição dos obstáculos existem três fases de andamento, antes e após a passagem do mesmo. O andamento que antecede a sobreposição do obstáculo é caracterizado como passadas de aproximação, culminando num movimento ascendente após apoio dos membros posteriores e impulso para o salto. Posteriormente, a passada de salto caracterizada pelo apoio dos membros anteriores após suspensão para restabelecimento do equilíbrio na aterragem e por fim, a passada de afastamento. (Van Weeren, 2014).

O treino específico para as modalidades equestres normalmente é iniciado aos 3 anos de idade, podendo ou não ser antecedido por um treino precoce. Santamaría et al. (2005) descreveram que o início de um treino precoce na modalidade de saltos de obstáculos, em poldros de 6 meses, pode apresentar benefícios no melhoramento da força e da resistência dos tecidos musculo esqueléticos, mas revela-se inútil a longo prazo na capacidade de sobreposição de obstáculos. O treino específico para os cavalos da modalidade de saltos de obstáculos, consiste na realização de exercícios periódicos, que

promovem o ajuste e as mudanças estruturais, funcionais e comportamentais desejadas para as competições (Fazio et al., 2014). O sucesso e eficácia do treino dependem da utilização dos estímulos adequados, sendo estes orientados por três variáveis distintas: intensidade, duração e frequência (Fazio et al., 2014).

A fase inicial de treino desta modalidade é semelhante ao treino básico exercido para outras modalidades equestres, consistindo apenas em trabalho de equitação em piso plano. Após alguns meses de treino básico, há a introdução dos obstáculos. O treino de abordagem ao salto é gradual, ou seja, consoante a progressão de treino são impostas velocidades diferentes, obstáculos de diferentes tamanhos e conformações e diferentes ângulos de abordagem ao salto (Soares et al., 2016).

3.2 Toureio

O espetáculo cultural intitulado de Tourada surgiu no século XIII na cidade de Ronda na Andaluzia. Este espetáculo inicialmente tinha apenas uma finalidade de entretenimento para os nobres de Ronda, com o costume de matar touros selvagens a cavalo. Posteriormente no século XVIII, as touradas foram regulamentadas e estabeleceu-se um ritual moderno de toureio (Zulietti, 2012). As touradas passaram a ser então uma disputa entre o touro bravo, criado e preparado para contextos de lide, entre o toureiro a pé, com um objeto de cor forte como uma capa vermelha para distração do touro, ou/e o toureiro a cavalo, com o objetivo da cravação das bandarilhas. A lide taurina nesta altura começou a ter uma simbologia de bravura, força e fertilidade (Zulietti, 2012).

Zulietti (2012), descreve que as primeiras touradas oficialmente realizadas eram divididas em quatro partes. A primeira parte consistia na perseguição e distração do touro pelo toureiro a pé com a capa, e tinha a finalidade de fixar o touro, captar a sua atenção e despertar o sentido de perseguição. A segunda parte era denominada de sorte de varas, realizada pelos toureiros a cavalo e consistia no massacre do touro através de picadas consecutivas com um objeto pontiagudo. Esta etapa da tourada era importante para ferir certas estruturas anatómicas e o touro não ter a capacidade de levantar a cabeça na 3ª parte. A terceira parte era realizada pelos bandarilheiros, toureiros a cavalo, que dominavam e lidavam o touro de modo a dar espetáculo com a cravação das bandarilhas enfeitadas. A quarta e última parte consistia na morte do touro. Com o evoluir do tempo a tradição inicial de tourada transformou-se em 4 tipos de touradas distintas. Isto é, um espetáculo que incluía a lide a pé, a lide a cavalo e a morte do touro evoluiu para quatro

tipos de espetáculos diferentes, cada um centrado num modo de lide específico. A corrida de touros à portuguesa, composta por toureiros a cavalo e forcados, a corrida de matadores, composta apenas por toureiros a pé matadores, a corrida de touros mista, composta por toureiros a cavalo, toureiros a pé matadores e forcados, e as novilhadas, caracterizadas por lides de toureiros a cavalo praticantes.

Nas touradas a cavalo, a grande estrela do espetáculo é precisamente o cavalo, este deve ser dotado de uma bravura notável de modo a enfrentar o touro sem receios e concretizar uma lide como descreve a tradição. A raça de cavalos mais utilizada no toureio é a raça Lusitano, devido as suas características de concentração, coragem e docilidade (Valera et al., 2000). Fisicamente são cavalos robustos e grandiosos, com um perfil de musculatura evidente, principalmente na zona do peitoral e garupa. É importante que os cavalos de toureio sejam robustos, porém ao mesmo tempo ágeis (Vicente et al., 2013).

O toureio não tem uma linha de treino progressivo como as outras modalidades equestres. O cavalo tem a liberdade de se esquivar da frente do touro da forma que ele entender ser melhor e mais confortável para ele, não havendo uma forma certa ou errada de o fazer. A grande importância do treino dos cavalos de toureio, é a relação cavaleiro – cavalo, o cavalo tem de ter mais respeito ao cavaleiro do que medo do touro, ou seja, ele tem de obedecer as ordens que o cavaleiro lhe dá sem que o medo do touro o condicione. Em suma, o grande objetivo do treino tauromático é garantir que o cavalo consegue lidar o touro, e por isto entende-se que o cavalo tem de adquirir a capacidade de movimentar o touro pela praça, tendo por base os princípios tauromáticos. Sendo estes, a investida em direção ao touro denominado de sorte, e a orientação do touro em direção à espadua do cavalo para posteriormente se realizar o movimento de desvio de direção e o cavaleiro cravar a bandarilha (Vicente et al., 2013).

4. Respostas do sistema cardiovascular durante o exercício

De entre os parâmetros considerados para a avaliação do desempenho atlético em cavalos, as respostas cardiovasculares são as mais estudadas por representarem bons indicadores de condicionamento físico e de esforço (Fripiat et al., 2021).

A FC é um dos parâmetros mais utilizados na monitorização dos efeitos do exercício e do treino. Apesar de ser influenciada por distúrbios respiratórios ou *stress*, é um dos mais valiosos marcadores de desempenho em cavalos (Fripiat et al., 2021). As suas oscilações variam com características individuais, estado nutricional, atividade física

dos animais, e diversos outros como clima, presença de pessoas, topografia, etc (Coelho et al., 2019; Lindner et al., 2020). Os valores basais de FC dos equinos estão compreendidos entre valores de 25 – 40 bpm (Hines, 2018). A FC em repouso pode diminuir por influência do treino, porém não foi confirmado, diferente do que se observa em humanos (Coelho et al., 2019).

Com o exercício, há um aumento repentino da FC, numa relação linear com a velocidade do esforço (Evans, 2000), seguido de uma estabilização após 2 - 3 minutos do início da atividade, dependendo da intensidade (Evans, 2008; Coelho et al., 2019). A partir de um determinado ponto, mesmo com o aumento da velocidade /intensidade, a FC não aumenta mais, atingindo, portanto, a FC_{máx}, que é de aproximadamente 215bpm em cavalos de corrida (Grawkow & Evans, 2006), com intervalo aeróbio representado por uma FC de 150-170bpm e o anaeróbio superior a 170 – 180 bpm (Manso Filho et al., 2012). Em cavalos da raça Árabe trabalhados em passada sob intensidade crescente, foi registrado FC_{max} de 219 bpm (Ferraz et al., 2009).

As FC_{med} registradas ao longo dos programas de treino tendem a serem menores após um determinado período, porém a FC_{máx} não se altera. Cavalos que apresentarem melhor condicionamento físico em resposta à prática regular de exercício, apresentarão maior velocidade na qual atingem essa FC_{máx} (Alonso et al., 2013). Dessa forma, pesquisas atuais usam o termo FC de pico (ou FC_{pico}) que reflete o valor máximo da resposta da FC frente a um desafio específico (Santos et al., 2005).

A recuperação da FC nos primeiros 5 minutos após o esforço físico, é um útil indicador do condicionamento físico (Coelho et al., 2019). Quanto mais rápida é a recuperação da FC, ou seja, quanto mais rapidamente forem restabelecidos os valores basais, maior o condicionamento físico do animal (Kang et al., 2017). O restabelecimento de uma frequência cardíaca de até 60 bpm após 30 min de exercício, é essencial para a prevenção de complicações clínicas como desidratação ou miopatias (Hodgson, 2014; Kang et al., 2017). Nas provas oficiais da FEI o primeiro parâmetro a ser examinado e registrado na inspeção do cavalo é a FC. Esta é considerada um critério essencial a ser avaliado com precisão de modo a identificar o nível de recuperação do cavalo e a sua aptidão. Segundo a Federação Equestre Internacional (FEI) (2023), para todos os eventos independentemente do nível de competição, os cavalos devem apresentar uma avaliação da frequência cardíaca não superior a 64 bpm, no prazo de 15 min após cruzar a linha

final de cada etapa, e uma FC não superior a 64 bpm dentro de 20 min após cruzar a linha da etapa final. O regulamento da FEI (2023), descreve também que cavalos com FC superiores aos parâmetros definidos como FC máxima não serão autorizados a continuar a competição, sendo reprovados e desqualificados. A monitorização em pontos estratégicos dos troços das provas, funciona como um poderoso controlo do condicionamento físico do equino, permitindo não só identificar anomalias metabólicas como também evitar lesões consequentes visando o bem-estar animal. Em provas de endurance, as inspeções veterinárias são feitas e a aprovação dos cavalos só acontece se atingirem valores de FC de 64 bpm dentro de 20 min da chegada após 80km; assim, para o sucesso nos eventos, essa rápida recuperação é crucial (Lindner et al., 2020). Entretanto, esses mesmos autores mostraram que os valores fixos preconizados não permitiriam uma concorrência leal nas provas, recomendando, assim, o estabelecimento de testes de recuperação cardíaca a partir da FC basal de cada cavalo.

Dentre os efeitos crônicos do exercício, ou seja, em resposta à sobrecarga de trabalho imposta pelo treino físico dinâmico e resistido, destaca-se a hipertrofia cardíaca (Navas de Solis, 2018), que promove melhora da função cardíaca, com aumento do volume sistólico (VS) e da força de contração. Geralmente, o exercício submáximo leva ao aumento do débito cardíaco, que representa o produto entre a FC e o VS (Evans, 2008). Com a eficiência do programa de condicionamento físico, é necessário um menor número de batimentos cardíacos por minuto, visto que a força de contração aumentou e com isso, a capacidade de ejetar o volume necessário de sangue com menos esforço cardíaco para manter o débito cardíaco (Amadeu, 2011). Estes parâmetros estão diretamente correlacionados com o VO_2 máx, essencial para a determinação da capacidade atlética aeróbia do cavalo. Tais valores oscilam de 0,4 – 0,8 mL/kg/min a 180- 400 mL/kg/min e um treino eficiente pode levar a um aumento de 10 – 20 % do VO_2 máx (Hodgson, 2014).

A VO_2 max é um indicador individual de capacidade atlética aeróbia. Existe uma relação entre a velocidade de corrida, FC e consumo de O_2 linear até se atingir a VO_2 max (Walker et al., 2010). Existem duas variáveis comumente usadas para descrever a relação entre a FC e V que são, V140 e V200 com uma forte correlação entre a V200 (velocidade na qual a FC atinge 200 bpm) com a VO_2 max. Tais índices são rotineiramente usados para avaliar performance e efeitos agudos e crônicos do exercício físico.

Em cavalos de corrida, a VO_2max pode chegar a $>150\text{mL/kg/min}$. Assume-se que ela reflita o gasto energético total durante exercícios de intensidade submáxima; entretanto, em exercícios de alta intensidade, as vias anaeróbias são ativadas (lática e alática) e passam a representar uma grande proporção do total da energia necessária, chegando a suprir 21,3-30% dos requerimentos energéticos. O metabolismo energético anaeróbio não pode ser estimado, diferente do aeróbio com a medição de VO_2 através de testes ergométricos na passadeira (Bond et al., 2019).

5. Monitorização cardíaca no exercício físico

A mensuração da FC pode ser facilmente realizada durante o exercício e traz importantes informações relacionadas com a intensidade da carga de trabalho, condicionamento físico do animal e sobre o sistema cardiovascular (Evans, 2000; Ferraz et al., 2009). Ainda, tais informações permitem ajustes rápidos relacionados não só aos programas de treino, mas também aos protocolos de nutrição, melhorando o bem-estar dos equinos atletas (Coelho et al., 2019). Pode ser feito usando aparelhos portáteis de eletrocardiografia, e frequencímetros /monitores cardíacos, com os últimos sendo mais viáveis por serem de baixo custo e mais confortáveis para o animal (Hunka et al., 2017; Ille et al., 2014).

Em cavalos, os frequencímetros cardíacos demonstraram-se eficazes e fiáveis no registo de FC em repouso e durante o exercício, porém no que diz respeito à avaliação da variação da FC (VFC) estes até à data ainda não obtiveram uma validação (Ille et al., 2014). É descrito que como os cavalos têm uma FC mais baixa do que a maioria das restantes espécies, independentemente do sistema de registo, um tempo de registo mais longo pode beneficiar uma correta análise da FC e estima da VFC (Ille et al., 2014).

Pesquisas prévias associaram os dados registados no sistema dos frequencímetros cardíacos com as determinações sanguíneas de lactato, permitindo classificar o esforço em predominantemente aeróbio (150-170 bpm) ou anaeróbio (170-190 bpm; 75-80% da FC_{max}) (Manso Filho et al., 2012).

Ferraz et al. (2009) estudaram as alterações de FC e variáveis hematológicas em equinos Puro Sangue Árabe submetidos a exercício intenso em passadeira sob condições tropicais. No referido protocolo, usou um frequencímetro cardíaco digital na fase de aquecimento, exercício e desaquecimento, registando resultados satisfatórios para a avaliação dos atletas. Ressaltaram a importância na interpretação dos dados, visto que o efeito antecipatório do exercício já promove alterações na FC prévia ao esforço físico.

A mesma tecnologia pode ainda ser usada a campo, o que permite uma avaliação mais precisa da progressão dos treinos no preparo adequado de atletas das diferentes modalidades desportivas (Coelho et al., 2019; Williams et al. 2019; Neshitov et al., 2023).

No caso da modalidade de saltos de obstáculos, normalmente são percorridas distâncias de 3200m – 7200m e os cavalos usam uma combinação de vias de energia aeróbias e anaeróbias para sustentar o desempenho durante a corrida (Williams et al., 2019). A mensuração da FC é importante para avaliar a utilização eficaz do O₂, sendo que esta se encontra intimamente correlacionada com a capacidade aeróbica de obtenção de energia. Williams et al. (2017) descreveram que os cavalos de corrida apresentam uma maior capacidade metabólica aeróbia e como tal, possuem uma potencial vantagem de desempenho sobre os cavalos de saltos de obstáculos, sendo estes mais suscetíveis a estados metabólicos de fadiga causados pelos momentos de explosão necessários para os saltos.

O treino e avaliação da aptidão, são meios eficazes de controlo da preparação física dos equinos para as demandas fisiológicas impostas pelas diferentes modalidades equestres. Conforme descrito no tópico anterior, seria importante nos exercícios de intensidade submáxima, em que há predominância do metabolismo aeróbio, quantificar a energia consumida, visando ajustar protocolos de treino e nutrição de forma individualizada para aprimorar performance e garantir o uso apropriado dos cavalos atletas. O mesmo em relação aos exercícios de explosão, em que há a participação do metabolismo anaeróbio, cuja mensuração seria calculada a partir do equivalente energético do acúmulo de lactato no sangue (Bond et al., 2019).

Entretanto, para estimar o VO₂max seria necessário testes ergométricos e passadeiras que encarecem o processo. Devido a correlação entre FC, consumo de O₂ e gasto energético (Manso Filho et al., 2012).

Estudos avaliaram o uso de monitores cardíacos e fórmulas específicas para calcular a capacidade aeróbia e estimar a capacidade anaeróbia, prevendo o gasto energético envolvido no exercício físico de equinos (Bond et al., 2019).

Dentre esses trabalhos, é possível destacar o de Manso Filho et al. (2012) caracterizando a FC e o nível de esforço físico de cavalos atletas de três modalidades desportivas (cavalgada, vaquejada e marcha) e de Coelho et al. (2021), estudando a FC e gasto energético de equinos usados na prática da vaquejada. Detalhes dessas investigações serão descritas no tópico de energia.

6. Energia

6.1 Gasto energético durante o exercício

O gasto energético (GE) é o termo representativo da quantidade de energia necessária para o cavalo realizar a tarefa em causa, dependendo diretamente da massa do animal, do rendimento e da eficácia do movimento (Lourenzon et al., 2017). A estimativa do GE é importante para o aperfeiçoamento da nutrição e da intensidade de treino imposta ao cavalo. O GE total resulta da soma de três metabolismos distintos, o GE em repouso, o GE em atividade física e o GE da digestão (Garcia et al., 2020)

A quantificação direta do GE é feita através da medição direta da VO_2 após esforço, no entanto o método mais utilizado devido a sua praticidade e simplicidade é a mensuração da FC através de monitores, conforme citado anteriormente. A medição da FC é um método não invasivo que permite calcular o consumo de O_2 e posteriormente estimar o GE (Manso Filho et al., 2012). Tendo em conta a relação linear entre a VO_2 , FC, velocidade e esforço submáximo, Piccione et al. (2013) afirmaram que a mensuração da FC tem sido o método utilizado mais fiável para a determinação de uma estimativa do GE durante os testes de simulação realizados a campo. Em condições de campo a estimativa do GE inclui sempre condicionantes como o peso do cavaleiro e o nível de condicionamento físico do animal.

A utilização da FC para o cálculo do consumo de O_2 na quantificação do GE deve considerar variáveis como a cinética cardíaca em função da carga, o tempo de exercício e da intensidade do mesmo, usando os registos feitos durante o período de atividade física. A medição da FC após esforço irá traduzir simultaneamente metabolismos aeróbios, anaeróbios e mecanismos de retorno à homeostasia corporal, logo este tipo de mensuração apenas serviria para efeitos comparativos entre modalidades distintas, e não na caracterização bioenergética de um exercício isolado (Reis, 2011).

O exercício físico contribui diretamente para o aumento do gasto energético (GE) total, tanto na forma aguda como na forma crónica. A forma aguda é referente ao GE despendido durante a atividade física em si e durante a fase de recuperação que se sucede, enquanto a forma crónica refere-se às alterações induzidas à taxa metabólica em repouso (Foureaux et al., 2006).

Trabalhos publicados como o de Hunka et al. (2017) permitem correlacionar a FC de cavalos atletas em condições de campo durante diferentes fases do esforço físico, com o GE despendido na realização do exercício. Este estudo incorporou a avaliação de parâmetros como tempo, velocidade e FC em cavalos num teste de simulação de vaquejada. Com base nos resultados obtidos neste estudo, Hunka et al. (2017) afirmam que, sob condições semelhantes de velocidade e duração, ambos os grupos de cavalos apresentaram diferentes valores de FC_{máx}, FC_{med} e FC_{min}. Descreve ainda que os cavalos puxadores (responsáveis em deslocar o boi durante a prova) apresentam valores de GE superiores, o que significa que estes realizam um trabalho mais intenso comparativamente aos cavalos esteira (responsáveis em alinhar o boi para os puxadores agirem).

6.2 Custo metabólico de transporte e poder metabólico

O custo energético total de transporte (COT), é uma constante dependente da unidade de distância, inversamente proporcional ao peso e totalmente independente da velocidade (Piccione et al., 2013). É definido como o custo metabólico que o cavalo despende por uma unidade de peso em determinada unidade de distância e é útil para entender a eficiência biomecânica durante a locomoção. A força muscular gerada que serve de suporte ao peso corporal durante a fase de apoio dos membros na locomoção, e o tempo de aplicação dessa força, são as grandes variáveis para a estimativa do COT (Piccione et al., 2013).

O poder metabólico (Pmet) é uma constante da locomoção, e esta intimamente correlacionada com a taxa de produção de força, ou seja, com o tempo de apoio dos membros (Piccione et al., 2013). Ambas as constantes dependem de variáveis distintas, o COT da unidade de distância percorrida e o Pmet do peso total, porém são igualmente afetadas pela carga de trabalho imposta nos testes de simulação a campo.

A monitorização da FC é determinante para a estimativa do COT e do Pmet, ambos apresentam uma relação com a mesma e a sua estimativa permite a obtenção de informações adicionais sobre a intensidade do trabalho realizado, sobre o desempenho e sobre o GE em diferentes andamentos em disciplinas distintas (Foureaux et al., 2006).

As características dos diferentes tipos de andamentos influenciam a exigência da demanda energética numa determinada atividade física, devido ao recrutamento de

diferentes grupos musculares em diferentes intensidades e consequentemente o nível de contração muscular e consumo de O_2 . As características físicas individuais de cada cavalo também atuam como condicionantes, características como peso corporal e comprimento dos membros afetam a eficiência mecânica muscular e a exigência metabólica necessária para o transporte do animal numa determinada distância a uma determinada velocidade (Foureaux et al., 2006). Em desportos equestres em que os andamentos trote e galope sejam predominantes o COT usualmente apresenta valores mais baixos, em comparação na modalidade de saltos de obstáculos que apresenta valores significativamente mais elevados. Tal comparação pode ser explicada pelo tipo de exercício em si, ou seja, durante o impulso do salto o centro de massa altera e há uma variação na direção que exige mais força do que ao trotar ou galopar. Cavalos de saltos apresentam assim uma maior exigência metabólica devido à necessidade de movimentação dos membros em torno do centro de massa e ao trabalho muscular necessário para vencer a força da gravidade (Piccione et al., 2013).

Em relação ao Pmet, a eficiência prevista na locomoção em diferentes marchas, calculada a partir do GE necessário na realização do movimento dos membros e do tronco, do movimento do cavalo em si e na produção de energia muscular, mostram resultados mais elevados na marcha de galope (Hunka et al., 2017). O Pmet aumenta linearmente com a velocidade, ou seja, quando mais impulsão de movimento o desporto exigir maiores serão os valores de Pmet.

Tanto o COT como o Pmet são valores estimados que vão sempre deferir consoante a disciplina, e mostram-se uteis na avaliação do desempenho atlético do animal. Estes permitem calcular a carga de trabalho imposta ao cavalo expressa em custo líquido estimado de transporte e poder metabólico necessário para o transporte da massa do animal numa determinada distância (Piccione et al., 2013).

Piccione et al. (2013) publicou um estudo que descreve as diferentes FC, COT e Pmet durante diferentes exercícios, sob exigências metabólicas distintas. O estudo referido contou com a avaliação de 25 cavalos, divididos em 5 grupos distintos e submetidos a diferentes exercícios. As principais variáveis impostas nos diferentes grupos, eram a velocidade o tempo de exercício, a distância percorrida e o andamento. Com base nos resultados obtidos, os autores afirmaram que os cavalos de saltos necessitam de uma maior demanda de energia expressando maiores valores de COT,

principalmente no momento do salto em que deve transpor o peso contra a gravidade, e que os cavalos trotadores e galopadores necessitam de uma maior força de tração expressando maiores valores de Pmet.

Em estudo mais recente com cavalos da raça Lusitano em início de vida desportiva na modalidade de dressage, foram usadas as informações de FC, GE, COT e Pmet para avaliar a resposta frente a um programa de treino físico (Coelho et al., 2021). O sucesso do treino foi confirmado através de biomarcadores e através da redução do gasto de energia após 6 semanas de treino.

IV. “Gasto energético de equinos usados em provas simuladas de salto de obstáculos e de toureio”

O presente estudo teve aprovação da Comissão de Ética e Bem Estar Animal (CEBEA) da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, sendo registado sob o parecer 108-2021 (aprovado em 18/11/2021; cavalos de salto de obstáculos) e 32-2022 (aprovado em 06/01/2023; cavalos de provas de toureio). Todo este protocolo experimental seguiu as regras de bem-estar animal descritas por Coelho et al. (2018).

Este trabalho foi aprovado, sob o formato de póster no 17º Congresso da Associação Mundial de Médicos Veterinários de Equinos (WEVA) no Chile, 2023.

1. Objetivos

Os objetivos do estudo são:

- a) Quantificar e comparar o gasto energético (GE), o custo de transporte (COT) e o poder metabólico (Pmet) de cavalos submetidos a testes de simulação a campo de provas de saltos de obstáculos e provas de toureio.
- b) Demonstrar a eficiência do uso de frequencímetros cardíacos na determinação de índices de gasto energético de equinos atletas, usados nas supracitadas disciplinas desportivas equestres.

A hipótese do trabalho é demonstrar que o salto de obstáculos e o toureio são disciplinas equestres com diferentes gastos metabólicos e, por isso, requerem um plano de treino e nutricional diferenciados. Ainda, que tais informações podem ser obtidas a partir do simples uso de monitores cardíacos, tornando o processo acessível a veterinários e treinadores.

2. Materiais e Métodos

2.1 Protocolo experimental: cavalos de saltos de obstáculos (TSSO)

Este protocolo foi realizado na Escola das Armas, em Mafra, Portugal (N 38° 56' 12.8862", 14 W 9° 19' 39.5292") no mês de janeiro de 2020 e teve início no período da manhã às 7h00. O estudo foi realizado sob uma temperatura média de 6° C e uma humidade relativa de 73%.

2.1.1 Caracterização da população

A amostra de cavalos em estudo foi composta por 13 equinos, maioritariamente de raça português de desporto, com idades compreendidas entre os 6 e os 17 anos e com um peso estimado de $563,1 \pm 40,3$ Kg. A população escolhida para o estudo foi composta por uma amostra não aleatória, contendo equinos de diferentes idades, sexos e raças.

Os equinos foram sujeitos a exames clínicos prévios e considerados clinicamente saudáveis, sem quaisquer sinais indicativos de dor ou desconforto. Todos encontravam-se albergados sob as mesmas condições de manejo alimentar e estabulação. Era fornecido a todos os equinos alimento concentrado, dividido em três porções diárias com 12,70% de proteína bruta, e feno de azevém dividido em duas refeições diárias, as quantidades eram ajustadas e adequadas a cada indivíduo, tendo em consideração o peso corporal, a condição corporal e o nível de esforço físico. A água era mantida à disposição para todos os animais.

Os animais selecionados, encontravam-se em plena atividade física, praticando saltos de obstáculos há pelo menos 6 meses. Estes animais mantinham uma rotina de atividade física de pelo menos cinco a seis dias por semana, durante um período médio de 50 minutos diários. O trabalho era realizado no plano, nos andamentos de passo, trote e galope e os exercícios de saltos de obstáculos eram praticados pelo menos três vezes por semana.

2.1.2 Descrição do teste de simulação TSSO

O teste foi realizado num relvado ao ar livre com 130x60m. Durante o teste de simulação os cavalos foram montados pelos seus cavaleiros habituais, com pesos médios de $66,8 \pm 14,8$ kg, e com o peso adicional da sela e outros equipamentos utilizados de 9,2 kg.

Precedentemente à execução do teste de simulação, os equinos foram sujeitos a um período médio de aquecimento de 15 minutos, onde foi praticado trabalho no plano, bem como a execução de três obstáculos (2 verticais e 1 oxer). O aquecimento realizado tinha o intuito de preparar os equinos de modo que estes alcançassem o máximo de descontração no trabalho montado. Após o aquecimento todos os equinos realizaram o mesmo percurso de obstáculos: oito obstáculos (três verticais e cinco oxers) de 80cm de altura, com 600m de comprimento total da pista (Figura 4).

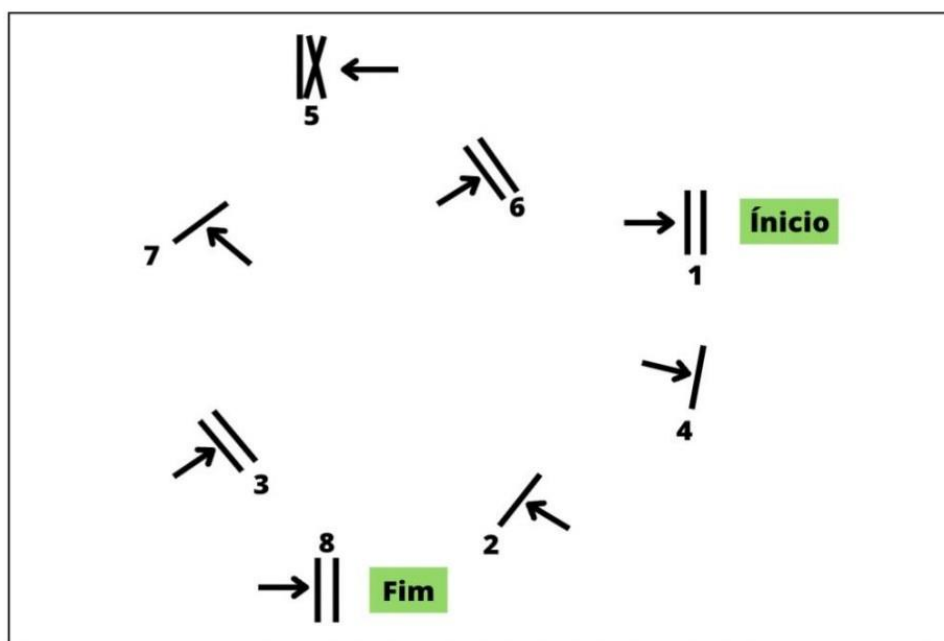


Figura 3. Teste de Simulação de Saltos de Obstáculos (TSSO). (Figura original de Santos, 2023)

2.2 Protocolo experimental: cavalos de toureio (TST)

Este protocolo foi realizado num centro de treino, localizado na Quinta do Açude, Cartaxo, Portugal (39°09'18.2"N 8°46'44.7"W). Teve início no período da manhã às 7h00, com uma temperatura média de 12° C e uma humidade relativa de 66%.

2.2.1 Caracterização da população

A amostra de cavalos em estudo é composta por 5 equinos, maioritariamente da raça Lusitano, com idades de $9,8 \pm 4,8$ anos e com um peso estimado de $537,4 \pm 30,9$ Kg. A população escolhida para o estudo foi composta por uma amostra não aleatória, contendo equinos de diferentes idades, sexos e raças.

Os equinos foram sujeitos a exames clínicos prévios e considerados clinicamente saudáveis, sem quaisquer sinais indicativos de dor ou desconforto. Todos encontravam-se albergados sob as mesmas condições de manejo alimentar e estabulação. Estes eram estabulados em boxes individuais (2,5x3,5m), e a base alimentar era constituída por feno de azevém, dividido em duas refeições diárias, sendo as quantidades ajustadas e adequadas a cada indivíduo, tendo como considerações o peso corporal, a condição corporal e o nível de esforço físico. A água era mantida à disposição de todos os animais. Era fornecido também alimento concentrado, com 11,50% de proteína bruta, em medidas

de 1 kg, dividido em três refeições diárias adaptado ao tamanho e regime de exercício de cada animal.

Os animais selecionados, encontravam-se em plena atividade física, praticando treinos regulares e semanais da prática de toureio há pelo menos seis meses. Estes animais mantinham uma rotina de atividade física de pelo menos seis dias por semana, sendo executado um programa individual de treino específico para cada animal, ajustado e modificado de acordo com as necessidades de cada indivíduo. Os treinos abrangiam trabalho de picadeiro, nos andamentos de passo, trote e galope, exercícios com tourinha de simulação de lide, maneo montado e apeado para *piaffe* e *passage*, mobilização de espádua e garupa a picadeiro e treino de toureio real com novilhos e touros, sendo este último efetuado com menor frequência.

2.2.2 Descrição do teste de simulação TST

O teste foi realizado num picadeiro descoberto de 19x12 m. Durante o teste de simulação os cavalos foram montados pelos seus cavaleiros habituais, com pesos médios de $72,0 \pm 11,3$ kg, e com o peso adicional da sela e outros equipamentos utilizados de 8,0 kg.

Precedentemente à execução do teste de simulação os equinos foram sujeitos a um período médio de aquecimento 10-15 minutos, onde foram praticados os três andamentos, tendo como intuito preparar os equinos de modo que estes alcançassem o máximo de descontração no trabalho montado. No TST, o cavalo e o cavaleiro executaram exercícios físicos próprios da modalidade de toureio. Os exercícios praticados na simulação eram representativos de uma lide tauromáquica em praça, com uma tourinha treinada para ficar posicionada no centro, enquanto era treinada a resposta no movimento do cavalo, equivalente a uma corrida de toiros real (Figura 5). Durante o TST a viagem do cavalo em direção ao toiro foi simulada rigorosamente, com uma duração de cerca de 5 minutos em que o cavalo alterna entre galope concentrado, galope de corrida e passo.



Figura 4. Teste de simulação de toureio (TST).

2.3 Avaliação dos atletas

Em ambos os testes de simulação, TSSO e TST, os animais foram avaliados em quatro tempos distintos. Primeiramente foram avaliados em T0, período de repouso ainda na box, sem qualquer aparelho ou sela; T1, imediatamente após a atividade física (dentro de um período máximo de 5 minutos); T2, com 30 minutos de recuperação; e T3, com 240 min de recuperação (Figura 6).

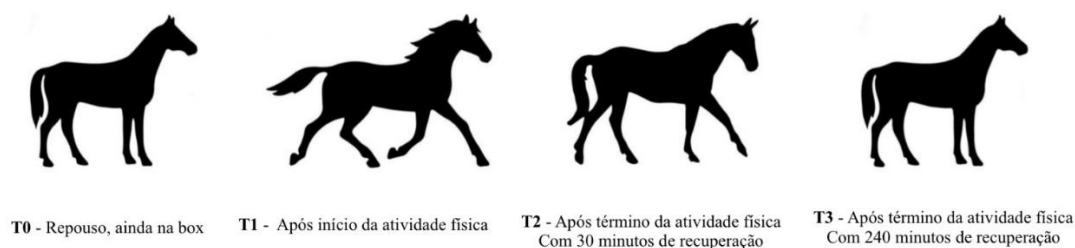


Figura 5. Ilustração representativa do delineamento do protocolo de avaliação nos TSSO e TST.

Em cada um dos tempos descritos acima, foi realizado um exame físico para medição e registo de frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), ambos com uso de estetoscópio, e temperatura retal (TR), com uso de termómetro digital. Foi também feita coleta de sangue por venopunção da jugular, para medição e determinação dos níveis de lactato sanguíneo, através do uso de um aparelho portátil (Lactate PRO 2, Arkray, Portugal).

Durante todo o período de atividade física os equinos usaram um monitor cardíaco acoplado a um sistema GPS (M430 sincronizado ao sensor H10, Polar Eletro; Lake Success, NY, EUA), para registo de velocidade, frequência cardíaca e distância percorrida. Todos os dados recolhidos por esse equipamento, foram analisados no Polar Sync (Polar Eletro; Lake Success, NY, EUA).

Através do sistema Polar, foram feitos os cálculos de gasto energético (GE), custo de transporte (COT) e poder metabólico (Pmet) a partir da FC, a partir de fórmulas utilizadas anteriormente (Coelho et al., 2021), considerando FC de repouso de 35 batimentos por minuto (bpm), peso corporal (kg, considerando peso do cavalo, cavaleiro e acessórios) e distância percorrida (m) para o COT e duração (min) para Pmet.

As fórmulas matemáticas utilizadas foram as seguintes:

$$GE \text{ (J/kg/min)} = 0,0566 \times FC^{1,9955} \text{ (Coenen et al., 2010)}$$

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

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

Na análise de dados foi padronizado as velocidades como: 0 – 7 km/h = passo, 7,1 – 17 km/h = trote e acima de 17,1 km/h = galope.

2.4 Análise estatística

A análise estatística foi realizada num programa computadorizado (PROC MIXED program, SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, North Caroline, EUA). Os dados foram analisados quanto a normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Seguidamente, foi estudada a influência do exercício sobre parâmetros como o lactato, FC, FR e TR através da análise de variância para medidas repetidas seguido de comparação entre médias (teste de Tukey). Comparações entre as modalidades desportivas estudadas foram feitas, para cada variável estudada (GE, COT e Pmet), através do teste-t não pareado. Os resultados foram expressos como médias $\pm$ desvios-padrão (DP) e a significância estabelecida em $p < 0,05$ em todos os casos.

3 Resultados

A Tabela 1 apresenta os valores médios e desvio padrão de parâmetros como a FC, FR, TR e lactato registrados nos cavalos submetidos ao TSSO e TST. Para ambas as categorias de desporto, observou-se a influência da atividade física sobre as variáveis estudadas, com pico de valores registrados em T1 e restabelecimento dos valores basais em T2, aos 30 minutos de recuperação, à exceção da temperatura dos animais no TST.

Tabela 1. Parâmetros físicos e lactato (médias $\pm$ desvio padrão) dos equinos em teste de simulação de saltos de obstáculos e em teste de simulação de toureio.

Parâmetros	Tempos de avaliação				
	T0	T1	T2	T3	p
FC, bpm					
TSSO	38,85 ± 6,61 ^b	98,31 ± 15,79 ^a	40,08 ± 5,42 ^b	38,62 ± 6,08 ^b	<0,0001
TST	36,8 ± 7,2 ^b	93,4 ± 7,0 ^a	35,6 ± 8,1 ^b	38,0 ± 7,0 ^b	<0,0001
FR, rpm					
TSSO	12,08 ± 4,01 ^b	74,0 ± 18,07 ^a	16,77 ± 5,69 ^b	11,62 ± 5,82 ^b	< 0,0001
TST	16,0 ± 2,8 ^b	53,4 ± 17,2 ^a	19,2 ± 5,9 ^b	16,0 ± 4,0 ^b	< 0,0001
TR, °C					
TSSO	37,27 ± 0,33 ^b	38,06 ± 0,55 ^a	37,89 ± 0,33 ^a	36,82 ± 0,5 ^b	< 0,0001
TST	37,3 ± 0,3 ^c	38,3 ± 0,4 ^a	37,9 ± 0,3 ^{ab}	37,0 ± 0,4 ^c	< 0,0001
Lactato, mmol/L					
TSSO	1,13 ± 0,26 ^b	2,38 ± 0,94 ^a	1,41 ± 0,35 ^b	1,15 ± 0,29 ^b	< 0,0001
TST	1,4 ± 0,1 ^b	2,2 ± 0,3 ^a	1,5 ± 0,2 ^b	1,4 ± 0,2 ^b	0,0001

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); T0: repouso; T1: imediatamente após o exercício; T2: com 30 minutos de recuperação; T3, com 240 minutos de recuperação. FC, frequência cardíaca; FR, frequência respiratória; TR, temperatura retal. (TSSO: dados publicados por Santos, 2023)

A Tabela 2 apresenta os valores médios e desvio padrão de FC, GE, COT e Pmet em cada andamento, passo, trote e galope, nos equinos utilizados nos testes de simulação de saltos de obstáculos (TSSO) e de toureio (TST). É possível observar que ao passo todas

as variáveis foram mais altas nos cavalos de salto, assim como a COT ao trote. Entretanto ao galope e no valor global, os cavalos de toureio apresentaram valores significativamente superiores. Na comparação entre os três andamentos, o galope representou aquele com valores maiores para FC, GE, COT e Pmet tanto no TSSO quanto no TST.

Tabela 2. Valores (médias $\pm$ desvio padrão) de frequência cardíaca, gasto de energia (GE), custo de transporte (COT) e poder metabólico (Pmet) em cada andamento (passo, trote e galope) dos equinos em teste de simulação de saltos de obstáculos (TSSO) e em teste de simulação de toureio (TST).

	Frequência cardíaca (bpm)	GE (J/min)	COT (bpm/kg/m.10 ³)	Pmet (batimentos/min/kg)
Passo				
TSSO	84,84 $\pm$ 2,22 ^a	56,34 $\pm$ 1,34 ^a	73,57 $\pm$ 1,16 ^a	487,00 $\pm$ 5,85 ^a
TST	74,12 $\pm$ 2,14 ^b	40,59 $\pm$ 1,46 ^b	31,76 $\pm$ 1,16 ^b	287,79 $\pm$ 2,47 ^b
Trote				
TSSO	85,55 $\pm$ 2,21 ^b	60,00 $\pm$ 1,39 ^b	120,77 $\pm$ 1,12 ^a	664,70 $\pm$ 5,61 ^b
TST	104,62 $\pm$ 4,28 ^a	81,71 $\pm$ 2,72 ^a	65,44 $\pm$ 2,66 ^b	4.700,78 $\pm$ 3,88 ^a
Galope				
TSSO	99,71 $\pm$ 2,90 ^b	89,53 $\pm$ 1,68 ^b	161,92 $\pm$ 1,12 ^b	937,00 $\pm$ 6,12 ^b
TST	163,96 $\pm$ 2,46 ^a	192,31 $\pm$ 3,14 ^a	192,96 $\pm$ 2,86 ^a	7.919,58 $\pm$ 8,31 ^a
Total				
TSSO	90,30 $\pm$ 2,90 ^b	67,15 $\pm$ 0,72 ^b	88,79 $\pm$ 1,22 ^b	719,00 $\pm$ 3,16 ^b
TST	127,88 $\pm$ 2,54 ^a	128,24 $\pm$ 2,50 ^a	114,06 $\pm$ 2,14 ^a	4.958,66 $\pm$ 3,24 ^a

Nota: Letras diferentes na mesma coluna, para cada andamento, indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

A Tabela 3 apresenta os valores médios e desvio padrão, dos dados registados pelo frequencímetro com o sistema PolarSync nos equinos em teste de simulação de salto de obstáculos (TSSO) e toureio (TST).

Tabela 3. Valores (médias $\pm$ desvio padrão) de frequência cardíaca (pico e média), frequência cardíaca (pico e média), e velocidade (máxima e média) registados pelo sistema PolarSync dos equinos em teste de simulação de saltos de obstáculos e em teste de simulação de toureio.

	TSSO	TST
FCpico, bpm	109,5 $\pm$ 34,4	150,6 $\pm$ 45,6
FCmed, bpm	85,6 $\pm$ 20,9	99,0 $\pm$ 29,2
Vmax (m/s)	26,9 $\pm$ 2,8	15,4 $\pm$ 2,1
Vmed (m/s)	11,6 $\pm$ 1,3	3,8 $\pm$ 0,4

Nota: FC, frequência cardíaca; V, velocidade.

4 Discussão

A hipótese proposta de que as disciplinas equestres estudadas na presente tese (modalidade de salto de obstáculos e toureio) são diferentes do ponto de vista energético, confirmou-se. Os resultados mostraram que as provas simuladas de toureio levaram a um gasto energético superior ao das provas simuladas de salto de obstáculos, na maior parte dos andamentos e nos valores totais. Além disso, o equipamento, tal qual pesquisas prévias, mostrou-se útil na obtenção de tais informações, fato que reforça a sua indicação a veterinários de campo (Mirian e Fernandes, 2011) como mais um recurso na avaliação de equinos de desporto.

Os testes de simulação realizados a campo, garantiram a similaridade com o ambiente de competição a que os equinos estão habituados e contribuíram também para uma maior objetividade dos resultados obtidos. Estes mostram-se muito eficientes na avaliação do condicionamento físico de um atleta e do impacto negativo que diversas doenças apresentam sob a prática de exercício (Hinchcliff e Geor, 2008; Couroucé-Malblanc & Hodgson, 2014). Estes tipos de estudos eram inicialmente realizados em humanos, posteriormente evoluindo e sofrendo adaptações que os compatibilizou com a avaliação física da espécie equina. Uma correta padronização e interpretação de resultados destes testes, pode fornecer informações essenciais acerca do desempenho atlético do equino (Mare et al, 2017; Coelho et al., 2019).

O desempenho atlético dos equinos utilizados foi avaliado através da medição de diversos parâmetros vitais. Inicialmente, foi realizada uma avaliação física de todos os

equinos, onde foram monitorizados parâmetros como FC, FR (ambos com estetoscópio), TR e motilidade intestinal. Após o início do teste de simulação estes parâmetros foram reavaliados para avaliação do condicionamento físico (Frippiat et al., 2021). Para além dos parâmetros citados, foi também avaliado o nível de lactato no sangue, através do uso de aparelhos medidores portáteis, de modo a caracterizar a intensidade de exercício praticado (Coelho et al., 2023).

Para o estudo em causa, a FC era o parâmetro mais relevante, uma vez que a sua mensuração é essencial na quantificação da intensidade da carga de trabalho, na monitorização cardíaca e na compreensão dos efeitos do exercício sobre o sistema cardiovascular (Ferraz et al., 2009; Alonso et al., 2013; Coelho et al., 2021). Em ambos os testes de simulação, TSSO e TST, a monitorização foi efetuada através do uso de um frequencímetro cardíaco da marca Polar. Este aparelho consistia num monitor cardíaco acoplado a sistema de GPS, permitindo a medição e registo de dados essenciais ao estudo, como a velocidade, FC e distância percorrida tal qual realizado em pesquisas prévias como Coelho et al. (2019) e Hunka et al. (2017). O mesmo sistema foi usado para as duas modalidades equestres. Tijdschrift (2017) descreveu que os aparelhos utilizados devem ser ajustados às modalidades e a diversidade de equipamentos disponíveis deve ser realçada e apontada nas discrepâncias dos dados obtidos em relação à avaliação do desempenho atlético dos equinos.

Conforme supracitado, a FC é um dos parâmetros mais utilizados na avaliação do condicionamento físico dos equinos, uma vez que permite avaliar o nível de aptidão dos mesmos e a sua capacidade atlética (Bazzano et al., 2016). Relativamente a Tabela 1, foi possível observar valores mais elevados de FC em T1 em ambas as modalidades. Apesar de se tratar de modalidades distintas com andamentos e objetivos diferentes, há um fator comum a ambas que justifica o aumento da FC, que é a libertação de adrenalina e o aumento na atividade simpática (Evans, 2008). Na modalidade de saltos de obstáculos temos estudos comparativos (Art et al., 2010), realizados anteriormente, que relatam que os valores registados em T1 se encontram dentro do espectável; já na modalidade de toureio não foram encontrados estudos anteriores que nos permitam comparar. No TSSO, as variações na FC são associadas maioritariamente ao percurso, ou seja, quanto mais altos forem os obstáculos, maior esforço físico o equino fará para os transpor e consequentemente apresentará FC mais elevadas (Bazzano et al., 2016). No caso da TST, não havendo literatura que correlacione os níveis de trabalho à FC, partimos do

pressuposto que as mudanças de direção, os vários andamentos exigidos durante as lides e a exigência da perseguição do boi sejam os principais fatores para as variações da FC.

O tempo de retorno da FC aos valores basais é um excelente indicador do condicionamento físico do equino, quanto mais rápida é a recuperação da FC maior o condicionamento físico do animal (Kang et al., 2017). O restabelecimento de uma frequência cardíaca de até 60 bpm após 30 min de exercício, é essencial para a prevenção de complicações clínicas como desidratação ou miopatias (Hodgson, 2014). Na Tabela 1 é possível observar que tanto os cavalos utilizados da TST como os utilizados na TSSO, apresentaram um retorno à FC basal 30 min após o cessar do período de exercício, isto demonstra que ambas as amostras se encontravam em boa condição física e que o não correram riscos de lesões consequentes da perturbação à homeostasia causada pelo exercício (Kang et al., 2017).

Outra conclusão passível de retirar, é que a variação da FC se encontrou sempre em valores inferiores à FC_{máx}, o que demonstra que os equinos trabalharam em intensidades submáximas de exercício. A FC descrita como FC_{máx} é de 200 bpm e mantém-se inalterável com o treino. Todos os animais de ambas as modalidades desportivas trabalharam em valores inferiores a esse. O estudo comparativo realizado permitiu perceber que o exercício de tourada se mostrou mais intenso registrando FC perto do limiar anaeróbio (Manso Filho et al., 2012), podendo isto ser justificado pelo esforço intenso realizado na busca incessante do touro e pelas constantes e bruscas mudanças de direção.

Apesar de ter sido observado de uma forma geral que a FC dos cavalos de toureio foi superior aos cavalos de salto, ambos trabalharam em valores inferiores a 170 – 180 bpm, podendo sugerir que os animais trabalharam sob metabolismo predominantemente aeróbio (Manso Filho et al., 2012). Ainda, esse valor de FC e a recuperação da FC após o exercício, podem alterar consoante as adaptações adquiridas com o treino (Solis, 2018).

Na Tabela 1 é possível verificar também, tanto no TST como no TSSO, que aliado à taquicardia em T1, temos estados fisiológicos de hiperventilação e hipertermia. Quando é iniciado o exercício físico há o aumento do metabolismo muscular, o que resulta no recrutamento de mais oxigénio pela unidade muscular. Os cavalos são animais dotados de uma massa muscular acima da média comparativamente às outras espécies, o que os torna capazes de atingir uma maior VO₂_{máx} mas também uma maior taxa de produção

de calor aquando da realização de exercício (Soroko et al., 2019). Os mecanismos termorreguladores em situações de exercício são essenciais para a dissipação de calor, mecanismos como sudorese, vasodilatação e aumento da FR foram passíveis de observar no estudo realizado. A recuperação da FR em 30 minutos, associado ao observado para FC, fortalece a proposta de bom condicionamento físico do grupo de animais usados.

Os níveis de lactato sanguíneo foram também mensurados ao longo do período de exercício de modo a caracterizar a fonte metabólica predominante dos cavalos estudados. As concentrações de lactato sanguíneo permitem caracterizar o exercício praticado em aeróbio ou anaeróbio, consoante os valores registados. Sabemos que o exercício foi extenuante o suficiente para o animal atingir o limiar anaeróbio, quando o lactato plasmático atinge valores de 4mmol/L (Ronéus et al., 1999). Tais valores são observados comumente, sem caracterizar fadiga, em equinos que praticam provas de explosão (Hunka et al., 2017). Em ambos os testes da presente pesquisa, os valores registados encontravam-se em concentrações inferiores às descritas por Ronéus et al. (1999), o que indica que o esforço físico realizado pelos equinos no TSSO e no TST foi predominantemente aeróbio. Os níveis de acúmulo de lactato sanguíneo, estão linearmente correlacionados com a exigência física imposta ao animal nos períodos de exercício (Ferraz et al., 2009). No caso da modalidade de saltos de obstáculos um dos fatores determinantes ao acúmulo de lactato é o esforço realizado para a transposição do obstáculo, ou seja, quando mais alto for colocada a vara, mais esforço o animal fará para a transpor e consequentemente maiores concentrações de lactato atingirá (Art et al., 2010). No caso do toureio, onde o nível de exercício imposto não apresenta velocidades elevadas é espectável que não haja contribuição anaeróbia, pois depende muito da resistência do animal, porém até à data não há literatura que correlacione o desporto em causa com os níveis de lactato sanguíneos. Pereira et al. (2018) descreveram que a intensidade de competição imposta pelas diferentes modalidades tem um efeito preponderante na concentração de lactato após o exercício.

Nos testes a campo, Piccione et al. (2013), descreveram que a monitorização da FC, tal qual a realizada na presente pesquisa, foi determinante para a estimativa do COT (gasto de energia por unidade de distância) e do Pmet (gasto de energia por quilograma), visando definir o GE relacionado com o consumo de O₂ em equinos submetidos a diferentes tipos de exercícios. É sabido que a medida padrão utilizada na quantificação das exigências metabólicas é a capacidade aeróbica máxima (VO₂máx). No entanto, em

cavalos submetidos a testes a campo, esta pode ser mensurada de forma indireta através da avaliação da FC, que apresenta uma relação matemática linear com a VO_2 (Walker et al., 2010).

As características dos diferentes tipos de andamentos praticados nas modalidades equestres, influenciam as exigências de energia metabólica impostas. Tratando-se de um estudo comparativo entre duas modalidades distintas, foi essencial considerar a relação linear existente entre o VO_2 , FC, velocidade e esforço físico, de modo a estimar o gasto energético através da FC. Hunka et al. (2017), afirmam que o COT e o Pmet são variáveis relacionadas com a FC e que a sua estimativa durante um determinado tipo de exercício fornece informações adicionais sobre a intensidade do trabalho realizado, sobre o desempenho atlético e sobre o GE nos diferentes tipos de andamentos.

As diferenças entre os animais utilizados nas amostras, como o peso corporal e comprimento dos membros, afetam a eficiência mecânica muscular e o nível de trabalho necessário para o deslocamento do animal numa determinada distância a uma determinada velocidade. O recrutamento de diferentes grupos musculares consoante o andamento predominante da modalidade, afeta diretamente a quantidade de músculos que sofrem contração e o consumo de O_2 . O GE representa a quantidade de energia necessária para o equino realizar o exercício, sendo este diretamente proporcional à taxa de metabolismo muscular induzida e ao recrutamento de O_2 muscular (Lourenzon et al., 2017). Na Tabela 2 é possível verificar a relação linear que o GE estabelece com a FC, ou seja, quando mais elevada for a FC registada mais elevado será também o GE do equino na realização da tarefa. No TST, a FC total registada foi superior ao TSSO, consequentemente o GE total despendido pelos cavalos de toureio de uma forma geral apresentou-se superior ao dos cavalos de saltos de obstáculos. Porém, se avaliarmos os diferentes andamentos individualmente, é possível verificar que a passo os valores registados de todas as variáveis estudadas apresentam-se superiores nos cavalos de saltos. Isto ocorre provavelmente porque, comparativamente aos cavalos de toureio, estes são mais pesados e têm todo um equipamento de aparelhamento também mais pesado, requerendo mais energia para o trabalho biomecânico de locomoção. Entretanto, tal achado inverte-se na passada de trote, onde os cavalos de toureio passam a registar valores mais elevados de todas as variáveis, pela necessidade de perseguição do boi, o que torna o movimento do cavalo menos eficiente em termos biomecânicos. A exceção foi observada para o COT no trote, quando se observam maiores valores para os cavalos de

salto, devido às elevadas exigências físicas impostas aos cavalos para transpor os obstáculos (ação de erguer o corpo contra a lei da gravidade).

O COT é definido como custo metabólico que o cavalo despende ao deslocar uma unidade de peso numa determinada unidade de distância e é importante na estimativa da eficiência biomecânica durante a locomoção (Piccione et al., 2013). As modalidades avaliadas no estudo em causa, apresentam características interessantes em relação às suas exigências físicas. Na modalidade de saltos de obstáculos, a energia necessária na movimentação dos membros em torno do centro de massa do animal e o trabalho muscular necessário para o impulso de salto contra a gravidade, prevê uma elevada demanda energética necessária à realização do exercício (Piccione et al., 2013). Comparativamente, no caso do toureio a movimentação em torno de um centro de massa e a exigência muscular exercida nas consecutivas mudanças de direção, depende diretamente da força muscular gerada para o suporte do peso corporal durante a fase de apoio dos membros na locomoção e do tempo de aplicação dessa força. Ou seja, enquanto no TSSO a principal força exercida é a contra a gravidade, em que há a perda da fase de apoio dos membros, aumentando o COT, na TST a força muscular gerada é predominantemente na fase de apoio nas consecutivas mudanças de direção, aumentando o Pmet. Os resultados obtidos permitem comprovar que a modalidade de saltos de obstáculos se apresenta mais exigente na passada de trote, registando valores de COT superiores, conforme supracitado.

O Pmet é uma variável diretamente proporcional à velocidade da locomoção e encontra-se intimamente correlacionado com a taxa de produção de força e, portanto, com a força do movimento e o tempo de apoio (Piccione et al., 2013). O Pmet tal qual como o GE, apresentou um registo de valores mais elevados para os cavalos de salto, somente a passo, invertendo esse quadro, na passada de trote e galope. Segundo Coelho et al. (2021), estudando cavalos de vaquejada, as constantes mudanças de direção na perseguição ao boi promovem acelerações e desacelerações que exigem muita força muscular, fato esse que justifica a maior Pmet nos animais de toureio. Apesar de Piccione et al. (2013) descrever que Pmet apresenta valores mais elevados no andamento de trote e galope, os valores registados no TST, demonstram que a taxa de produção de força necessária nas investidas, nas mudanças de direção e nos consecutivos períodos perseguição do boi se tornam mais exigente fisicamente, que uma passada constante de galope com sobreposição de obstáculos.

Na Tabela 3 é possível verificar que, contrariamente ao expectável, foi registada uma velocidade máx inferior no TST comparativamente ao TSSO, com valores superiores de FC, tanto pico quanto a média. Apesar de ser descrito que a FC apresenta uma relação linear com a velocidade (Solis, 2018), as provas simuladas realizadas foram executadas em velocidades variadas, ao passo, trote e galope, provocando assim grandes variações nas FC registadas. No caso das modalidades em estudo, o argumento da linearidade entre a FC e a velocidade pode ser refutado adicionando variantes extrínsecas a esta relação, como as contantes investidas da lide, as constantes mudanças de direção e a constante retoma e cessa da marcha. Na modalidade de toureio, os andamentos predominantes durante a lide são o trote e o galope, não sendo a velocidade um fator de interesse, mas sim a destreza necessária às investidas. Assim torna-se perceptível que, embora a modalidade de saltos de obstáculos apresente o galope como andamento predominante e que a transposição dos obstáculos seja também considerada um fator de exigência, o toureio independentemente da passada e da velocidade revela-se uma modalidade mais exigente fisicamente. Tal argumento é sustentado por Bazzano et al. (2016), que descreveram que nas disciplinas equestres os cavalos são obrigados a terem mais competências técnicas e particularmente em hipismo, valores mais elevados de FC não coincidem necessariamente com velocidades mais elevadas.

5. Conclusão

A hipótese proposta de que as disciplinas estudadas são diferentes do ponto de vista energético confirmou-se. Os cavalos de toureio apresentaram maior consumo energético numa análise geral e nos andamentos de trote (exceção de COT) e galope; já os cavalos de salto mostraram maiores valores de FC, GE, COT e Pmet apenas ao passo e de COT ao trote. Tais diferenças devem-se às exigências biomecânicas de cada modalidade equestre estudada e devem ser consideradas no preparo de programas de condicionamento físico e programas nutricionais desses atletas.

O estudo realizado contou com a avaliação da FC como parâmetro chave na estimativa das variáveis energéticas. Através da análise dos resultados obtidos concluiu-se que os testes de simulação propostos, usando equipamentos de baixo custo como os frequencímetros cardíacos, são úteis para avaliação de condicionamento físico e devem ser preconizados a campo visando a melhoria da qualidade de vida a esses animais.

O presente estudo apresenta uma comparação nunca estabelecida entre a modalidade de saltos de obstáculos e de toureio, o que poderá ser um fator interessante na perspectiva de pesquisas futuras.

6. Referências bibliográficas

Amadeu, M. A. (2011). Expressão de microRNAs no coração de ratos espontaneamente hipertensos (Shr) submetidos a treinamento físico aeróbio [Mestrado em Biodinâmica do Movimento Humano, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.39.2011.tde-30012012-151733>

Alonso, J. D. M., Watanabe, M. J., Hussni, C. A., Mantovani, C. D. F., Fernandes, V. S., Machado, L. P., Yonezawa, L. A., Kohayagawa, A., & Thomassian, A. (2013). O treinamento nos valores da V200, FCpico e distância percorrida de cavalos da raça Árabe e Crioula. *Ciência Rural*, 43(4), 722–728. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000025>

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

Art, T., Amory, H., Desmecht, D., & Lekeux, P. (2010). Effect of show jumping on heart rate, blood lactate and other plasma biochemical values. *Equine Veterinary Journal*, 22(S9), 78–82. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04740.x>

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>

Bröjer, J., Holm, S., Jonasson, R., Hedenström, U., & Essén-Gustavsson, B. (2006). Synthesis of proglycogen and macroglycogen in skeletal muscle of Standardbred trotters after intermittent exercise. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 335–339. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05564.x>

Courouc -Malblanc, A., & Hodgson, D. (2014). Clinical Exercise Testing. In *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 366–378). Saunders/Elsevier.

De Mare, L., Boshuizen, B., Plancke, L., De Mee s, C., De Bruijn, M., & Delesalle, C. (2017). Standardized exercise test in horses: Current situation perspectives. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 86(2). <https://doi.org/10.21825/vdt.v86i2.16290>

Durando, M. M. (2019). Cardiovascular causes of poor performance and exercise intolerance and assessment of safety in the equine athlete. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 35(1), 175–190. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2018.12.002>

Egenvall, A., Tranquille, C. A., L nnell, A. C., Bitschnau, C., Oomen, A., Hernlund, E., Montavon, S., Franko, M. A., Murray, R. C., Weishaupt, M. A., Weeren, V. R., & Roepstorff, L. (2013). Days-lost to training and competition in relation to workload in 263 elite show-jumping horses in four European countries. *Preventive Veterinary Medicine*, 112(3–4), 387–400. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.09.013>

EVANS, D.L. (2000) Training and fitness in athletic horses. Australia: ARROW Discovery service, RIRDC, 88p

Evans, D. L. (2008). Physiology of equine performance and associated tests of function. *Equine Veterinary Journal*, 39(4), 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*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Blood-biochemical-changes-in-show-jumpers-during-a-Fazio-Casella/771469bef6b588b41102f99208a4b6bfb4555705>

Federação Equestre Internacional (2023). Acedido a 03 Dezembro 2023 em <https://inside.fei.org/sites/default/files/FEI%20General%20Regulations%20Effective%204Apr2023-%20Clean.pdf>

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

Foureaux, G., Pinto, K. M. D. C., & Dâmaso, A. (2006). Efeito do consumo excessivo de oxigênio após exercício e da taxa metabólica de repouso no gasto energético. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 12(6), 393–398. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922006000600018>

Franklin, S. H., Van Erck-Westergren, E., & Bayly, W. M. (2012). Respiratory responses to exercise in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 44(6), 726–732. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00666.x>

Frippiat, T., Van Beckhoven, C., Moyse, E., & Art, T. (2021). Accuracy of a heart rate monitor for calculating heart rate variability parameters in exercising horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 104, 103716. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103716>

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

Geelen, S. N. J., Blázquez, C., Geelen, M. J. H., Sloet Van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M., & Beynen, A. C. (2001). High fat intake lowers hepatic fatty acid synthesis and raises fatty acid oxidation in aerobic muscle in Shetland ponies. *British Journal of Nutrition*, 86(1), 31–36. <https://doi.org/10.1079/BJN2001364>

Gerard, M., Graaf-Roelfsema, E., Hodgson, D., & Kolk, J. (2014). Energetic Considerations of Exercise. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 19–33). Saunders/Elsevier

Gramkow, H. L., & Evans, D. L. (2006). Correlation of race earnings with velocity at maximal heart rate during a field exercise test in Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 118–122. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05526.x>

Guimarães-Ferreira, L. (2014). Role of the phosphocreatine system on energetic homeostasis in skeletal and cardiac muscles. *Einstein (São Paulo)*, 12(1), 126–131. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082014RB2741>

Hader, K., Mendez-Villanueva, A., Palazzi, D., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2016). Metabolic power requirement of change of direction speed in young soccer players: Not all is what it seems. *PLOS ONE*, 11(3), e0149839. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149839>.

Hedegaard Sommer, L., Munk, R., Møller Nielsen, S., & Lindner, A. (2015). Training of horses used for show jumping and its effect on v4. *Journal of Equine Veterinary Science*, 35(4), 301–308. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.01.021>

Hinchcliff, K. W. (2014). The horse as an athlete. Em *Equine sports medicine and surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete* (2. ed, pp. 14–21). Saunders Elsevier.

Hines, M. (2018). Clinical Approach to Commonly Encountered Problems. Em *Equine internal medicine* (4th ed, pp. 232–312). Elsevier.

Hodgson. (2014). The Cardiovascular System: Anatomy, Physiology, and Adaptations to Exercise and Training. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 162–173). Saunders/Elsevier.

Hodgson, D. R., & McGowan, C. M. (2014). An Overview of Performance and Sports Medicine. Em *The athletic horse: Principles and practice of equine sports medicine* (2nd ed, pp. 1–8). Saunders/Elsevier.

Hunka, M. M., Lima, L. C. F., Souza, L. A., Silva, C. J. F. L., Silva, E. R. R., Manso, H. E. C. C. C., & Filho, H. C. M. (2017). Heart rate and velocity in Vaquejada horses during field tests. *Comparative Exercise Physiology*, 13(1), 25–30. <https://doi.org/10.3920/CEP160027>

Ille, N., Erber, R., Aurich, C., & Aurich, J. (2014). Comparison of heart rate and heart rate variability obtained by heart rate monitors and simultaneously recorded electrocardiogram signals in nonexercising horses. *Journal of Veterinary Behavior*, 9(6), 341–346. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.07.006>.

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), 2. <https://doi.org/10.1186/s40781-017-0126-8>

Kingston, J. K., Soppet, G. M., Rogers, C. W., & Firth, E. C. (2006). Use of a global positioning and heart rate monitoring system to assess training load in a group of Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 106–109. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05523.x>

Kinnunen, S., Hyypä, S., Lappalainen, J., Oksala, N., Venojärvi, M., Nakao, C., Hanninen, O., Sen, C. K., & Atalay, M. (2005). Exercise-induced oxidative stress and muscle stress protein responses in trotters. *European Journal of Applied Physiology*, 93(4), 496–501. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1162-x>

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

Koenen, E. P. C., Aldridge, L. I., & Philipsson, J. (2004). An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science*, 88(1–2), 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.10.011>

Koho, N. M., Hyypä, S., & Pösö, A. R. (2006). Monocarboxylate transporters (Mct) as lactate carriers in equine muscle and red blood cells. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 354–358. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05568.x>

Lacombe, V. A., Hinchcliff, K. W., & Devor, S. T. (2003). Effects of exercise and glucose administration on content of insulin-sensitive glucose transporter in equine skeletal muscle. *American Journal of Veterinary Research*, 64(12), 1500–1506. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2003.64.1500>

Lage, J. (2016) Frequência cardíaca, Lactato, Custo líquido de transporte e energia metabólica de equinos de marcha batida ou picada da raça mangalarga marchador (Tese de mestrado- Faculdade de ciências agrárias e veterinárias)- Repositório Universidade estadual paulista- <http://hdl.handle.net/11449/143447>

Lima-Silva, A. E., Fernandes, T. C., De-Oliveira, F. R., Nakamura, F. Y., & Gevaerd, M. D. S. (2007). Metabolismo do glicogênio muscular durante o exercício físico: Mecanismos de regulação. *Revista de Nutrição*, 20(4), 417–429. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732007000400009>

Lindner, A., Esser, M., López, R., & Boffi, F. (2020). Relationship between resting and recovery heart rate in horses. *Animals*, 10(1), 120. <https://doi.org/10.3390/ani10010120>

Lourenzon, J. D., Nicolau, L. V. C., Medeiros, M. O., Alcântara, A. H. D. de, Giunco, C., Nunes, T. R., et al. (2017). Estimativa de gasto energéticos de equino submetido a treinamento intervalado: estudo de caso. In *Anais. Pirassununga: FZEA-USP*. Recuperado de <https://proceedings.galoa.com.br/zootec/trabalhos/estimativa-de-gasto-energeticos-de-equino-submetido-a-treinamento-intervalado-estudo-de-caso>

Manso Filho, H.; Cordeiro Manso, H.; Cardoso, E.; Melo, R.; Silva, F.; Abreu, J. (2012). Avaliação da frequência cardíaca e do esforço físico em cavalos atletas pelo uso

do frequencímetro: Ciênc. vet. tróp., Recife-PE, v. 15, no 1/2/3, p. 41 – 48.
<https://docplayer.com.br/2310074-Avaliacao-da-frequencia-cardiaca-e-do-esforco-fisico-em-cavalos-atletas-pelo-uso-do-frequencimetro.html>

Mirian, M. (2008). Padronização de teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem «Hipismo Clássico» [Mestrado em Clínica Veterinária, Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.10.2008.tde-15012009-113659>

McKenzie, E. (2011). Muscle physiology and nutrition in exercising horses. *Equine Veterinary Journal*, 43(6), 637–639. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2011.00468.x>

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. *The Veterinary Journal*, 202(1), 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.07.019>

Navas De Solis, C. (2019). Cardiovascular response to exercise and training, exercise testing in horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 35(1), 159–173. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2018.11.003>

Pereira, M. S., Gerardi, B., Denadai, D. S., Chaves, A. A., Barbosa, J. P. B., Zanon, J. E. O., Gomide, L. M. W., & Mendes, L. C. N. (2018). Avaliação da lactatemia e das enzimas musculares de equinos Quarto de Milha submetidos à prova de laço em dupla com diferentes tipos de treinamento. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 38(9), 1856–1862. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-5449>

Piccione, G., Messina, V., Bazzano, M., Giannetto, C., & Fazio, F. (2013). Heart rate, net cost of transport, and metabolic power in horse subjected to different physical exercises. *Journal of Equine Veterinary Science*, 33(8), 586–589. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2012.09.010>

Raquel Blasco Redondo, -. (2015). Gasto energético en reposo. Métodos de evaluación y aplicaciones. REVISTA ESPAÑOLA DE NUTRICION COMUNITARIA, 2, 243–251. <https://doi.org/10.14642/RENC.2015.21.sup1.5071>

Ronéus, N., Essén-Gustavsson, B., Lindholm, A., & Persson, S. (1999). Muscle characteristics and plasma lactate and ammonia response after racing in Standardbred trotters: Relation to performance. *Equine Veterinary Journal*, 31(2), 170–173. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb03811.x>

Reis, V. M. (2011). Gasto energético, custo energético aeróbio e custo energético anaeróbio. DOI:10.5007/1980-0037.2011v13n6p484. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 13(6), 484–487. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2011v13n6p484>

Rivero, J. (2007). A Scientific Background for Skeletal Muscle Conditioning in Equine Practice. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 54(6), 321–332. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2007.00947.x>

Rivero, J.-L., & Piercy, R. (2014). Muscle physiology: Responses to exercise and training. Em *Equine sports medicine and surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete* (2. ed, pp. 69–108). Saunders Elsevier.

Sackman, J. E., & Houpt, K. A. (2019). Equine personality: Association with breed, use, and husbandry factors. *Journal of Equine Veterinary Science*, 72, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.10.018>

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

Santos, A. L. P. dos, Ferreira, D. S. de A., Neto, P. J. R., Bessa, A. F. de O., Filho, M. C., Costa, M. L. L. da, & Moreira, G. R. (2019). Recuperação de cavalos em teste de simulação de vaquejada. *Sigmae*, 8(2), 266–273. <https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/view/948>

Santos, A. L. D., Silva, S. C., Farinatti, P. D. T. V., & Monteiro, W. D. (2005). Respostas da frequência cardíaca de pico em testes máximos de campo e laboratório. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11(3), 177–180. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922005000300005>

Seabra, J.; Dittrich, J. (2017). Sistema termoregulatório de cavalos atletas - Revisão. *Revista Acadêmica de Ciência Equina* v. 01, n. 1, p. 15-28 (2017) ISSN 2526-513X

Secani, A., & Lega, E. (2009). Fisiologia do exercício em equinos. *Nucleus Animalium*, 1(2), 53–65. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.282>

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

Soroko, M., Śpitalniak-Bajerska, K., Zaborski, D., Poźniak, 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>

Väihkönen, L. K., Heinonen, O. J., Hyyppä, S., Nieminen, M., & Pösö, A. R. (2001). Lactate-transport activity in RBCs of trained and untrained individuals from four racing species. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 281(1), R19–R24. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.281.1.R19>

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

Valera, M.; Esteves, L.; Oom, M.; Molina, A. La raça equina autóctone puro sangue lusitano: estudo genético dos parâmetros reprodutivos de importância nos esquemas de conservação e melhoramento. *Archivos de Zootecnia*, vol. 49, núm. 186, junio, 2000, pp. 147-156

Vicente, A.; Carolino, N.; Almeida, J. Proposta de um esquema para a avaliação genética do cavalo Lusitano em tauromaquia. *Revista Genética equina*, Outubro 2015, pp 56-59.

Votion, D.-M., Navet, R., Lacombe, V. A., Sluse, F., Essén-Gustavsson, B., Hinchcliff, K. W., Rivero, J.-L. L., Seretyn, D., & Valberg, S. (2007). Muscle energetics in exercising horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 4(3–4), 105–118. <https://doi.org/10.1017/S1478061507853667>

Williams, J., Kenworthy, K., Jones, T., Marlin, D., & Tabor, G. (2019). The role of heart rate monitoring to assess workload during maintenance interval training in National Hunt racehorses. *Journal of Veterinary Behavior*, 30, 54–60. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2018.12.003>

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>

Zulietti, L. (2012). As linhas, formas, movimentos e o contraste das luzes e das sombras na composição das series *La Tauromaquia*. *Revista de arte, mídia e política*, São Paulo, v.5, n.14, p.119-144, jun.-set.