

MARIA BRAZETE MARMELO CRUZ NABAIS

**Resposta das Hormonas Tiroideias a um Teste de
Simulação de Dressage em cavalos Lusitanos jovens**

Orientador: Professora Doutora Clarisse Coelho

Coorientador: Professora Doutora Joana Simões

**Universidade Lusófona
Faculdade de Medicina Veterinária**

Lisboa
2023

MARIA BRAZETE MARMELO CRUZ NABAIS

**Resposta das Hormonas Tiroideias a um Teste de
Simulação de Dressage em cavalos Lusitanos jovens**

Dissertação defendida em provas públicas para obtenção do Grau de Mestre no curso de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária conferido pela Universidade Lusófona, no dia 17 de novembro de 2023, perante o júri, nomeado pelo Despacho Reitoral Nº 433/2023 de 06 de novembro de 2023, com a seguinte composição:

Presidente: Prof. Doutora Margarida Alves

Arguente: Prof. Doutora Natália Pires

Orientador: Prof. Doutora Clarisse Coelho

**Universidade Lusófona
Faculdade de Medicina Veterinária**

Lisboa
2023

*“O corpo Humano é a carruagem, eu, o homem que a conduz,
os pensamentos as rédeas, os sentimentos são os **cavalos**.” (Platão)*

AGRADECIMENTOS

Todos os agradecimentos que possa fazer serão sempre poucos tendo em conta a quantidade de pessoas a quem quero agradecer, por todo o apoio ao longos destes seis anos de muito esforço e dedicação. Com isto, quero agradecer em primeiro lugar às entidades e pessoas que contribuíram para o culminar deste percurso:

À Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona, por todas as condições proporcionadas quer de aprendizagem quer a nível de trabalho, ao excelente corpo docente, aos conteúdos lecionados e ao equipamento disponibilizado.

Às Prof. Doutora Clarisse Coelho, na qualidade de Orientadora, e Prof. Doutora Joana Simões, na qualidade de Co-Orientadora, por todo o apoio, motivação, disponibilidade e paciência, não só ao longo da realização deste projeto, mas também ao longo deste percurso académico. Foram também responsáveis pela planificação e gestão do projeto de investigação em causa, fornecendo todos os recursos necessários à realização do mesmo.

Ao Hospital Clínico Veterinário da Universidade da Estremadura, em Cáceres, onde realizei parte do meu estágio e me forneceram uma casuística e métodos de aprendizagem, que com toda a certeza, terão uma grande importância no meu futuro profissional.

À VetGalope, onde realizei quatro meses do meu estágio e só tenho a agradecer por me terem acolhido na sua rotina diária. Por todo o ensinamento, disponibilidade, paciência e confiança. Um agradecimento muito especial à Dra. Carolina Guerreiro e à Dra. Irina Pinheiro, que contribuíram muitíssimo para a minha futura carreira como médica veterinária.

A todos os amigos que entraram na minha vida ao longo destes seis anos, com quem partilhei momentos incríveis, só posso agradecer por todo o apoio e amizade.

Aos meus amigos de sempre, é impossível descrever o quão agradecida estou.

Por fim, à minha família, sem a qual este sonho não se poderia ter tornado real, por terem proporcionado todas as condições para me poder dedicar a este curso, apoiando-me sempre em todas as minhas decisões, não há como descrever o quão agradecida eu estou.

RESUMO

Estudos sobre os efeitos agudos da prática de exercício físico em relação à glândula tireóide, são extremamente escassos, principalmente com cavalos Lusitanos na modalidade de *dressage*. Com isto, o objetivo deste estudo foi investigar e contribuir com conhecimentos sobre a complexa relação entre o exercício físico e a função tireoidiana dos equinos de raça Puro Sangue Lusitano utilizados na modalidade de *dressage*. Para a realização da investigação foram selecionados oito equinos da referida raça, machos, com idade média de 4 anos, em condições semelhantes a nível de saúde, treino e manejo, os quais foram submetidos a um teste de simulação de *dressage*. O teste teve a duração de aproximadamente 5 minutos durante os quais foram realizados exercícios da modalidade de *dressage*, nos quais a intensidade do mesmo foi ajustada tendo em conta as necessidades de cada animal. Os animais foram avaliados clinicamente e através da recolha de amostras de sangue antes da prática de exercício (T0), imediatamente após a realização do teste de simulação de *dressage* (T1) e com 240 minutos de recuperação (T2). Foram utilizados como biomarcadores a frequência cardíaca (FC), a frequência respiratória (FR), a temperatura corporal (TC), triiodotironina total (T3T) e livre (T3L) e tiroxina total (T4T) e livre (T4L). A metodologia usada para avaliar a velocidade foi um monitor cardíaco com sistema de GPS acoplado a uma cinta (sensor H10 ligado ao relógio M430, Polar). Todas as variáveis foram analisadas através do ANOVA e do teste Tukey, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos permitiram concluir que as hormonas da tireóide se alteram em função da prática de exercício físico, revelando uma especial importância da mesma para os ajustes fisiológicos necessários na execução da modalidade de *dressage*. A compreensão de tais efeitos são cruciais para garantia de boa performance e bem-estar animal.

Palavras-chave: Tireóide; exercício; Lusitano; *Dressage*; bem-estar.

ABSTRACT

Studies on the acute effects of physical exercise on the thyroid gland are extremely scarce, especially with Lusitano dressage horses. With this in mind, the aim of this study was to investigate and contribute knowledge on the complex relationship between physical exercise and thyroid function in purebred Lusitano horses used in dressage. Eight male Pure Lusitano horses, with an average age of 4 years, in similar conditions in terms of health, training and management, were selected for the study, which were subjected to a dressage simulation test. The test lasted approximately 5 minutes, during which they performed dressage exercises, the intensity of which was adjusted according to the needs of each animal. The animals were assessed clinically and by taking blood samples before exercise (T0), immediately after the dressage simulation test (T1) and after 240 minutes of recovery (T2). Heart rate (HR), respiratory rate (RR), body temperature (TC), total (T3T) and free (T3L) triiodothyronine and total (T4T) and free (T4L) thyroxine were used as biomarkers. The methodology used to assess speed was a heart monitor with a GPS system attached to a strap (H10 sensor linked to a M430 watch, Polar). All variables were analysed using ANOVA and Tukey test, with $p < 0.05$.

The results obtained allowed us to conclude that thyroid hormones change depending on the practice of physical exercise, revealing its special importance for the physiological adjustments necessary when performing the dressage modality. Understanding such effects is crucial to ensuring good performance and animal welfare.

Keywords: Thyroid; exercise; Lusitano; *Dressage*; welfare.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A.P.S.L – Associação Portuguesa de Criadores de Cavalos Puro Sangue Lusitano;

ACTH – Hormona Adrenocorticotrófica;

AINES – Anti-inflamatórios Não Esteróides;

AMPc – β – Lactamase;

ATP – Adenosina Trifosfato;

bpm – Batimentos por minuto;

CCE- Concurso Completo de Equitação;

DIT – Diiodotironina;

EMS – Síndrome Metabólico Equino;

FC- Frequência Cardíaca;

FEI – Federação Equestre Internacional;

FR- Frequência Respiratória;

GPS - Global Positioning System;

LPL – Low Density Lipoproteins;

mg/dia – Miligrama por Dia;

MIT – Monoiodotironina;

mrpm – Movimentos Respiratórios Por Minuto;

ng/dL- Nanograma por Decilitro;

nmol/L – Nanomol por Litro

pg/ml – Picograma por Mililitro;

pmol/L – Picomol por Litro

PPID – Disfunção da Pars Intermédia da Pituitária;

ppm – Partes por Milhão;

PTU – Propiltiouracil;

RIA – Radioimunoensaio;

rT3 – Triiodotironina Reversa;

T3 – Triiodotironina;

T3L- Triiodotironina Livre;

T3T – Triiodotironina Total;

T4 – Tiroxina;

T4L – Tiroxina Livre;

T4T – Tiroxina Total;

TBG – Globulina Ligante a Tiroxina;

TC – Temperatura Corporal;

TC – Tomografia Computurizada;

TECs - Testes de Exercício a Campo;

TH – Hormona da Tiróide Não Ativa;

TRH – Hormona Libertadora de Tireotrofina;

TSD – Teste de Simulação de *Dressage*;

TSH – Hormona Estimulante da Tiróide;

VLDL – Very Low Density Lipoproteins;

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	3
Resumo	4
Abstract.....	5
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos.....	6
Índice Geral	8
Índice de Figuras	9
Índice de Tabelas	9
Capítulo I – Casuística de Estágio	10
Capítulo II – Introdução.....	13
Capítulo III– Revisão Bibliográfica.....	15
1. Anatomia e Fisiologia da Tiróide.....	15
1.1. Ação das Hormonas Tiroideias.....	19
1.2. Metabolização das hormonas tiroideias.....	20
1.3. Glândula Tiróide nos equinos.....	20
1.4. Principais afeções relacionadas com a tiróide	21
1.5. Diagnóstico de disfunções em equinos.....	22
2. Fisiologia do Exercício.....	26
3. O cavalo nas diferentes modalidades equestres	27
4. Cavalo Lusitano	28
5. A Disciplina Olímpica de <i>Dressage</i>	29
6. Influência do exercício na tiróide.....	29
Objetivos.....	33
Capítulo IV – Material e Métodos	34
Capítulo V – Resultados	39
Capítulo VI – Discussão	41
Capítulo VII – Conclusão	46
Bibliografia	47
Anexo I.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Casos observados de cada sistema em percentagem.	10
Figura 2 - Glândula tiróide de equino. 1. Istmo; 2. Traqueia; 3. Músculo cricofaríngeo (Dyce <i>et al.</i> , 2017).	15
Figura 3 - Estrutura das principais iodotironinas produzidas na glândula tiróide (Klein, 2021).	17
Figura 4 - Pista de <i>dressage</i> com a identificação dos percursos através de letras.	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Sequência de movimentos a serem realizados no teste de simulação à campo de uma prova de <i>dressage</i>	36
Tabela 2 - Parâmetros físicos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos submetidos a um teste de simulação de <i>dressage</i>	39
Tabela 3 - Análises hormonais (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos submetidos a um teste de simulação de <i>dressage</i>	39
Tabela 4 - Dados registados pelo sistema PolarSync nos jovens equinos Lusitanos submetidos a um teste de simulação de <i>dressage</i>	40

CAPÍTULO I – CASUÍSTICA DO ESTÁGIO CURRICULAR

A realização do estágio curricular da autora, para a conclusão do Mestrado Integrado em Medicina Veterinária e consequente culminar na origem desta dissertação, foi dividido por dois locais.

Os primeiros dois meses de estágio foram realizados de 12 de Setembro de 2022 a 12 de Novembro de 2022, com uma média de 830 horas de estágio, no Departamento de Medicina e Cirurgia de Equinos no Hospital Clínico Veterinário da Universidade da Estremadura, em Cáceres, Espanha, tendo sido orientado pelo Médico Veterinário Doutor Luis Javier Ezquerra Calvo e restante equipa.

Os restantes quatro meses de estágio foram realizados de 21 de Novembro de 2022 a 29 de Março de 2023, com uma média de 600 horas de estágio, em regime de ambulatório, na empresa VetGalope, sob orientação da Médica Veterinária Doutora Carolina Moreira Guerreiro.

1. Hospital Clínico Veterinário da Universidade da Estremadura

Durante o período de estágio, a autora pôde assistir e acompanhar consultas e urgências das mais diversas especialidades clínicas e cirúrgicas de medicina equina, tendo também assistido e acompanhado casos de medicina e cirurgia de ovinos e caprinos.

O Hospital Clínico Veterinário da Universidade da Estremadura é considerado um hospital de referência, realizando serviços de urgências 24 horas por dia, 365 dias por ano. O hospital dispõe de serviços como internamento, internamento infetocontagioso, cirurgia, reprodução, exames clínicos, entre outros serviços rotineiros.

Durante este período de estágio foi possível à autora acompanhar os casos das variadas especialidades, contabilizando um total 178 casos observados, diferenciados na Figura 1.

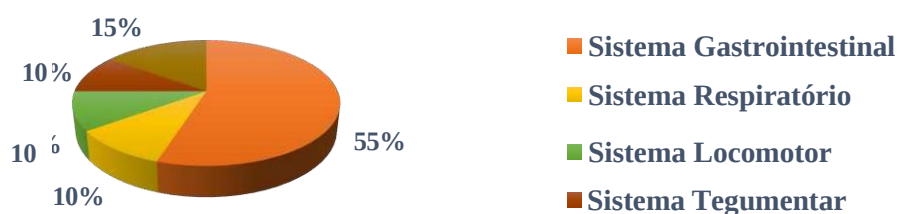


Figura 1 – Distribuição dos casos acompanhados por sistema orgânico em percentagem.

Dentro do sistema gastrointestinal, os casos acompanhados foram casos de síndrome de abdômen agudo referenciados ou pós cirúrgicos, sendo a grande maioria dos casos urgências. A resolução destes casos foi maioritariamente cirúrgica, p.ex. hérnias inguino-escrotais, impatações do intestino grosso, torções, volvos e deslocamentos.

Em relação aos casos do sistema reprodutor, a grande maioria dos casos assistidos e acompanhados pela autora consistiram na realização de procedimentos de *ovum pick-up* (OPU), fertilização dos oócitos recolhidos, congelamento de embriões e transferência de embriões. Dentro dos casos do sistema reprodutor, a autora teve também a possibilidade de realizar colheitas de sémen e de acompanhar e assistir à realização de orquiectomias bilaterais (técnica fechada). Associado ainda a este sistema, a autora pode acompanhar um caso de parafimose num equino.

Os casos relacionados com o sistema respiratório, foram maioritariamente o diagnóstico estático e dinâmico de hemiplegia laríngea e posterior correção através de cirurgia. No entanto foram também realizadas desobstruções do canal lacrimal em consequência de edemas de trato respiratório anterior, endoscopia e tomografia computadorizada (TC) dos seios nasais para diagnóstico de uma massa de grande dimensão.

Dentro do sistema locomotor, a maioria dos casos eram referenciados para a realização de exames imagiológicos, como de exames radiológicos, ecográficos, cintigrafias e TC. Associados a este sistema, foram também realizadas cirurgias, maioritariamente artroscopias das articulações metacarpo-falângicas, metatarso-falângicas, femoro-tibio-patelar e tarsometatársica. Foram também realizadas cirurgias para correção de fraturas mandibulares.

Por fim, dentro do sistema tegumentar, a autora pôde acompanhar casos de habronemose, diversos casos de lacerações com e sem afeção de estruturas sinoviais e um caso de pós-cirúrgico de fratura mandibular, que desenvolveu tecido de granulação exuberante e a sua posterior resolução.

A autora teve a possibilidade de atuar várias vezes em cirurgias, como circulante e segundo cirurgião, assistiu e auxiliou os pré e pós cirúrgicos anestésicos, realização de procedimentos de OPU e monitorização anestésica aquando deste procedimento. Em conjunto com os internos do hospital, estava responsável pela monitorização dos animais internados, a administração de fármacos, trocas de pensos, análises laboratoriais e preparação para a receção de urgências.

Foi assim possível à autora, durante os dois meses de estágio no hospital, adquirir conhecimento de medicina interna equina, anestesia e cirurgia, assim como a consolidação de

procedimentos diários em ambiente hospitalar. Uma vez que este estágio foi realizado através do programa de Erasmus +, a autora teve a possibilidade de desenvolver uma língua não materna, neste caso o espanhol, a capacidade de integração e de trabalho em equipa.

2. Galope

Os quatro meses de estágio realizados, sob orientação da Doutora Carolina Guerreiro, foram em regime de ambulatório. Os casos clínicos observados foram maioritariamente nas áreas de medicina desportiva, medicina interna e reprodução de equinos.

Dentro da medicina desportiva, a autora teve a possibilidade de assistir, auxiliar e realizar diversos procedimentos, destacando o diagnóstico de claudicações, através da realização de exame estático, exame dinâmico, testes de flexões, exame radiológico e ecográfico, bloqueios perineurais, infiltrações intra-articulares (articulação interfalângica distal, articulação metacarpo-falângica, articulações intertársicas, articulação tarsometatársica, articulação femoro-tíbio-patelar, articulação sacroilíaca, articulação coxo-femoral, intervertebrais, entre outras). Foi também realizado o diagnóstico e posterior tratamento de patologias de tecidos moles.

Em relação à área de medicina interna, a autora acompanhou casos de síndrome de abdómen agudo, lacerações com trocas regulares de penso, orquiectomias (técnica aberta – com incisão escrotal e da túnica parietal). Foram também realizados diversos procedimentos odontológicos, exames de ato de compra, vacinações, desparasitações e identificação e registo de equinos.

Dentro da área de reprodução, a autora auxiliou na monitorização do ciclo éstrico de diversas éguas, administração de progestagénios e indução da ovulação, recolhas de sémen, avaliação do sémen, inseminações artificiais, colheita de embriões e diagnóstico de gestação.

A autora conclui que estes quatro meses de estágio foram bastante proveitosos, conseguindo consolidar conhecimento, aprimorar o desempenho de diversos procedimentos, aprimorar a capacidade de interpretar sinais clínicos, imagens radiográficas e ecográficas, ganhar capacidade de pensamento clínico, conseguindo sempre acompanhar todos os casos e esclarecer todas as dúvidas e acima de tudo absorver muito conhecimento clínico.

CAPÍTULO II – INTRODUÇÃO

A ação das hormonas tiroideias, tiroxina (T4) e triiodotironina (T3), está vitalmente integrada em muitas funções do corpo, incluindo no crescimento, na reprodução, na lactação, no exercício, no metabolismo de hidratos de carbono e lipídios, energia e termogénese (Frank *et al.*, 2002). É importante obter um conhecimento adequado da função tiroideia e da sua avaliação, de forma a auxiliar os cavalos a atingirem o seu pleno potencial atlético, reprodutivo, desenvolvimento e metabólico.

O hipotiroidismo é relatado com maior frequência do que o hipertiroidismo como uma forma de disfunção tiroideia em cavalos. Sinais clínicos que anteriormente haviam sido associados ao hipotiroidismo incluem obesidade, pescoço engrossado, laminite e infertilidade (Johnson *et al.*, 2003). Os sintomas que resultam da tireoidectomia incluem pêlo áspero, temperatura retal mais baixa, frequência cardíaca mais baixa, ganho de peso reduzido, diminuição do consumo de alimentos e intolerância ao exercício (Marcatili *et al.*, 2017).

A falta de um método unificado e satisfatório para avaliar o estado da glândula tiróide resultou na suplementação de muitos cavalos com hormona tiroideia sem um diagnóstico adequado de disfunção da glândula tiróide (Bertin *et al.*, 2023). Em humanos, as medidas de tirotrófina (TSH) e tiroxina livre (T4L) são frequentemente usadas para avaliar a função tiroideana; em cães, os testes de resposta à hormona libertadora de tirotrófina (TRH) são frequentemente utilizados (Graves *et al.*, 2006). O diagnóstico de alterações tiroideias depende de uma análise sanguínea das hormonas, considerando fatores ambientais e fisiológicos, como a idade (Klein, 2021). Em equinos, atualmente, a melhor técnica disponível para avaliar a funcionalidade da tiróide é a medição sérica das concentrações basais totais de T3 e T4, e de suas frações livres. Essa dependência nas concentrações basais das hormonas da tiróide pode ser parcialmente devido à falta de meios comerciais para medir TSH e administrar TRH, uma vez que ambos são dispendiosos, apresentam uma disponibilidade limitada e podem fornecer resultados inconclusivos, dado que existem poucos testes validados. Por essa razão, na maioria dos casos de aparente disfunção da tiróide, o diagnóstico é baseado nos sintomas clínicos e na medição da concentração basal das hormonas tiroideanas no soro (Bertin *et al.*, 2023).

Independente da comprovação do comprometimento da tiróide em equinos, o tratamento atual para obesidade, laminite e infertilidade frequentemente inclui uma suplementação oral de levotiroxina (Breuhaus, 2004). Estima-se que os custos da suplementação exógena com uma hormona tiroideia excedam um milhão de dólares por ano

(Riddle e Gutierrez, 2003). Essa prática controversa, tem recebido especial atenção nos últimos 5 a 10 anos, ao longo dos quais muitos profissionais relatam que os animais, apesar da suplementação com hormonas da tiróide, continuam a apresentar excesso de peso, em relação à incidência de laminite, esta parece não sofrer alterações (Breuhaus, 2019).

CAPÍTULO III– REVISÃO BIBLIOGRAFICA

1. Anatomia e Fisiologia da Tiróide

A glândula tiróide está localizada, na maioria dos mamíferos, dorsolateralmente à traqueia imediatamente caudal à laringe (Budras, Sack & Röck, 2012). Nos equinos, a glândula tiróide encontra-se, por vezes, também localizada sobre a parte mais cranial da traqueia, na qual se encontra ligada por uma fáscia cervical profunda. Apresenta uma cor vermelha-escura, uma textura firme e altamente vascularizada (Klein, 2021). Esta glândula é bilobada, na qual os dois lobos estão conectados por uma área de tecido denominada istmo (Figura 2), com cada lobo medindo, aproximadamente, 2,5 x 2,5 x 5cm (Frank *et al.*, 2002). Os lobos estão posicionados por um ângulo de união das veias jugular e linguofacial. Nos adultos, os lobos são ovais, pesando cada um, aproximadamente 15 gramas (Dyce *et al.*, 2017). O istmo prolonga-se pela superfície ventral da traqueia, conectando-se, assim, com os lobos tiroideios. Nos cavalos adultos, o istmo é formado por uma fina camada de tecido conjuntivo, no entanto, podem ocorrer variações na inserção do mesmo nos lobos da tiróide (Budras *et al.*, 2012). Nos poldros, o istmo está bem desenvolvido e é inteiramente glandular. Nos burros e mulas, normalmente, o istmo está bem desenvolvido (Klein, 2021).

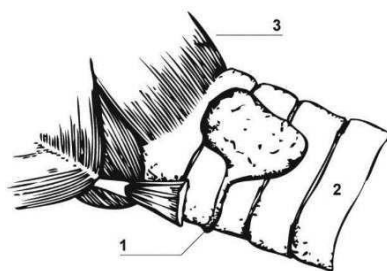


Figura 2- Glândula tiróide de equino. 1. Istmo; 2. Traqueia; 3. Músculo cricofaríngeo (Dyce *et al.*, 2017).

A glândula tiróide é uma glândula endócrina importante para regularização do metabolismo. Esta glândula está rodeada por uma fina cápsula de tecido conjuntivo denso e irregular (Klein, 2021). O tecido glandular da tiróide é constituído por folículos que por sua vez são compostos, por uma camada externa de células foliculares originando um lúmen. No interior deste lúmen está uma substância de coloração homogénea e viscosa, denominada

coloide, que é a principal forma de armazenamento das hormonas da tiróide (Aumer *et al.*, 2011). As células foliculares podem apresentar uma forma cuboide, quando a secreção é basal e uma forma alongada, quando ocorre um estímulo para a libertação hormonal (Klein, 2021). Entre os folículos encontram-se as células parafoliculares ou células C, que secretam calcitonina, uma hormona que intervém no metabolismo do cálcio (Levy *et al.*, 2023).

A tirosina e o iodo são as duas moléculas com maior importância para a síntese das hormonas da tiróide. A tirosina possui elevado peso molecular (660.000 Da) e representa uma parte da molécula tiroglobulina, sendo formada na célula folicular e secretada para o lúmen folicular (Klein, 2021). No trato gastrointestinal, o iodo é convertido em iodeto e transportado para a tiróide, onde é capturado pelas células foliculares através do processo de transporte ativo, o que leva a concentrações intracelulares de iodeto muito superiores ao nível extracelular (Aumer *et al.*, 2011). O iodeto ao passar pela parede apical da célula, conecta-se às estruturas anelares das moléculas de tirosina, através da tiroperoxidase, que por sua vez, pertencem à sequência de aminoácidos da tiroglobulina, sendo por isso monómeros da tiroglobulina (Klein, 2021).

Cada anel de tirosina é capaz de suportar duas moléculas de iodeto: se ocorrer a ligação de uma molécula de iodeto, esta é denominada monoiodotirosina, e se ocorrer a ligação de duas moléculas, é denominada diiodotirosina (Frank *et al.*, 2002). A junção de duas moléculas de tirosina iodadas resulta na formação das principais hormonas da tiróide, ou seja, duas moléculas de diiodotirosina formam a tetraiodotironina, tironina ou tiroxina (T₄), uma molécula de monoiodotirosina e uma de diiodotirosina formam a triiodotironina (T₃) (Figura 3) (Levy *et al.*, 2023).

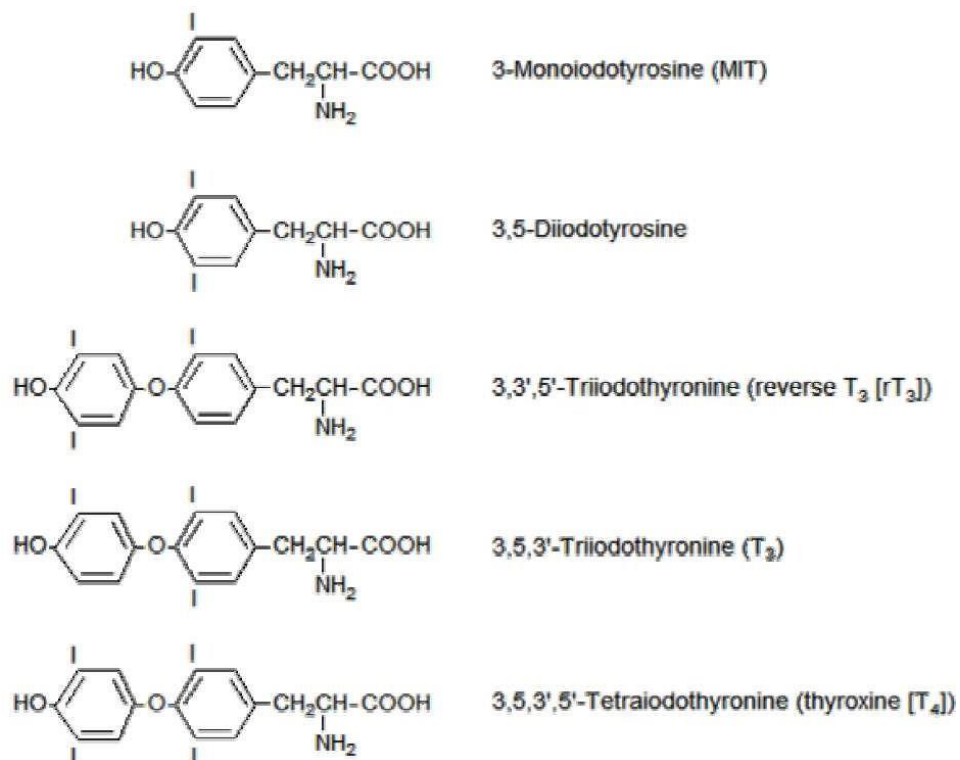


Figura 3- Estrutura das principais iodotironinas produzidas na glândula tiróide (Klein, 2021).

As hormonas tiroideias permanecem no lúmen acinar extracelular até à sua libertação em grandes quantidades (Klein, 2021). Antes de serem secretadas, as moléculas iodadas de tiroglobulina passam para o citoplasma das células foliculares por pinocitose e fundem-se com lisossomas que contém enzimas proteolíticas, responsáveis pela clivagem das várias moléculas de T3 e T4 (Frank *et al.*, 2002). As tironinas são libertadas pela membrana celular basal e a monoiodotirosina e a diiodotirosina sofrem desiodização por uma enzima denominada iodotirosina desalogenase. Neste processo, tanto as moléculas de tirosina remanescentes como as moléculas e iodeto, são recicladas com o intuito de formar uma outra hormona associada à tiroglobulina (Levy *et al.*, 2023).

A maior parte da formação da T3 ocorre fora da glândula tiróide, pela desiodização da T4 (Dellmann & Eurell, 1998). Os tecidos que possuem a maior concentração de enzimas responsável pela síntese de iodo são o fígado e os rins, embora o tecido muscular produza relativamente mais T3, de acordo com o tamanho (Levy *et al.*, 2023). A enzima envolvida na remoção do iodeto do anel fenólico externo da T4 na formação da T3 é denominada 5' monodesiodinase (Klein, 2021). Também é formado um outro tipo de T3, na qual uma molécula

de iodo é removida do anel fenólico interno da T4, um composto chamado T3 reversa, uma forma inativa de T3. A T3 reversa possui poucos dos efeitos biológicos das hormonas tiroideias, sendo formada apenas pela ação das enzimas, que realizam a desiodização, extra tiroidianas, e não pela atividade da glândula tiróide (Klein, 2021). As ações das hormonas tiroideias, tiroxina (T4) e triiodotironina (T3), são fundamentais em muitas funções corporais, incluindo crescimento, reprodução, lactação, exercício, metabolismo de hidratos de carbono e de lípidos, energia e termogénese (Graves *et al.*, 2006).

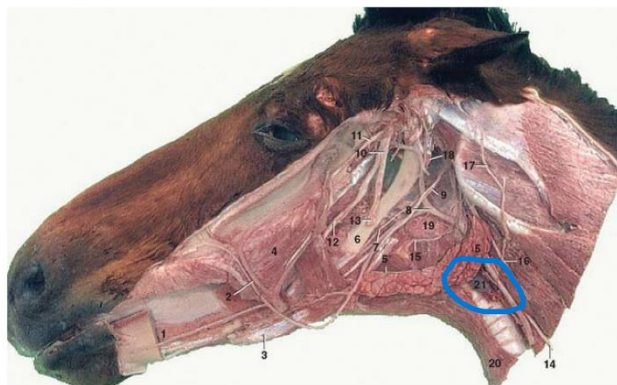


Figura 4 – Glândula tiróide de equino. (Dyce *et al.*, 2017).

Existe uma diferença interespecífica considerável nas proteínas que fazem ligação às hormonas da tiróide. A proteína transportadora mais importante é a globulina de ligação à tiroxina (TBG), que apresenta alta afinidade para T4, no entanto possui uma baixa concentração o que origina uma baixa capacidade de ação. Esta proteína é também uma importante transportadora da T3 (Getty, 1999). A TBG está descrita em todas as espécies, à exceção dos gatos. A proteína albumina representa também um papel importante no transporte das hormonas da tiróide. No entanto, a albumina apresenta uma baixa afinidade pela T3 e T4, mas uma alta capacidade uma vez que possui uma elevada concentração plasmática (Levy *et al.*, 2023). Na ausência da TBG, a albumina é a proteína transportadora mais importante para as hormonas da tiróide. Todas as espécies possuem uma terceira proteína plasmática, a pré-albumina ligante da tiroxina, apresentando especificidade e capacidade intermediárias, entre as da TBG e as da albumina. O termo pré-albumina refere-se à migração da proteína durante a eletroforese, não à síntese da molécula (Toribio & Duckett, 2005). Como todas as hormonas lipossolúveis que são transportadas no plasma, a grande maioria da T3 e T4 permanece ligada e uma pequena parte permanece livre, interagindo com os recetores das células dos tecidos-alvo (Graves *et al.*, 2006).

O equilíbrio entre as hormonas livres e ligadas pode ser alterado com facilidade através de mudanças de condições fisiológicas e/ou farmacológicas, como ocorre durante a gestação,

em que existe um aumento nas concentrações de estrógeno. Os estrógenos, presentes durante a gestação, atuam ao nível do fígado, aumentando a síntese de TBG, o que leva a uma alteração na forma ligada (Klein, 2021). Para voltar a atingir o equilíbrio de hormonas livres e ligadas, ocorre uma redução na taxa metabólica ou através da estimulação da produção de hormonas da tiróide, pela libertação da hormona estimulante da tiróide (TSH) (Klein, 2021).

1.1. Ação das Hormonas Tiroideias

À semelhança das hormonas esteroides, as hormonas tiroideias são apolares e por consequência lipofílicas (Breuhaus *et al.*, 2019).

As hormonas da tiróide são, provavelmente, as principais determinantes do metabolismo basal. No entanto, é difícil definir os seus efeitos fisiológicos com precisão, uma vez que os efeitos destas hormonas foram demonstrados pela criação de estados de hipo e hipertiroidismo (Durham, 2016). Estas hormonas apresentam também a capacidade de aumentar o consumo de oxigénio, que por sua vez aumentam a produção de calor. Este efeito deve-se à ação das mitocôndrias, local onde foi relatada a presença de recetores de T3 (Klein, 2021).

As hormonas da tiróide atuam no metabolismo dos hidratos de carbono, aumentando a absorção intestinal de glicose e a sua movimentação nos tecidos adiposo e muscular, promovendo também a absorção de glicose (Klein, 2021). Facilitam a glicogénese em pequenas quantidades e aumentam a glicogenólise em grandes quantidades (Toribio & Duckett, 2005). As hormonas da tiróide são essenciais ao desenvolvimento e crescimento, uma vez que aumentam a absorção celular de aminoácidos e a produção de enzimas envolvidas na síntese proteica. As hormonas tiroideias têm um efeito particular na redução dos níveis plasmáticos de colesterol, por aumento da absorção de lipoproteínas de baixa densidade (LDLs), associadas a moléculas de colesterol e a sua consequente degradação, ou seja, favorecem o processo da lipólise (Klein, 2021).

A expressão do sistema nervoso simpático é favorecida pela presença de hormonas da tiróide, através da estimulação dos recetores beta adrenérgicos nos tecidos-alvo das catecolaminas, nomeadamente da epinefrina e da norepinefrina (Graves *et al.*, 2006). A presença de hormonas da tiróide é também crucial para o desenvolvimento do sistema nervoso simpático no feto e no neonato havendo na sua ausência uma inibição da atividade mental (Frank *et al.*, 2002). As hormonas tiroideias atuam também no aumento da frequência cardíaca e na força de contração cardíaca, devido à indução dos recetores beta catecolaminérgicos pelas hormonas tiroideias, que causa um aumento na resposta tecidual (Toribio, 2005). Como consequência do aumento da pressão sistólica, ocorre um aumento da pressão sanguínea, sem alteração na pressão diastólica, o que origina um aumento do débito cardíaco (Ferlazzo *et al.*, 2018). Quando há um aumento da atividade tiroideia, este tipo de resposta é facilmente observado, por isso, no que toca à atividade cardiovascular, as hormonas da tiróide apresentam

uma elevada importância na manutenção da atividade contrátil normal do músculo cardíaco, incluindo também na transmissão dos impulsos nervosos (Cokkinos, 2016).

1.2. Metabolização das hormonas tiroideias

As hormonas da tiróide têm como principal forma de metabolização a remoção das moléculas de iodo, à exceção da T3 formada a partir da T4. Para a realização da síntese da T3 e da T3 reversa, estão envolvidas duas enzimas que atuam também no catabolismo das hormonas da tiróide, 5-monodesiodinase e 5'-monodesiodinase a nível do fígado, rim e tecido muscular, através da desiodização (Klein, 2021).

Outra forma de metabolização é através da conjugação das hormonas da tiróide com sulfatos e glicuronídeos formados principalmente no fígado e nos rins. No entanto esta forma de metabolização é menos comum que a desiodização (Toribio & Duckett, 2005).

A metabolização destas hormonas pode ser realizada também por transaminação e descarboxilação de uma parte da molécula tironina (Klein, 2021).

As formas desiodizada e conjugada são excretadas através da urina ou através das fezes e secreção biliar no caso da forma não metabolizada. As formas conjugadas, degradadas nas fezes, originam a produção de iodeto, que pode ser recuperado através da circulação enterohepática (McKeever & Gordon, 2004).

1.3. Glândula Tiróide nos equinos

As disfunções da tiróide são classificadas de acordo com as alterações das concentrações das hormonas da tiróide disponíveis no organismo, sendo que o hipotiroidismo é mais frequentemente relatado em cavalos comparativamente ao hipertiroidismo (Durham, 2016). Sabe-se que o hipertiroidismo em equinos é extremamente raro, relatado apenas em casos de neoplasias da tiróide (Alberts *et al.*, 2000), no entanto a prevalência real do hipotiroidismo em animais adultos é também desconhecida (Bertin *et al.*, 2023).

As concentrações de triiodotironina total (T3T) e tiroxina total (T4T) em repouso são por vezes mais baixas do que o normal em cavalos com Síndrome Metabólico Equino (EMS) e em cavalos com Disfunção da *Pars Intermedia* da Pituitária (PPID). Como consequência, os sinais clínicos associados a estas doenças tais como obesidade, adiposidade regional, laminite e infertilidade têm sido incorretamente atribuídos ao hipotiroidismo equino (Frank *et al.*, 2002).

A administração de fenilbutazona, normalmente utilizada para o tratamento da laminite, originou uma maior confusão, uma vez que este fármaco reduz as concentrações séricas de T4T (Breuhaus, 2019). As alterações não relativas à tiróide, como por exemplo doenças inflamatórias ou metabólicas não relacionadas com a tiróide, podem causar uma redução na concentração das hormonas da tiróide, através da supressão da secreção da hormona libertadora de tirotropina (TRH) pelo hipotálamo ou da TSH libertada pela glândula pituitária (Bertin *et al.*, 2023). Este processo representa um ajuste metabólico e benéfico, aquando da presença de uma alteração patológica, ou seja, um cavalo adulto com baixas concentrações séricas das hormonas da tiróide em repouso, não significa necessariamente que sofra de hipotiroidismo primário, uma vez que responde normalmente aos testes de estimulação hormonal (Mair, 2013).

1.4. Principais afeções relacionadas com a tiróide

O hipotiroidismo, refere-se a uma deficiência da hormona não ligada/biologicamente ativa da tiróide (TH) e pode ser classificado, de uma maneira geral, como primário, secundário ou terciário (Bertin *et al.*, 2023).

O termo hipotiroidismo primário é utilizado para descrever as disfunções da própria glândula tiróide. A secreção anormal de TSH pela adeno-hipófise constitui o hipotiroidismo secundário. O hipotiroidismo terciário não se encontra descrito em equinos, mas corresponde a uma libertação inadequada de TRH pelo hipotálamo (Joseph *et al.*, 2015). Uma quarta classe de hipotiroidismo seriam as condições que afetam a ligação e a atividade das hormonas circulantes nos tecidos periféricos (Breuhaus, 2011). Assim, o hipotiroidismo ocorre em quatro formas distintas nos equídeos: hipotiroidismo congénito em poldros; hipotiroidismo primário idiopático em cavalos adultos; hipotiroidismo secundário; e síndrome do doente eutiroideu (SEE) em animais com doença não tiroideia grave (Frank *et al.*, 2002).

Existem dois relatos publicados de hipertiroidismo em cavalos e em ambos os animais afetados apresentavam tumores unilaterais da tiróide que foram removidos cirurgicamente com sucesso. Um cavalo castrado de 21 anos apresentou com uma glândula tiróide aumentada que mais tarde se determinou ser um adenocarcinoma da tiróide. Este cavalo apresentava os problemas de perda de peso, taquipneia e taquicardia esporádicas (Alberts *et al.*, 2000). A massa foi removida cirurgicamente juntamente com um lobo da glândula tiróide e o cavalo sofreu de

efeitos secundários transitórios, incluindo convulsões, mas com posterior recuperação total. Neste doente, a concentração sérica de T4T encontrava-se dentro dos limites de referência, mas a concentração de tiroxina livre (T4L) estava elevada. O segundo relatório descreve um cavalo castrado de 23 anos com um adenoma da tiróide que apresentava emaciação, taquicardia, febre e comportamento um frágil (Mair, 2013).

A tiróide pode apresentar também neoplasias. A maior parte da neoplasias da tiróide relatadas em equinos, são adenomas benignos, mais comuns em cavalos de meia-idade (10 a 20 anos de idade) ou mais velhos quando o aumento é detetado (Elce, 2014). O sinal clínico, mais comum, associado a estes adenomas é o aumento da glândula, pelo que os tumores da tiróide são por vezes confundidos com abscessos dos gânglios linfáticos secundários a uma infeção por *Streptococcus equi*. (Breuhaus, 2004). Além disso, alguns casos de tumores de células C foram relatados em cavalos que também se encontravam relativamente livres de sinais clínicos, como se observa em casos de hipotiroidismo, para além do aumento da glândula tiróide e do processo de deglutição contínuo (Mair, 2013).

1.5. Diagnóstico de disfunções em equinos

O diagnóstico de alterações da tiroide em equinos representa um desafio devido aos efeitos de fatores não tiroidianos sobre o eixo hipotálamo-hipófise-tiróide, e à capacidade do cavalo para tolerar grandes alterações nas concentrações de hormonas da tiróide e até mesmo sobreviver sem esta glândula. Em países como os Estados Unidos da América onde as concentrações sanguíneas de hormonas da tiróide são medidas por rotina em cavalos, o hipotiroidismo é um diagnóstico comum. No entanto, este é um diagnóstico presuntivo baseado na deteção de concentrações baixas de hormona tiroideia no sangue e o hipotiroidismo raramente é confirmado (Bertin, 2023).

Medições únicas das concentrações de hormonas da tiróide, embora simples de realizar, poderá não representar um indicador fidedigno da função tiroideia. Uma variedade de medicamentos, bem como estados fisiológicos ou patofisiológicos, podem resultar na medição de níveis baixos, mesmo na ausência de doença da glândula tiróide (Frank *et al.*, 2002). No cavalo, algumas dessas causas incluem o jejum a administração de fenilbutazona ou corticosteroides, o exercício intenso, dietas ricas em energia, proteína, zinco ou cobre e doenças não tiroidianas (Sojka, 1995). Portanto, é importante que as medições das hormonas tiroideias

sejam realizadas em cavalos que não receberam nenhum medicamento pelo menos durante 2 semanas e de preferência 4 semanas antes do teste (Breuhaus, 2011).

Quando o único meio de diagnóstico é a medição das hormonas tiroideias, também é importante medir as frações livres de T4 e T3, porque certas patologias (como doenças hepáticas e outras), administração de medicamentos (como salicilatos e fenilbutazona) ou de hormonas (como estrogénio) podem alterar a ligação a proteínas (Molina, 2010).

1.5.1. Medição de hormonas da tiróide

Atualmente a função tiroideia de um equino é avaliada através da medição das concentrações séricas totais e livres da T3 e T4, assim como a resposta destas hormonas à administração de TRH e TSH (Bertin *et al.*, 2023).

A T4 e a T3 podem ser facilmente medidas em laboratórios de diagnóstico a partir do soro ou do plasma [heparina ou ácido etilenodiaminotetracético (EDTA)], no entanto, como referido anteriormente, o desafio para o clínico é interpretar adequadamente os resultados (Oberhaus *et al.*, 2021).

A interpretação é um desafio porque as hormonas da tiróide no sangue (total ou livre) não refletem a capacidade de resposta da glândula tiróide durante a presença de doença ou alterações ambientais (Bertin *et al.*, 2023). Foram desenvolvidos e validados vários ensaios para medir as hormonas da tiróide dos equídeos, incluindo radioimunoensaios, ensaios de imunoabsorção enzimática e ensaios de quimioluminescência (Tangyuenyong *et al.*, 2017), e foram desenvolvidos intervalos de referência para as frações total e livre das hormonas da tiróide em cavalos (Breuhaus, 2011). No entanto, os intervalos de referência são bastante amplos, uma vez que as hormonas da tiróide são segregadas de forma pulsátil e cada laboratório utiliza os seus próprios intervalos (Thompson *et al.*, 1997).

A medição da tiroxina por métodos diretos também subestima as concentrações de T4 devido à sua elevada afinidade pelas proteínas e pela ligação às proteínas após a amostragem (Soldin & Soldin, 2011).

O método de diálise de equilíbrio permite a determinação da fração livre de T4 e, por conseguinte, é considerado uma melhor representação da T4 disponível do que os métodos diretos (Breuhaus *et al.*, 2006) A utilização de um painel de hormonas da tiróide, incluindo as

frações total e livre de T4 e T3, é, portanto, recomendada para limitar os falsos diagnósticos de hipotireoidismo (Frank *et al.*, 2002).

Se apenas estiver disponível uma avaliação limitada, as frações livres são preferíveis, uma vez que a ligação às proteínas das hormonas da tiróide pode ser alterada em estados de doença ou após a administração de fármacos. No entanto, é referido que, em indivíduos saudáveis, as frações totais e livres estão correlacionadas (Bertin *et al.*, 2023).

As concentrações baixas de T4 total (T4T) ou T3 total (T3T) são muitas vezes interpretadas erradamente como diagnóstico de hipotireoidismo. No entanto, essa interpretação é incorreta em quase todos os casos, uma vez que a diminuição das concentrações de T4T e T3T são uma resposta normal a vários fatores e não refletem uma função anormal da glândula tiróide (Sojka *et al.*, 1993).

Deve ter-se em conta que o eixo hipotálamo-hipófise-tiróide é um sistema endócrino dinâmico e uma única medição das concentrações de hormonas da tiróide não indica a taxa de produção ou secreção de hormonas pela glândula tiróide (Bertin *et al.*, 2023). O diagnóstico de hipotireoidismo só pode ser confirmado através de um teste da função tiroideia que demonstre uma resposta inadequada da glândula tiróide à estimulação (Messer *et al.*, 1995).

Existem muitas explicações potenciais para as baixas concentrações de T4T e T3T: diminuição da disponibilidade de alimentos, alterações na composição da dieta (tipo de planta, energia, proteína, selénio, zinco ou cobre), administração de fenilbutazona (e provavelmente outros anti-inflamatórios não esteróides), compostos contendo iodo, administração de dexametasona (sistémica ou tópica), exposição ao frio, exercício físico, transporte e gestação têm demonstrado alterar as concentrações de hormonas da tiróide (Fazio *et al.*, 2016).

O hipertireoidismo, foi relatado em cavalos com tumores funcionais da tiróide. Nesses casos, as concentrações de T4T e T3T são frequentemente 2-3 vezes mais elevadas do que o normal. Embora tais aumentos sejam altamente suspeitos de hipertireoidismo, a comparação com um cavalo de controlo saudável compatível e um teste de supressão de T3 podem confirmar o diagnóstico (Alberts *et al.*, 2000).

1.5.2. Testes de Estimulação

Os testes de estimulação fornecem um maior detalhe do estado da tiróide comparativamente às medições individuais das concentrações das hormonas da tiróide (Morris & Garcia, 1985).

Estes testes envolvem a medição das concentrações de hormonas da tiróide antes e depois da administração de TRH ou TSH para estimular a libertação da hormona tiroideia (Horn *et al.*, 2021). Apesar de ser possível, os testes dinâmicos não são usualmente, efetuados em regime de ambulatório, uma vez que são necessárias várias colheitas de sangue, ao longo de várias horas e, além disso, a TRH e a TSH não estão prontamente disponíveis e podem ser dispendiosas (Costello *et al.*, 2019).

De acordo com Breuhaus (2011), para efetuar um teste de estimulação, obtém-se uma amostra de sangue de controlo, TRH (1 mg para um cavalo de 450-500 kg, em média) ou TSH (5 UI) é administrada por via intravenosa, e são recolhidas as amostras de sangue subsequentes.

As concentrações de T3 devem duplicar em 2 horas e as concentrações de T4 devem duplicar em 4 horas (Morris & Garcia, 1985).

1.5.3. Testes de Supressão

Foi descrito em equinos, um teste de supressão de T3 para confirmar o diagnóstico de hipertiroidismo (Alberts *et al.*, 2000).

De acordo com Breuhaus (2011), recolhe-se uma amostra de sangue de controlo antes da administração intramuscular de 2,5 mg de T3 diluídos em 5 ml de solução salina estéril, a T3 é administrada duas vezes por dia durante quatro dias, num total de 7 doses.. São recolhidas amostras de sangue 5 minutos antes de cada dose de T3, depois duas vezes por dia nos dias 5 e 7 e na manhã do dia 10, após a última administração.

Em cavalos normais, as medições de T4 e T3 estão dentro do intervalo de referência na amostra de sangue de controlo. A administração de T3 deve resultar num aumento de 10 a 20 vezes na concentração sérica de T3, enquanto a concentração sérica de T4 deve diminuir gradualmente, permanecendo suprimida durante, pelo menos, 5 dias após a última dose de T3 (Breuhaus, 2004).

1.5.4. Exame imagiológico: ecografia e cintigrafia

O exame ecográfico da tiróide revela se o aumento da glândula devido a tecido sólido ou quístico e permite a comparação do tamanho e a ecogenicidade dos lobos direito e esquerdo. A ultrassonografia também pode ser usada para identificar um local para aspiração com agulha fina. A biopsia não é recomendada devido à natureza altamente vascular da glândula tiróide. (Sarkar, 2006).

A cintigrafia nuclear é uma ferramenta bem estabelecida para a avaliação da função tiroideia, detecção de doença metastática e medição do volume metabólico do tumor em humanos e pequenos animais (Feeney & Anderson, 2007). A cintigrafia nuclear da glândula tiróide foi descrita no cavalo. Esta técnica é especialmente útil para determinar a função da glândula tiróide e se existem diferenças de função entre os lobos (Davis *et al.*, 2010).

2. Fisiologia do Exercício

O exercício físico gera efeitos benéficos para a saúde, entretanto é considerado um estressor fisiológico. Aquando da prática de atividade física, ocorrem respostas comportamentais e físicas, visando o restabelecimento da homeostasia corporal (Cayado *et al.*, 2006). Tais respostas adaptativas variam com a intensidade e a duração do exercício (Ferlazzo *et al.*, 2020) e quando esse é realizado em excesso, pode ser prejudicial para diversos sistemas corporais (Allen *et al.*, 2016).

Para que o rendimento desportivo seja vantajoso, é necessário que ocorram alterações fisiológicas que diminuam, também, o risco de lesão, quer a nível muscular quer a nível cardiovascular (Coelho *et al.*, 2015). A análise fisiológica dos cavalos atletas, pode ser feita através das variáveis obtidas de forma minimamente invasiva, com auxílio de métodos de baixo custo e que possam integrar a rotina do animal (Costa *et al.*, 2018). Durante o treino ou em competição, recorrer ao exame físico e às análises hematológicas e bioquímicas, permite um acompanhamento e entendimento da adaptação de cada animal, frente ao exercício físico realizado (Balarin *et al.*, 2005).

3. O cavalo nas diferentes modalidades equestres

Devido à evolução, o cavalo tornou-se um atleta extraordinário, considerado uma presa na natureza, tendo capacidades como a velocidade, que o permitem escapar dos predadores e resistência para percorrer longos caminhos à procura de água e comida (Hinchcliff *et al.*, 2008). Estas características foram desenvolvidas devido ao número de adaptações fisiológicas presentes neste animal, tais como, a sua elevada capacidade aeróbia, os depósitos intramusculares de substratos energéticos como o glicogénio, o elevado volume de mitocôndrias presentes no músculo, a capacidade para aumentar o transporte de oxigénio na corrente sanguínea aquando do início do exercício por contração esplénica, a sua eficácia nos andamentos e a sua termorregulação eficiente (Jansen *et al.*, 2002).

As raças de cavalos mais robustas foram criadas para os trabalhos de tração, como a puxar arados, trenós ou carroças, mas também para trabalho militar, já que tinham que transportar os cavaleiros com as características armaduras pesadas da Idade Média. Os cavalos mais leves ou menos robustos, eram criados com o intuito de velocidade e resistência, sendo utilizados para transportes, pastoreio e desporto (McKeever, 2002).

As diversas disciplinas equestres requerem capacidades atléticas diferentes, como o caso dos cavalos de corrida, que precisam de ter a capacidade de atingir grandes velocidades de forma rápida; já nos cavalos de obstáculos, os ângulos articulares são de elevada importância, uma vez que necessitam de comprimir e expandir de forma regular (Back & Clayton, 2013).

Os cavalos de obstáculos apresentam ângulos da anca, do curvilhão e dos boletos, mais fechados que os de cavalos de *dressage*, sendo também o posicionamento da articulação lombossacra essencial para que o cavalo se alongue na fase de suspensão do salto (Montepedado, 2017). Nos cavalos designados à *dressage*, a conformação do animal é de elevada importância. Os andamentos dos cavalos estão relacionados de forma positiva com os seguintes parâmetros: impressão geral (aderência ao padrão da raça e pontuação geral da forma), perímetro do peito e tórax (peito mais profundo, com uma caixa torácica bem desenvolvida e inserção oblíqua na coluna) e pernas (musculatura harmoniosamente desenvolvida, com boa definição dos tendões e articulações; correta conformação e equilíbrio entre os membros anteriores e posteriores) (FEI, 2013; Vicente *et al.*, 2014).

As disciplinas olímpicas variam consideravelmente no seu grau de exigência. Os cavalos de *dressage* excutam durante 4-8 minutos (min), diferentes exercícios e movimentos, que requerem uma exigência a nível técnico, em que a sua frequência cardíaca (FC) raramente

excede os 150 batimentos/min (bpm), já os cavalos de obstáculos, que atingem velocidades entre 5 e 7,5 metros/segundo, apresentam uma FC de aproximadamente 150 bpm no início e no fim do percurso apresentam 190 bpm (Munsters *et al.*, 2014).

As disciplinas olímpicas como o Concurso Completo de Equitação (CCE), a *dressage* e os saltos de obstáculos, pertencem ao programa olímpico desde 1912, mas os efeitos do treino, a aptidão física dos cavalos e a relação entre a ocorrência de lesões e o desempenho dos cavalos nas mesmas não foram alvo de muita investigação no que toca à modalidade de *dressage* (Munsters *et al.*, 2014).

4. Cavalo Lusitano

O cavalo Lusitano é a raça portuguesa mais comumente utilizada em Portugal, estando também muito representada a nível internacional, com mais de 5.000 éguas reprodutoras registadas. No Brasil onde se registam as maiores coudelarias, mas a raça também está representada em Espanha, França, Itália, Bélgica, Reino Unido, México e muitos outros países (Vicente *et al.*, 2012; Vicente, 2015).

Segundo a ideologia renascentista da equitação clássica, onde era priorizada a harmonia, a submissão e a *haute école* (alta escola), o cavalo Lusitano, assim como outras raças, era designado de “cavalo Barroco”. Com o tempo, tornou-se uma raça valorizada pela sua força e elegância, considerando-se como uma raça “quente”, descendente do cavalo Ibérico, sendo uma das raça de cavalos de sela mais antigas do Mundo (Vicente *et al.*, 2014; Silvestre-Ferreira *et al.*, 2018).

A seleção dos exemplares desta raça é realizada de acordo com os critérios estéticos definidos pela Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro-Sangue Lusitano (APSL), descritos na tabela em Anexo.

Nos últimos anos o cavalo Lusitano tem demonstrado uma grande aptidão nas competições de *dressage* (Santos, 2008), pontuando em competições a nível Europeu, Mundial e com destaque nos Jogos Olímpicos. O parâmetro morfológico “altura” é importante quando se trata dessa modalidade equestre, pois proporciona uma maior amplitude de movimentos. Apesar de ser uma raça de estatura média, a seleção morfológica das novas gerações tem focado em animais mais altos e isso vem se refletindo no PSL usados em competições FEI (Bartolomé *et al.*, 2019).

5. A Disciplina Olímpica de *Dressage*

De acordo com a FEI (Federação Equestre Internacional), a *dressage* é a expressão máxima do treino de um cavalo, é o desporto equestre mais artístico de todos e as suas origens remontam à Grécia antiga. O cavalo executa provas a passo, trote e galope, dirigido pelo cavaleiro que monta de memória um padrão de exercícios estipulados. A única exceção é o estilo livre (*freestyle*) que é especialmente coreografado para cada binómio cavalo-cavaleiro e é executado ao som de música (FEI, 2022).

Nesta disciplina equestre são avaliados os três andamentos (passo, trote e galope), com variações de velocidade, cadência e forma (*passage* e *piaffer*) (Barrey *et al.*, 2002). As diferenças de conformação encontradas nas diversas raças, estão diretamente relacionadas com as diferenças nos andamentos, como na velocidade, no comprimento e frequência da passada, em que todas estas estão relacionadas com a altura ao garrote, com o comprimento dos segmentos dos membros e com a angulação das articulações proximais. Quanto maior for a altura ao garrote, mais lenta vai ser a frequência da passada e maior comprimento da mesma, o que leva a uma maior velocidade relativamente a cavalos mais baixos (Barrey *et al.*, 2002).

O cavalo Lusitano apresenta diferenças na conformação, em comparação com as restantes raças da disciplina de *dressage*, como a menor amplitude da passada, uma maior elevação do casco, capacidade de realizar uma extensão mais longa da espadua, maior flexão do boleto. Apresenta também uma boa capacidade de concentração, mas alguma dificuldade em ter uma boa cobertura de solo (Vicente, 2015).

6. Influência do exercício na tiróide

O exercício impõe um *stress* adicional ao organismo e, por isso, a ação das hormonas da tiróide é especialmente crucial durante esses períodos de aumento da taxa metabólica (González *et al.*, 1998). Até à data, a maioria dos testes de exercício de equinos atletas estão centrados nos cavalos de corrida da raça Puro-Sangue Inglês. No entanto, há uma consciência crescente da necessidade de desenvolver testes de exercício adequados para outras disciplinas equestres (Coelho *et al.*, 2015). O teste de exercício dos cavalos pode ser efetuado numa passadeira rolante ou no campo, havendo vantagens e desvantagens em ambos. Os testes de exercício no terreno permitem que o cavalo seja examinado num ambiente familiar e rotineiro,

sendo isto uma vantagem fundamental em relação aos testes de exercício em passadeiras rolantes (Allen *et al.*, 2015).

O aumento da concentração das hormonas da tiróide pode facilitar as alterações fisiológicas observadas durante o exercício físico (Coelho *et al.*, 2015). A ação correta das hormonas da tiróide é crucial para a regulação do metabolismo corporal, através do aumento da síntese de proteínas e enzimas, aumento do tamanho e número de mitocôndrias e aumento da atividade contrátil do coração, além de um efeito pronunciado no sistema cardiovascular (Allen *et al.*, 2015). A T3 atua ao nível da vasodilatação periférica, causando uma diminuição na resistência arterial e na pressão arterial diastólica (Coelho *et al.*, 2015). Alguns dos efeitos das hormonas da tiróide ao nível cardíaco incluem o aumento da contratilidade cardíaca e do débito cardíaco. A tiroidectomia de caráter experimental em cavalos, reduziu as frequências cardíacas em repouso, as frequências respiratórias e o débito cardíaco (Frank *et al.*, 2002). Outro mecanismo pelo qual as hormonas da tiróide possuem grande influência ao nível do sistema cardiovascular é através da regulação da expressão do mRNA codificador da cadeia pesada de miosina (MHC) (Izumo *et al.*, 1986).

No caso do hipotiroidismo em cavalos, têm sido relatados casos de intolerância ao exercício, mesmo em distâncias reduzidas, e menor consumo máximo de oxigénio, frequência cardíaca máxima e velocidade máxima durante um teste de exercício numa passadeira (Frank *et al.*, 2002).

O exercício físico afeta a concentração sérica de T4, no âmbito de um programa de treino, as concentrações de T4 diminuem durante a primeira fase do programa de treino e depois sobem para concentrações mais elevadas do que as observadas no início do programa (Allen, 1997). Assim, se a medição das concentrações basais de hormonas tiroideias for a única opção para avaliar a função da glândula, o ideal é medir as frações livres de T3 e T4, isoladamente ou em conjunto com as concentrações totais de hormonas, uma vez que fornecem mais informações do que as concentrações totais de hormonas tiroideias isoladamente, isto porque as frações livres não são distorcidas pelas proteínas transportadoras (Breuhaus, 2004).

Ferlazzo (1997), Ferlazzo *et al.* (2007), González *et al.* (1998) e Graves *et al.* (2006), relataram em cavalos de desporto, alterações nas concentrações basais e no pós-exercício de hormonas tiroideias, que muitas vezes resultaram de diferentes tipos e intensidades de exercício. Foi referido que os cavalos Puro-Sangue Inglês e os *Standardbreds* treinados, apresentam níveis aumentados de T3 e T4, 1 h após a natação e um aumento súbito da T3 após a corrida (González

et al., 1998). Também foi relatado que o exercício de resistência resulta numa diminuição transitória das concentrações de iodotironinas no soro (Graves *et al.*, 2006).

Embora após exercícios submáximos prolongados as concentrações séricas da iodotironina total permanecem quase inalteradas, as concentrações de T4 e T4T aparecem modificadas 24 horas após o final do exercício (Ferlazzo *et al.*, 2020). Muitos dados experimentais obtidos após diferentes tipos de exercício (sessão prolongada de equitação-escola, sessão de exercício ligeiro, saltos de obstáculos competitivos e não competitivos e testes de exercício padronizados), sugerem uma elevada capacidade de reação das hormonas livres ao exercício e uma influência da experiência de competição em T3 e T4L. No entanto, a carga de trabalho relativa, a duração, a intensidade e a velocidade das atividades desportivas, bem como as capacidades técnicas motoras exigidas, podem modificar a resposta das iodotironinas ao exercício (Ferlazzo *et al.*, 2018). Os estudos mostraram, em geral, que a glândula tireóide responde mais lentamente do que os outros sistemas endócrinos. De acordo com Ferlazzo *et al.* (2020), a T3 e a triiodotironina livre (T3L), provenientes dos tecidos extra-tiroideus, garantem o fornecimento para a atividade metabólica requerida pelo exercício.

Após uma competição de saltos de obstáculos, registou-se uma diminuição significativa nas concentrações de T3 e T3L, em cavalos de obstáculos treinados, mostrando também uma dependência das alterações de T3 e da T3L em função da carga de trabalho, dos resultados e da capacidade de salto dos cavalos (Ferlazzo *et al.*, 2014). A experiência de competição afetou a resposta de T3 ao exercício, como demonstrado pelo aumento das concentrações de T3 aos 15 minutos após um exercício ligeiro, apenas em cavalos que não competiam, bem como por um aumento dos níveis de T3L em cavalos menos experientes (Ferlazzo *et al.*, 1997). Em cavalos treinados, foi registado um aumento de todas as iodotironinas após a competição, embora tenha sido registado um efeito significativo da competição de saltos de obstáculos nas alterações da T3L (Fazio *et al.*, 2014). Após uma competição experimental de obstáculos, as alterações de T3 e T4L mostraram correlações estatisticamente significativas com a altura do obstáculo. Foram registados aumentos estatisticamente significativos das concentrações de T3, T4 e T4L aos 30 minutos. Foram registados também valores de T4L superiores aos basais, 30 min após o exercício após os obstáculos mais altos (Ferlazzo *et al.*, 2010).

Após os eventos de equitação *western*, foram registados aumentos significativos das concentrações de iodotironina total e livre (Ferlazzo *et al.*, 2020). Os aumentos foram geralmente registados após 30 minutos. No entanto, numa competição de gincana, existe um

exercício denominado de “*pole bending*”, no qual o cavalo passa entre cerca de 6 varas no menor tempo possível, um exercício caracterizado pela capacidade motora máxima, os aumentos foram significativos também aos 5 min e as concentrações de T3 e T4 continuaram elevadas após 24 h (Fazio *et al.*, 2014). A interação entre o exercício e o tempo resultou de forma significativa em alterações de T4 e registaram-se correlações positivas significativas entre as alterações de T3 e T4, T3L, T4L (Medica, Cravana, Fazio & Ferlazzo, 2011). Ainda, um aumento das concentrações de T3 aos 5 min pós-gincana foi registado exclusivamente em cavalos experientes, enquanto não se registaram diferenças significativas para as concentrações de T4, T3L e T4L (Fazio *et al.*, 2014).

Para fazer um diagnóstico preciso da disfunção da tiróide e estabelecer um tratamento adequado, é necessário avaliar o eixo hipotálamo-hipófise-tiróide (Frank *et al.*, 2002). Para este efeito, é útil medir a concentração sérica de TSH, uma vez que permite diferenciar entre uma origem primária e uma origem central da perturbação (Breuhaus, 2019).

A libertação de TSH é estimulada pela TRH que é produzida no hipotálamo. A libertação de TSH parece estar ligada à intensidade e duração do exercício em humanos e cavalos (Breuhaus, 2004), uma vez que o esforço ligeiro e/ou moderado não parece ter efeito na libertação de TSH (McKeever, 2002). Curiosamente, a duração do exercício para além de 40 minutos parece causar um aumento da TSH. Este aumento observado durante um esforço mais prolongado em estado estacionário é semelhante à resposta de outras hormonas metabólicas e pode estar relacionado com a mobilização de substratos e de tentativas de prevenir o aparecimento de mecanismos centrais de fadiga (Mehl *et al.*, 2000).

Os dados sobre os efeitos do exercício agudo e do treino na TSH em equinos são escassos. Irvine (1967) demonstrou que o treino aumenta a taxa de secreção de T3 e T4 em aproximadamente 65%. Este facto sugere indiretamente que a TSH, aumenta com o treino em humanos e noutras espécies, incluindo no treino do cavalo (Hinchcliff *et al.*, 2013).

OBJETIVOS

O presente estudo visa contribuir com conhecimentos valiosos sobre a complexa relação entre o exercício e a função tiroideia em equinos de raça Puro Sangue Lusitano utilizados na modalidade de *dressage*. Assim, procura-se esclarecer as alterações nos níveis de T3 e T4 durante a prática de exercício de *dressage*, e como os seus resultados se correlacionam com as respostas fisiológicas do cavalo. A hipótese da autora é que ocorram alterações, compatíveis com a intensidade do exercício na função da tiróide.

CAPÍTULO IV - MATERIAL E MÉTODOS

O presente projeto de investigação teve aprovação da Comissão de Ética e Bem Estar Animal no Uso de Animais (CEBEA-FMV-ULusófona), registado sob o número 112-2021 (aprovado a 18/11/2021).

Animais: Foram selecionados oito equinos da raça PSL, machos inteiros, com idade média de 4 anos e com um peso corporal de $474,8 \pm 46,9$ kg, considerados clinicamente saudáveis em exames clínicos prévios. Os animais pertenciam a um centro de treino localizado em Lisboa, Portugal (38°49'12.2"N 9°13'16.5"W). Os animais foram todos submetidos ao mesmo tipo de manejo alimentar e sanitário, sendo mantidos em boxes individuais (4,0x3,5m). A sua base alimentar consistiu em feno de azevém, fornecido em duas porções diárias e em quantidades adequadas ao peso corporal, condição corporal e nível de esforço físico do indivíduo, com água sempre à disposição. O alimento composto foi fornecido na proporção de 1% do peso corporal, dividido em três refeições diárias (9h00, 12h30 e 18h00), com 13,0% de proteína bruta.

Os equinos incluídos no estudo encontravam-se em plena atividade física, executando treino regular e semanal para a prática de *dressage* há pelo menos seis meses. O início do treino deu-se no final dos 3 anos de idade dos cavalos e início dos 4 anos, passando pela fase inicial de treino (desbaste), a qual tem o intuito de familiarizar o cavalo às diferentes experiências de uma nova fase de vida. Essa fase é marcada pela saída do campo e o processo de ficar acostumado a viver em boxes, assim como aceitar e interagir com o trabalho de equitação. De forma inicial, são introduzidos trabalhos do chão e à guia e, a posteriori, em trabalhos montados; por fim, em trabalhos de equitação propriamente ditos. Nas seis semanas prévias a esse protocolo de acompanhamento, os cavalos foram trabalhados 6 vezes/semana, cumprindo um programa individual de treino específico para cada animal, que engloba ações de manejo, trabalho à guia, trabalho montado e trabalho “à mão”.

Teste de simulação de *dressage* (TSD): Para avaliar o nível de condicionamento físico, os equinos foram submetidos a um TSD, em picadeiro coberto de 15x30 m. Previamente, os animais foram aquecidos em trabalho à guia por um tempo médio de 20 minutos, seguidos de 15 minutos montados, no intuito de prepará-los e atingir o máximo de descontração no trabalho montado.

Cavalo e cavaleiro executaram uma sequência de exercícios físicos próprios da modalidade de ensino de competição e com a qual ambos estavam familiarizados. A sequência de exercícios, e suas respectivas diretrizes, estão descritas na tabela 1 e figura 4, e duraram 5min ($\pm 32,6$ seg), percorrendo em média 220m. Ao término, os animais foram imediatamente avaliados.

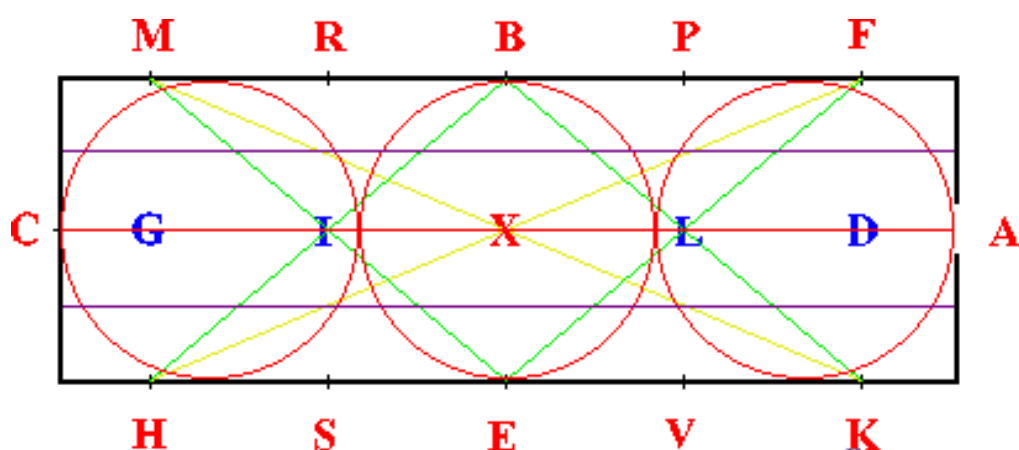


Figura 4 - Pista de *dressage* com a identificação dos percursos através de letras.

(Publicado por Silva, 2020)

Tabela 1 - Sequência de movimentos a serem realizados no teste de simulação à campo de uma prova de *dressage*.

N	LETRA	EXERCÍCIO	DIRECTRIZES/ IDEIA CENTRAL
1	A	Entrada	Retitude, Transição
2	X	Paragem	Estabilidade do conjunto de frente (nuca), a paragem
3	X	Sair a trote de trabalho sentado	A transição, Retitude
4	C	Pista para a direita	A encurvação, equilíbrio
5	M-X-K	Diagonal com algumas passadas a trote médio	Ritmo e cadencia
6	K	Trote de trabalho	A transição
7	K-A-F	Trote de trabalho levantado	Ritmo e equilíbrio
8	F-M	Trote de trabalho sentado com algumas passadas concentrando o trote	A transição progressiva, equilíbrio e ritmo
9	C	Linha do meio	A encurvação, equilíbrio
10	C-A	Serpentina de 3 arcos a trote levantado	Regularidade, ritmo e retitude
11	A	Trote sentado e Pista para a direita	Manutenção do ritmo e encurvação
12	K-H	Trote de trabalho sentado com algumas passadas concentrando o trote	A transição progressiva, equilíbrio e ritmo
13	C	Linha do meio	A encurvação, equilíbrio
14	C-A	Serpentina de 3 arcos a trote sentado	Regularidade, ritmo e retitude
15	A	Pista para a esquerda	A encurvação, equilíbrio
16	F-X-H	Algumas passadas a trote médio	Regularidade, ritmo e retitude
17	C	Passo médio	Transição, regularidade (fluidez)
18	C-B	Passo médio	Ritmo, regularidade e retitude (transições entre amplitudes)
19	B-K-A-F	Passo concentrado	
20	F-H	Passo largo	
21	H	Passo médio	
22	C	Transição ao trote e circulo de 15 metros	Retitude, ritmo
23	M-F-A-K	Galope de trabalho	A transição
24	K-M	Algumas passadas a galope médio	A transição, ritmo
25	Antes de M	Transição ao trote	A transição, ritmo

26	C-E-A	Passo médio	A transição, ritmo e retitude
27	A	Transição ao trote e círculo de 15 metros	Retitude, ritmo
28	F-M-C-H	Galope de trabalho	A transição
29	H-F	Algumas passadas a galope médio	A transição, ritmo
30	F-A	Galope ao revés	Ritmo, equilíbrio, regularidade
31	A	Paragem e imobilidade 4seg	A paragem, estabilidade, submissão
32	A	Trote sentado e círculo de 15 metros a direita	Retitude, ritmo
33	K-B	Diagonal a trote de trabalho	Retitude, ritmo
34	C	Círculo de 15 metros a esquerda	Retitude, ritmo
35	H-K-A	Trote de trabalho	A transição, ritmo
36	A	Linha do meio	A encurvação, equilíbrio
37	X	Paragem e finalização	Estabilidade do conjunto de frente (nuca), a paragem

Nota: As letras identificam o trajeto na pista conforme Figura 4. (Publicado por Silva, 2020)

O protocolo foi realizado no mês setembro (estação de Verão no Hemisfério Norte), durante o período da manhã, entre as 07h:00 e 11h:00, com temperatura média de 19,7°C, humidade relativa de 83,8% e os cavalos foram montados por um único cavaleiro. A pista de areia estava seca. Todo protocolo experimental seguiu os preceitos de bem-estar animal descritos por Coelho *et al.*, (2019).

Monitorização cardíaca: Durante o exercício, os animais utilizaram um monitor cardíaco (sensor H10 acoplado ao relógio M430, Polar Electro, Lake Success, NY, EUA) com sistema de GPS (Global Positioning System). Após o TSD, os dados contidos no equipamento foram transferidos para o computador e analisados no Polar Flow Software para determinação da velocidade (pico e média) e frequência cardíaca (pico e média).

Colheita e análise sanguínea: Amostras de sangue foram recolhidas de cada animal em três tempos, sendo T0 referente ao período de repouso antes do exercício (ainda na boxe,

com o animal sem sela), T1 (até um período de 5 minutos imediatamente após a atividade física), T2 (com 240 minutos de recuperação). Em cada um desses tempos, foi realizado o exame físico completo para aferição de frequências cardíaca e respiratória (com a utilização de um estetoscópio) e a temperatura corporal retal (termômetro clínico digital). Adicionalmente, com 30 minutos de recuperação foi feita a medição da FC, FR e TC.

As amostras de sangue foram obtidas assepticamente através da punção da veia jugular com a utilização de agulhas descartáveis de 25x0,8 mm, no sistema de pressão negativa em tubos com capacidade de 9 mL com gel separador para a determinação sérica triiodotironina total (T3T) e livre (T3L) e tiroxina total (T4T) e livre (T4L). Todas as amostras foram enviadas sob refrigeração ao Laboratório Clínico Veterinário da FMV-ULHT, com um intervalo médio de 2-4 horas entre as colheitas de sangue e o processamento laboratorial. As amostras obtidas nos tubos foram centrifugadas por 10 minutos a 2.000g (Hettich Universal 320 R) para separação de soro e congeladas em eppendorfs a -80°C (PHCbi Ultra-Low Temperature Freezer MDF-DU502VH) até o processamento das análises laboratoriais.

A determinação sérica de T3T, T3L, T4T e T4L foi feita por radioimunoensaio (RIA). Para a determinação de T3T a técnica utilizada foi o imunoensaio enzimático competitivo quimioluminescente com fase sólida, a T3L foi determinada por imunoensaio análogo competitivo, a medição de T4T foi determinada por imunoensaio competitivo quimioluminiscente com fase sólida e a T4L através da técnica de imunoensaio análogo competitivo quimioluminiscente com fase sólida (Messer et al., 1995). Os testes foram realizados pelo laboratório DNATech (Lisboa, Portugal).

Análise estatística: A análise estatística foi realizada no programa computadorizado (GraphPad InStat, 3.0). A normalidade das variáveis foi avaliada usando o teste de Kolmogorov-Smirnov e a influência da atividade física foi estudada através da análise de variância ANOVA para medidas repetidas seguido de comparação entre médias (teste de Tukey). Os resultados foram expressos como médias±desvios-padrão e a significância estabelecida em $p<0,05$ em todos os casos.

CAPÍTULO V – RESULTADOS

A tabela 2, apresenta os resultados de FC, FR e TC, na qual se observa influência da atividade física sobre FC e FR com pico de valores registado em T1 e recuperação dos valores basais após 4 horas de repouso. Com 30 minutos de recuperação o valor medido da FC era de $34,38 \pm 2,92$ bpm, o valor de FR era de $18,50 \pm 2,98$ mrpm e o valor de TC era de $37,6 \pm 0,4$ °C.

Tabela 2 - Parâmetros físicos (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos submetidos a um teste de simulação de *dressage*.

Parâmetros	Tempo de análises			Valor de p
	T0	T1	T2	
FC, bpm	$28,9 \pm 4,5^b$	$71,0 \pm 14,8^a$	$38,1 \pm 11,8^b$	<0,0001
FR, mrpm	$19,1 \pm 9,9^b$	$72,3 \pm 28,7^a$	$21,1 \pm 4,1^b$	0,0001
TC, °C	$37,2 \pm 0,5$	$37,6 \pm 0,4$	$37,1 \pm 0,7$	0,2143

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas na análise pelo tempo de colheita pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$); T0: repouso; T1: imediatamente após o exercício; T2: com 240 minutos de recuperação. FC, frequência cardíaca; FR, frequência respiratória; TC, temperatura corporal.

Na tabela 3, observam-se os resultados referentes às análises hormonais, nos quais se destacam valores máximos em T2 para T4T e T4L e já a partir de T1 para T3T. No que diz respeito à T3T, esta apresentou um aumento a nível percentual de 59,2% em T1, mantendo-se até T2. A T4T apresentou um aumento de 10,2% em T1, sendo que este aumento é significativo em relação a T0, apenas em T2. A T4L apresentou um aumento de 36,4% em T2.

Tabela 3 - Análises hormonais (médias $\pm$ desvios-padrão) dos equinos submetidos a um teste de simulação de *dressage*.

Parâmetros	Tempo de análises			Valor de p
	T0	T1	T2	
T3T, ng/dL	$38,7 \pm 12,4^b$	$61,6 \pm 26,0^a$	$59,1 \pm 18,7^{ab}$	0,0243
T3L, pg/mL	$0,6 \pm 0,4$	$1,1 \pm 0,5$	$1,0 \pm 0,5$	0,1033
T4T, nmol/L	$28,3 \pm 4,8^b$	$31,2 \pm 6,3^{ab}$	$34,2 \pm 6,6^a$	0,0019
T4L, pmol/L	$15,1 \pm 2,7^b$	$16,2 \pm 3,0^b$	$20,6 \pm 5,9^a$	0,0022

Nota: Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas na análise pelo tempo de colheita pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$); T0: repouso; T1: imediatamente após o exercício; T2: com 240 minutos de recuperação. T3T, triiodotironina total; T3L, triiodotironina livre; T4T, tiroxina total; T4L, tiroxina livre.

A análise do frequencímetro está apresentada na tabela 4.

Tabela 4 - Dados registados pelo sistema PolarSync nos jovens equinos Lusitanos submetidos a um teste de simulação de *dressage*.

Parâmetros	Valores
FCpico, bpm	150,9±39,3
FCmed, bpm	108,6±24,5
Vpico (m/s)	7,36±1,15
Vmed (m/s)	2,31±0,70

Nota: FCpico, pico da frequência cardíaca; FCmed, frequência cardíaca média; Vpico, pico de velocidade; Vmed, velocidade média.

CAPÍTULO VI – DISCUSSÃO

A resposta do eixo hipotálamo-hipófise-tiróide ao *stress* do exercício em equinos continua a ser motivo de estudo. No presente trabalho, foi possível observar alterações importantes dos biomarcadores testados, em resposta ao exercício realizado, confirmando a hipótese da autora.

A atividade física testada teve por base uma sequência de exercícios normalmente realizada em provas de *dressage* organizadas pela Federação Equestre Internacional (FEI, 2022), tendo uma duração média de cinco minutos e com uma distância percorrida de 220 metros. A mesma respeitou os preceitos de bem-estar animal (Coelho *et al.*, 2018) e o nível de condicionamento físico dos cavalos, de forma a obter a resposta fisiológica frente ao desafio imposto.

O exercício físico é um evento de *stress* que afeta o eixo hipotálamo-hipófise-tiróide, representando um desafio para a homeostasia corporal, principalmente, para a do músculo esquelético (Ferlazzo *et al.*, 2018). A utilização de cavalos nas várias atividades desportivas equestres requer a preparação correta dos animais, como a força, a velocidade, a resistência, a habilidade de salto e a competitividade (McBride & Mills, 2012). Vários estudos avaliaram as respostas da tiróide de cavalos de desporto após atividades de competição, incluindo saltos de obstáculos (Ferlazzo *et al.*, 2014), gincana (Fazio *et al.*, 2014) e provas *western* (Medica *et al.*, 2011). Devido as diferentes respostas, seja frente a exercícios de alta intensidade ou a exercícios de resistência, a proposta da autora foi estudar os efeitos sobre a *dressage*, um exercício de resistência, mas com momentos de explosão, tal qual as provas de salto de obstáculos. Provavelmente tais diferenças devem-se diferentes tipos e intensidades de exercício (Graves *et al.*, 2006).

O papel das iodotironinas plasmáticas no desempenho atlético tem sido investigado em diferentes espécies e continua a ser objeto de debate. Em cavalos, este tema continua a ser alvo de dúvida, especialmente tendo em conta o facto de diversas componentes, como o *stress* e o exercício físico, poderem promover alterações no metabolismo local das mesmas, conduzindo a diferentes efeitos nos tecidos-alvo (Ferlazzo *et al.*, 2018). No presente estudo, foi possível observar um aumento das hormonas analisadas (T3T, T4T e T4L) logo após o término do esforço físico, sendo que a T4T e a T4L mantiveram o seu aumento em T2, ou seja, até 240 minutos de recuperação. Teixeira e Padua (2002) obtiveram resultados semelhantes,

com os quais concluíram que uma concentração superior de T4 em relação à concentração de T3 no pós exercício, deve-se uma maior atividade da glândula tireóide, libertando uma maior quantidade de T4, que por consequência origina uma maior quantidade de T3, derivada da desiodização periférica da T4 pela enzima 5'-desiodinase. A hormona tireóideia T4, apresenta uma maior semi-vida (seis a sete dias) em relação a T3 (apenas 24h), o que justifica também uma maior concentração de T4 no pós-exercício (Stabenfeldt, 1993). As alterações obtidas no presente estudo foram compatíveis também com o nível de esforço físico imposto, além de necessários e importantes para a correta e saudável realização dele. Também Garcia *et al.*, (1986) registaram aumentos nas concentrações de T4 e T3 em cavalos em 1 hora após 15 minutos de natação. Takagi *et al.* (1974) sugeriram que a T4 poderia ser utilizada para monitorizar as reservas do treino em cavalos de corrida, após se concluir que as concentrações de T4 aumentavam durante as fases finais do treino. Com isto é possível destacar que a T4 também apresenta um papel importante na recuperação muscular, justificando o seu contínuo aumento em T2. No entanto, estes valores aumentados de T4 com 240 minutos de recuperação pós-exercício poderiam também indicar a ocorrência de uma patologia ao nível da glândula tireóide e por isso a medição desta hormona deve ser repetida ao final de 24 horas (Fazio *et al.*, 2014). É importante reforçar que os animais da presente pesquisa foram considerados hígidos em exames prévios, sendo, portanto, descartada a possibilidade de afeções clínicas que pudessem influenciar os dados obtidos frente ao exercício físico.

O aumento da T3 e da T4 durante o exercício seria esperado e justificado pelo *stress* que o mesmo causa ao organismo, de forma a responder as necessidades e facilitar a contração muscular (McKeever, 2002), o que justifica os aumentos das hormonas tireóideas observados em T1. Irvine *et al.* (1967) mostraram que o exercício físico aumenta a taxa de secreção de T3 e T4, em aproximadamente 65%. Também Ferlazzo *et al.* (2018) demonstraram uma elevada variabilidade na concentração das hormonas da tireóide em cavalos de corrida Puro-Sangue Inglês, antes e após a realização de exercício físico, apresentando valores aumentados de T3 e T4 em exercícios caracterizados pela capacidade motora máxima.

Ainda corroborando com o presente estudo, Ferlazzo *et al.* (2014) registaram alterações significativas após uma competição de saltos de obstáculos, na qual ocorreu um aumento significativo das concentrações T3 e de T3L em cavalos de obstáculos treinados, mostrando também uma dependência de T3 e T3L da carga de trabalho do exercício, dos resultados dos desempenhos e da capacidade de salto dos cavalos. Em cavalos treinados, dentro

dos limites fisiológicos, foi registrado um aumento de todas as iodotironinas após a competição, assim como em cavalos menos experientes submetidos a exercícios mais leves.

Contrariamente ao observado neste estudo, Carter (2005), que utilizou cavalos de raça Puro-Sangue Árabe para a realização de exercícios em passeadeiras, registou uma diminuição da T4T e T4L e um aumento da T3T e da T3L. Estas diferenças de resultados podem ser justificadas pelo tipo de exercício realizado e a sua intensidade, pela alimentação dos animais, assim como pela capacidade física dos animais, o local de teste dos animais, isto é, se foi realizado a campo ou em ambiente mais restrito e controlado, a colheita das amostras ou mesmo a análise laboratorial realizada. Carter (2005) descreveu que o exercício agudo (alta velocidade e curta/moderada duração) leva a um aumento da concentração das hormonas da tiróide e que exercícios de endurance, requerem mais resistência por parte do animal, levando a uma manutenção ou diminuição dos níveis das hormonas tiroideias. Isto foi também justificado por Coelho *et al.* (2015), que realizaram um estudo com cavalos da raça Mangalarga Marchador, em provas de marcha, nos quais não obtiveram alterações ao nível das hormonas tiroideias.

À semelhança de Coelho *et al.* (2005) e Carter (2005), também Graves *et al.* (2006), apresentaram valores diminuídos das concentrações das iodotironinas livres e totais, resultados contrários aos observados neste estudo. Segundo esses autores, tais resultados não eram esperados, tendo em conta que, o exercício de resistência é acompanhado pela mobilização de eritrócitos esplénicos e pela perda de fluido corporal através da sudação, o que, em teoria, levaria a um aumento das concentrações das iodotironinas, pelo aumento do metabolismo, com o objetivo de repor as perdas originadas pelo exercício.

O exercício de resistência prolongado produz alterações inconsistentes nas concentrações das hormonas da tiróide (Hesse *et al.*, 1989). De acordo com Hesse *et al.* (1989), os cavalos de corrida mais jovens, assim como aqueles que demonstravam melhores desempenhos, apresentavam poucas alterações nas concentrações circulantes de iodotironinas ou de TSH. Isso difere da presente pesquisa na qual foram usados Lusitanos jovens, em início de vida desportiva na modalidade de *dressage*. Ainda Hesse *et al.* (1989), relataram que a TSH, a T4 e a T3 diminuíram nos cavalos mais velhos e nos que apresentavam um pior desempenho, correlacionando a redução das mesmas com uma resposta de exaustão.

Tal como descrito por Binda *et al.* (2016), o acompanhamento da FC, distância percorrida e velocidade foi realizado com recurso ao sistema de GPS através de um equipamento (Polar® Eletro, Lake Success, NY, USA) validado para o efeito por Jankzekovic

et al. (2000). Também Allen *et al.* (2016) recorreram a este aparelho para o registo e estudo dos parâmetros acima mencionados, constantes importantes na análise de performance (Coelho *et al.*, 2019).

A FC média medida ainda nas boxes (T0), encontrava-se dentro dos intervalos de referência para a espécie equina (28 a 44 bpm) (Orsini & Divers, 2012). O aumento da FC, em resposta ao esforço físico (Cabrera *et al.*, 2021), registou o seu pico de valores em T1 e ocorreu por ação da adrenalina em resposta a uma alteração homeostática juntamente com a exigência física realizada (Ille *et al.*, 2013). Tal resposta tem por objetivo melhorar a oxigenação dos tecidos e realizar uma eficaz remoção dos produtos do metabolismo (Sodré *et al.*, 2020). Binda *et al.* (2016) encontraram resultados semelhantes no estudo realizado com 28 cavalos da raça Quarto de Milha, onde simularam corridas de 3-tambores; no entanto, os resultados foram bastante superiores ao deste estudo. O desporto equestre de corridas de 3-tambores é caracterizado por ser um exercício de explosão, o que por consequência resulta numa intensidade física maior, em curta duração (Hodgson *et al.*, 2013). Nesses casos, assim como outros desportos equestres similares e de forma diferente da presente pesquisa, os cavalos trabalham predominantemente sob metabolismo anaeróbio, com FC atingindo valores superiores a 200 bpm (Binda *et al.*, 2016; Sodre *et al.*, 2020). A rápida recuperação, como foi possível observar em T2, foi uma tendência também verificada por Evans (2000), em cavalos de corrida de galope, nomeadamente Puro-Sangue Inglês, e Macedo *et al.* (2017), em cavalos de obstáculos sujeitos a condições tropicais. Esta capacidade de redução da frequência cardíaca demonstra uma boa capacidade cardiovascular (melhor contratilidade e menor esforço cardíaco) (Allen *et al.*, 2016). Este é um dos indicadores de aptidão física do atleta equino, sugerindo, assim, que os cavalos em estudo estão adaptados ao nível de exercício imposto (Coelho *et al.* 2019).

A FR apresentou uma variação semelhante à FC. Em repouso encontrava-se dentro de valores considerados normais para a espécie equina (Orsini & Divers, 2012), tendo aumentado com a prática do exercício físico em T1. O esforço físico induz um aumento do metabolismo energético, o que justifica a taquipneia registada (Macedo *et al.*, 2017). Binda *et al.* (2016), obtiveram valores semelhantes, com uma FR média de 50,4 rpm após o exercício, mais do dobro da FR média registada em repouso. Também a rápida recuperação (30 minutos) à semelhança da frequência cardíaca, foi observada tanto no presente estudo como por Binda *et al.* (2017). Em saltos de obstáculos ocorre um momento de explosão de intensidade, o que torna

o exercício mais exigente do que os exercícios realizados em chão, como é o caso da *dressage*, por isso existem diferenças na magnitude da resposta respiratória conforme a modalidade praticada (Franklin *et al.*, 2012).

Em relação à TC, os valores medidos tanto em repouso como em T1 e T2, encontram-se dentro dos valores de referência para a espécie em causa (Orsini & Divers, 2012). No entanto, uma vez que ocorreu um aumento das hormonas tiroideias durante e após a realização de exercício físico, era esperado um aumento da temperatura corporal, uma vez que estas hormonas apresentam um papel essencial no metabolismo, o aumento das mesmas deveriam originar um aumento do metabolismo e por consequência, um aumento da temperatura corporal. Estes resultados podem ser justificados pelo condicionamento dos cavalos estudados, sendo possível aos mesmos, utilizar este aumento do metabolismo para produção de energia. O contrario foi descrito por Coelho *et al.* (2005), que não observaram alterações nas concentrações das hormonas da tiróide, mas registaram um aumento da frequência cardíaca e temperatura corporal, igualmente em exercícios de resistência, neste caso a marcha, muito semelhante a nível fisiológico à endurance.

É também possível relacionar o aumento da FC e da FR com o aumento das concentrações das hormonas da tiróide em T1. Como já foi referido anteriormente, a glândula tiróide possui um papel crucial na regulação do metabolismo corporal e durante o exercício, há um aumento da taxa metabólica de forma a fornecer a energia extra, necessária para suportar os músculos e os outros tecidos envolvidos na atividade física (Danzi & Klein, 2004). A elevação dos níveis de T3 e T4, aceleram o metabolismo, permitindo ao organismo a produção de energia de maneira mais eficiente e isso requer um aumento de oxigénio; para que este aumento ocorra, as hormonas da tiróide induzem os recetores beta catecolaminérgicos, causando um aumento da resposta tecidual (Carter, 2005) Esta resposta origina um aumento da pressão sistólica, que consequentemente origina um aumento da pressão sanguínea, resultando assim, num aumento do batimento cardíaco e o débito cardíaco, tal qual observado na presente pesquisa. Este aumento do débito cardíaco, aumenta o fornecimento de oxigénio e de nutrientes aos músculos a um ritmo mais acelerado durante o exercício (Frank *et al.*, 2002).

CAPÍTULO VII – CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho permitiram concluir que as hormonas da tiróide se alteraram em função do teste de simulação de *dressage* realizado. De acordo com o que foi discutido, tais alterações foram compatíveis com o nível de esforço físico imposto. Ao aumentar a compreensão de como o exercício influencia a dinâmica das hormonas da tiróide, este estudo pode auxiliar a longo termo na otimização dos programas de treino, melhorar o desempenho atlético e promover a saúde e o bem-estar geral dos cavalos envolvidos em várias atividades equestres. A compreensão dos fatores que afetam a função da tiróide nos atletas equinos pode conduzir a regimes de exercício mais adaptados, melhores práticas de gestão e melhores cuidados veterinários, beneficiando, em última análise, tanto os cavalos como os humanos.

Os oito equinos avaliados encontravam-se aptos à prática de *dressage*, dentro do nível de esforço imposto, visto a recuperação dos valores basais dentro do período de 240 min do término da atividade física.

É importante salientar que a raça Lusitana é pouco estudada na literatura internacional no âmbito desta temática. Desta forma, o presente estudo vai ao encontro da necessidade de desenvolver este tema e contribuir com a informação disponível para profissionais da área.

BIBLIOGRAFIA

Alberts, M.K.; McCann, J.P.; Woods, P.R. (2000). Hemithyroidectomy in a horse with confirmed hyperthyroidism. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 217(7):1051-1054.

Allen AL, Scott WM, Cook SJ, Fretz PB, Doige CE. Effects of delayed serum separation and long-term storage on the measurement of thyroid hormones in equine blood samples. *Vet Clin Pathol.* (1997);26: 10–2

Allen, K. J., van Erck-Westergren, E., & Franklin, S. (2016). Exercise testing in the equine athlete. *Equine Veterinary Education*, 28(2), 89-98

Aumer, F., May, A., Schmitz, R., & Gehlen, H. (2011). Thyroid dysfunction in horse. *Pferdeheilkunde*, 27(6), 578-584.

Barrey, E., Desliens, F., Poirel, D., Biau, S., Lemaire, S., Rivero, J. L., & Langlois, B. (2002). Early evaluation of dressage ability in different breeds. *Equine Veterinary Journal*, 34(S34), 319-324.

Bartolomé, E., Milho, S., & Prazeres, J. (2019). Genealogical and morphological analysis of Lusitano Purebred horses participating at international Dressage. *Research in veterinary science*, 122, 124-131.

Bayly, W., Andrea, R., Smith, B., Stenslie, J. and Bergsma, G. (1996) Thyroid hormone concentrations in racing Thoroughbreds. *Pferdeheilkunde*, 12(1): 534-538.

Bertin, F-R, Frank, N, Breuhaus, BA, Schott, HC, Kritchevsky, JE. Diagnosis and management of thyroid disorders and thyroid hormone supplementation in adult horses and foals. *Equine Vet J.* (2023).

Binda, M. B., Teixeira, F. A., Carvalho, R. S., Macedo, L. P., Conti, L. M., Manso Filho, H. C., & Coelho, C. S. (2016). Effects of 3-barrel racing exercise on electrocardiographic and on blood parameters of quarter horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 47, 71-76.

Bloise, F.F., Cordeiro, A. and Ortiga-Carvalho, T.M. (2018) Role of thyroid hormone in skeletal muscle physiology. *J. Endocrinol.*, 236(1): R57-R68F.

Breuhaus BA, Refsal KR, Beyerlein SL. Measurement of free thyroxine concentration in horses by equilibrium dialysis. *J Vet Intern Med* (2006); 20:371–6.

Breuhaus, B.A. (2004). Review of thyroid function and dysfunction in adult horses. In: 50th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners. Denver, CO, USA.

Breuhaus, B.A. (2018) Serum thyroid hormone and thyrotropin concentrations in adult horses as they age. *J. Equine Vet. Sci.*, 68(1): 21-25.

Breuhaus, B.A. (2019) Thyroid hormone and thyrotropin concentrations and responses to thyrotropin-stimulating hormone in horses with PPID compared with age-matched normal horses. *J. Equine Vet. Sci.*, 75(4): 35-40.

Breuhaus, Babetta A. (2011). Disorders of the Equine Thyroid Gland. DVM, PhD.

Budras, Klaus-Dieter, Wolfgang O. Sack, Sabine Röck. *Anatomy of the Horse*. Schlutersche, March 2012, Chapter 4. 46-50.

Cayado, P., Muñoz-Escassi, B., Dominguez, C., Manley, W., Olabarri, B., De La Muela, M. S., ... & Vara, E. (2006). Hormone response to training and competition in athletic horses. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 274-278.

Cicatiello, A.G., Di Girolamo, D. and Dentice, M. (2018) Metabolic effects of the intracellular regulation of thyroid hormone: Old players, new concepts. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*, 9 (9): 474.

Clayton, H. M. (1991). Heart rate monitoring. *Conditioning sport horses*.

Coelho, C. S., Adam, G. L., e Silva, G. A. D. O., de Carvalho, R. S., de Souza, V. R. C., & Fazio, F. (2019). Heart rate monitoring in Mangalarga Marchador horses during a field Marcha Test. *Journal of equine veterinary science*, 79, 50-53.

Cokkinos, D.V. and Chrysanthopoulos, S. (2016) Thyroid hormones and cardiac remodeling. *Heart Fail Rev.*, 21(4): 365-372.

Costello J, Firshman AM, Brown JC, Maher M, Tadros EM. Response to thyrotropin-releasing hormone (TRH) in a horse with hyperthyroidism associated with a functional thyroid adenoma. *Can Vet J*. 2019;60:1189–93.

Couroucé, A. (1999). Field exercise testing for assessing fitness in French Standardbred trotters. *The veterinary journal*, 157(2), 112-122.

Courouc , A., Chrétien, M., & Valette, J. P. (2002). Physiological variables measured under field conditions according to age and state of training in French Trotters. *Equine Veterinary Journal*, 34(1), 91-97.

Courouc -Malblanc, A., & van Erck-Westergren, E. (2013). Exercise testing in the field. *Equine sports medicine and surgery*, 25-42.

Danzi, S. and I. Klein. 2004. Thyroid hormone and the cardiovascular system. *Minerva Endocrinol.* 2004 Sep;29(3):139-50. PMID: 15282446.

Davies S, Barber D, Crisman M, Tan R, Larson M, Daniel G. Quantitative pertechnetate thyroid scintigraphy and the ultrasonographic appearance of the thyroid gland in clinically normal horses. *Vet Radiol Ultrasound.* (2010); 51:674–80.

Dellmann, H.D. & Eurell, J.A. (1998). Textbook of veterinary histology, 5th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, USA. Pp. 287-295.

Durham, A. E. (2016). Endocrine Disease in Aged Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 32(2), 301–315.

Dyce, K.M.; Sack, W.O. y Wensing, C.J.G. (2017). Textbook of Veterinary Anatomy, 5th Edition, ELSEVIER. Pp. 224-228.

Elce Y. Thyroid masses and their causes. *Equine Vet Educ.* (2014); 26:248-249.

Evans, D. L. (2000). Training and Fitness in Athletic Horses. 1  ed. Sydney: *Industries Research and Development Corporation*, p.1-64.

Evans, D. L. (2007). Physiology of equine performance and associated tests of function. *Equine veterinary journal*, 39(4), 373-383.

Fazio E, Medica P, Trifiletti C, Ferlazzo A. The outcome of the first stages of pregnancy on mares' bloodstream thyroid hormones. *Theriogenology.* (2016); 86:1036–41.

Fazio, E., Medica, P., Cravana, C., Molinari, P. and Ferlazzo, A. (2014) Effect of experience on adrenocortical and thyroid responses of Arabian horses to gymkhana games. *J. Equine Vet. Sci.*, 34(6): 799-804.

Federação Equestre Internacional (2019). Dressage Rules. Disponível em: https://inside.fei.org/system/files/16.3_ANNEX_GA19_DRESSAGE%20RULES.pdf. Acedido a 03-04-2023.

Federação Equestre Internacional (2022). Welcome to *dressage*. Disponível em: <https://inside.fei.org/fei/disc/dressage>. Acedido a 03-04-2023.

Feeney DA, Anderson KL. Nuclear imaging and radiation therapy in canine and feline thyroid disease. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, (2007); 37:799–821.

Fekete, C. and Lechan, R.M. (2014) Central regulation of hypothalamic-pituitary-thyroid axis under physiological and pathophysiological conditions. *Endocr. Rev.*, 35(2): 159-194.

Ferlazzo A, Cravana C, Fazio E, Medica P (2020) The different hormonal system during exercise stress coping in horses, *Veterinary World*, 13(5): 847-859.

Ferlazzo, A. and Fazio, E. (1997) Endocrinological variables in blood and plasma. In: Lindner A, editor. *Performance Diagnosis of Horses*. Wageningen Pers Wageningen, Wageningen, The Netherlands. p30-43.

Ferlazzo, A., Cravana, C., Fazio, E. and Medica. P. (2018) Is there an interplay between the hypothalamus-pituitary-thyroid and the hypothalamus-pituitary-adrenal axes during exercise-stress coping in horses? *J. Equine Vet. Sci.*, 62(3): 85-97

Ferlazzo, A., Fazio, E. and Medica, P. (2007) Hormonas tiroide ejercicio. In: Boffi F, editor. *Fisiologia del Ejercicio en Equinos*. Editorial Inter-Médica SAICI, Buenos Aires, República Argentina. p153-164.

Ferlazzo, A., Fazio, E., Cravana, C. and Medica, P. (2014) Changes of circulating total and free iodothyronines in horses after competitive show jumping with different fence height. *J. Equine Vet. Sci.*, 34(6): 876-881.

Ferlazzo, A., Medica, P., Cravana, C. and Fazio, E. (2010) Effects of fence height on total and free iodothyronine changes in horses after experimental showjumping sessions. *Equine Vet. J. Suppl.*, 42(38): 110-115.

Frank, N., Sojka, J.E., Latour, M.A., McClure, S.R. & Polazzi, L. (1999). Effect of hypothyroidism on blood lipid concentrations in horses. *Am J Vet Res* 60: 730-733.

Frank, N.; Sojka, J.E. Messer, N.T. (2002). Equine thyroid dysfunction. *Vet Clin Equine* 18:305-319.

Ganong, W.F. (1992). Fisiología Médica, 13ª Edição. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V., México, D.F. Pp. 289-298.

Gereben, B., Zeöld, A., Dentice, M., Salvatore, D. and Bianco, A.C. (2008) Activation and inactivation of thyroid hormone by deiodinases: Local action with general consequences. *Cell Mol. Life*, 65(4): 570-590.

González, O., González, E., Sánchez, C., Pinto, J., González, I., Enríquez, O., Martínez, R., Filgueira, G. and White, A. (1998) Effect of exercise on erythrocyte β -adrenergic receptors and plasma concentrations of catecholamines and thyroid hormones in Thoroughbred horses. *Equine Veterinary Journal*, 30(1): 72-78.

Graves, E.A., Schott, H.C. 2nd., Marteniuk, J.V., Refsal, K.R. and Nachreiner, R.F. (2006) Thyroid hormone responses to endurance exercise. *Equine Vet. J. Suppl.*, 36(8): 32-36.

Harris, P., Marlin, D. J., Davidson, H., Rodgerson, J., Gregory, A., & Harrison, D. (2007). Practical assessment of heart rate response to exercise under field conditions. *Equine and comparative exercise physiology*, 4(1), 15-21.

Harris, P., Marlin, D., & Gray, J. (1992). Equine Thyroid Function Tests: A Preliminary Investigation. The Animal Health Trust, PO Box 5, Newmarket, Suffolk, CB8 7DW.

Hesse, V., Vilser, C., Scheibe, J., Jahreis, G., & Foley, T. (1989). Thyroid Hormone Metabolism under Extreme Body Exercises*). *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 94(04/05), 82–88.

Hinchcliff, K.W., Kaneps, A. J., & Geor, R. J. (2013). *Equine Sports Medicine and Surgery E-Book*. Elsevier Health Sciences.

Hinchcliff, K.W., Kaneps, A. J., & Geor, R. J. (Eds.). (2008). *Equine exercise physiology: the science of exercise in the athletic horse*. Elsevier Health Sciences.

Horn R, Stewart AJ, Jackson KV, Dryburgh EL, Medina-Torres CE, Bertin FR. Clinical implications of using adrenocorticotrophic hormone diagnostic cutoffs or reference intervals to diagnose pituitary pars intermedia dysfunction in mature horses. *J Vet Intern Med*. 2021;35:560–70.

Irvine. C.H. (1967) Thyroxine secretion rate in the horse in various physiological states. *J. clinic. Endocrinol. Metabol.* 28. 942-948.

Jansen T, Forster P, Levine MA. Mitochondrial DNA and the origins of the domestic horse. *Proc Natl Acad Sci USA* 2002; 99:10905–10910.

Johnson, P.J.; Messer IV, N.T.; Ganjam, V.K.; Thompson Jr., D.L.; Refsal, K.R.; Loch, W.E. & Ellersieck, M.R. (2003). Effects of propylthiouracil and bromocryptine on serum concentrations of thyrotrophin and thyroid hormones in normal female horses. *Equine Veterinary Journal* 35(3):296-301.

Joseph-Bravo, P., Jaimes-Hoy, L. and Charli, J.L. (2015) Regulation of TRH neurons and energy homeostasis-related signals under stress. *J. Endocrinol.*, 224(3): R139-R159.

Klein, B. (2021). *Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária*. 6ª Edição, Elsevier, capítulo 34.

Levy, M.N.; Koeppen, B.M. y Stanton, B.A. (2023). Berne and Levy, *Fisiología*, 7ª Edição. Harcourt Brace-Elsevier, Madrid, España. Pp. 548-558.

Mair, Tim, et al. *Equine Medicine, Surgery and Reproduction – E-Book*. Second, Elsevier Health Sciences, (2013).

Marcatili, M., Voss, S. J., & Pollock, P. J. (2017). Standing thyroidectomy in 10 horses. *Veterinary Surgery*, 47(1), 86–92.

McAninch, E.A. and Bianco, A.C. (2014) Thyroid hormone signaling in energy homeostasis and energy metabolism. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1311(4): 77-87.

McBride, S.D. and Mills, D.S. (2012) Psychological factors affecting equine performance. *BMC Vet. Res.*, 8 (9): 180.

McKeever, K.H. (2002). The endocrine system and the challenge of exercise. *Vet Clin Equine* 18: 326-330.

McKeever, K.H. and Gordon, M.B. (2004). Endocrine alterations in the equine athlete. In: Hinchcliff, K.W.; Kaneps, A.J. and Geor, R.J. *Equine sports medicine and surgery*. Editorial Saunders, Londres, Inglaterra. Pp. 797-799.

Medica, P., Cravana, C., Fazio, E. and Ferlazzo, A. (2011) Hormonal responses of quarter horses to a 6-week conventional western-riding training programme. *Livest. Sci.*, 140(1-3): 262-267.

Mehl ML, Schott HC, Sarkar DK, et al. Effects of exercise intensity on plasma b-endorphin concentrations in horses. *Am J Vet Res* (2000); 61:969–73.

Messer, N.T.; Ganjam, V.K.; Nachreiner, R.F. and Krause, G.F. (1995). Effect of dexamethasone administration on serum thyroid hormone concentrations in clinically normal horses. *J Am Vet Med Assoc* 206:63-66. 43.

Messer, N.T.; Riddle W.T.; Traub-Dargatz, J.L.; Dargatz, D.A. ; Refsal, K.J. and Thompson, D.L. (1998). Thyroid Hormone Levels in Thoroughbred Mares and Their Foals at Parturition. In: 44th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners.

Molina PE, Ashman R. Thyroid gland. In: *Endocrine physiology*. New York: McGraw-Hill; (2010). p. 75–100.

Morris DD, Garcia M. Effects of phenylbutazone and anabolic steroids on adrenal and thyroid gland function tests in healthy horses. *Am J Vet Res*, (1985);46:359–64.

Mullur, R., Liu, Y.Y. and Brent, G.A. (2014) Thyroid hormone regulation of metabolism. *Physiol. Rev.*, 94(2): 355-382.

Munsters, C. C., van Iwaarden, A., van Weeren, R., & van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M. S. (2014). Exercise testing in Warmblood sport horses under field conditions. *The Veterinary Journal*, 202(1), 11-19.

Munsters, C., van den Broek, J., Welling, E., van Weeren, R., & van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. S. (2013). A prospective study on a cohort of horses and ponies selected for participation in the European Eventing Championship: reasons for withdrawal and predictive value of fitness tests. *BMC veterinary research*, 9(1), 1-11.

Oberhaus, E. L., Thompson, D. L., Kerrigan, L. E., & Chapman, A. M. (2021). Plasma prolactin, thyroid-stimulating hormone, melanocyte-stimulating hormone, and adrenocorticotropin responses to thyrotropin-releasing hormone in mares treated with detomidine and butorphanol. *Domestic Animal Endocrinology*, 74, 106536.

Obregon, M.J. (2014) Adipose tissues and thyroid hormones. *Front. Physiol.*, 5(1): 479-67. Cicatiello, A.G., Di Girolamo, D. and Dentice, M. (2018) Metabolic effects of the intracellular regulation of thyroid hormone: Old players, new concepts. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*, 9(9): 474.

Orsini, J. A., & Divers, T. J. (2012). *Equine Emergencies E-Book: Treatment and Procedures*. Elsevier Health Sciences.

Ortiga-Carvalho, T.M., Chiamolera, M.I., Pazos- Moura, C.C. and Wondisford, F.E. (2016) Hypothalamus-pituitary-thyroid axis. *Compr. Physiol.*, 6(3): 1387-1428.

Salvatore, D., Simonides, W.S., Dentice, M., Zavacki, A.M. and Larsen, P.R. (2014) Thyroid hormones and skeletal muscle new insights and potential implications. *Nat. Rev. Endocrinol.*, 10(4): 206-214.

Santos R.I.D.G. (2008). *Caracterización genética de la aptitud deportiva del caballo puro sangre Lusitano a partir de variables biocinémicas al trote*. PhD Tesis. Universidad de Córdoba. Spain.

Sarkar S. Benign thyroid disease: what is the role of nuclear medicine? *Semin Nucl Med*, (2006);36:185–93.

Saulez MN, Vijoer A, Kafka U, Rubio-Martinez L, van Wilpe E, Steyl J. The use of nuclear imaging for a mixed C cell microfollicular carcinoma of the thyroid gland in a mature horse. *Equine Vet Educ.*(2013); 25:118-125.

Serrano, M. G., Evans, D. L., & Hodgson, J. L. (2002). Heart rate and blood lactate responses during exercise in preparation for eventing competition. *Equine Veterinary Journal*, 34(S34), 135-139.

Singh, B.K., Sinha, R.A. and Yen, P.M. (2018) Novel transcriptional mechanisms for regulating metabolism by thyroid hormone. *Int. J. Mol. Sci.*, 19(10): 3284

Sojka JE. Hypothyroidism in horses. *Comp Cont Educ Pract Vet* (1995);17:845–52.

Sojka, J.E.; Johnson, M.A. & Bottoms, G.D. (1993). Serum triiodothyronine, total thyroxine, and free thyroxine concentrations in horses. *Am J Vet Res* 54:52-55.

Soldin OP, Soldin SJ. Thyroid hormone testing by tandem mass spectrometry. *Clin Biochem.* (2011); 44:89–94.

Stabenfeldt, G. H. Glândulas endócrinas e sua ação. In: CUNNINGHAM, J. G. *Tratado de fisiologia veterinária*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, (1993). p. 273-296.

Tangyuenyong S, Nambo Y, Nagaoka K, Tanaka T, Watanabe G. Sensitive radioimmunoassay of total thyroxine (T4) in horses using a simple extraction method. *J Vet Med Sci*. (2017); 79:1294–300.

Teixeira, Pedrinho Paes, and João Teodoro Padua. "Avaliação dos Níveis de Cortisol, Tiroxina, Triiodotironina e Glicose como Indicativos de Estresse em Cavalos Puro Sangue Inglês de Corrida, Antes e Após a Competição." 2002.

Thompson JC, Ellison RS, Kirk J. Serum thyroid hormone concentrations in New Zealand horses. *N Z Vet J*. (1997);45:11–4.

Toribio, R. E. e Duckett, W.M. (2005). Glândula tiroides. In: Reed, S.M.; Bayly, W. M. y Sellon, D.C. *Medicina Interna Equina*, 2ª Edição. Editorial Inter-Médica, Buenos Aires, Argentina. Pp. 1481- 1496.

Vicente, A. A., Carolino, N., & Gama, L. T. (2012). Genetic diversity in the Lusitano horse breed assessed by pedigree analysis. *Livestock Science*, 148(1-2), 16-25.

Vicente, A. A., Carolino, N., Ralão-Duarte, J., & Gama, L. T. (2014). Selection for morphology, gaits and functional traits in Lusitano horses: II. Fixed effects, genetic trends and selection in retrospect. *Livestock Science*, 164, 13-25.

Vicente, A. A., Carolino, N., Ralão-Duarte, J., & Gama, L. T. (2014a). Selection for morphology, gaits and functional traits in Lusitano horses: I. Genetic parameter estimates. *Livestock science*, 164, 1-12.

Vicente, A. P. A. (2015). *Characterization and selection of the Lusitano horse breed* (Doctoral dissertation, Universidade de Lisboa (Portugal)).

Willmore JH, Costill DL. Hormonal regulation of exercise. In: Willmore JH, Costill DL, eds. *Physiology of sport and exercise*, Champaign, IL: Human Kinetics; 1994.

ANEXO I

Tabela 1 – Padrão da raça LUSITANO.

<i>TIPO</i>	<i>Eumétrico (peso cerca de 500Kg); mediolinio; subconvexilíneo (de formas arredondadas), de silhueta inscritível num quadrado.</i>
<i>ALTURA</i>	<i>Média ao garrote, medida com hipómetro, aos 6 anos: fêmeas 1,55m Machos 1,60m.</i>
<i>PELAGEM</i>	<i>As mais frequentes são a ruça e a castanha, em todos os seus matizes.</i>
<i>TEMPERAMENTO</i>	<i>Nobre, generoso e ardente, mas sempre dócil e sofredor.</i>
<i>ANDAMENTOS</i>	<i>Ágeis e elevados, projetando-se para diante, suaves, e de grande comodidade para o cavaleiro.</i>
<i>APTIDÃO</i>	<i>Tendência natural para a concentração, com grande predisposição para exercícios de Alta Escola e grande coragem e entusiasmo nos exercícios de Gineta (combate, caça, toureio, manejo de gado, etc).</i>
<i>CABEÇA</i>	<i>Bem proporcionada, de comprimento médio, delgada e seca, de ramo mandibular pouco desenvolvido e faces relativamente compridas, de perfil levemente subconvexo, fronte levemente abaulada (sobressaindo entre as arcadas supraciliares), olhos sobre o elíptico, grandes e vivos, expressivos e confiantes. As orelhas são de comprimentos médio, finas, delgadas e expressivas</i>
<i>PESCOÇO</i>	<i>De comprimento médio, rodado, de crineira delgada, de ligação estreita à cabeça, largo na base, e bem inserido nas espáduas, saindo do garrote sem depressão acentuada.</i>
<i>GARROTE</i>	<i>Bem destacado e extenso, numa transição suave entre o dorso e o pescoço, sempre levemente mais elevado que a garupa. Nos machos inteiros fica afogado em gordura, mas destaca-se sempre bem das espáduas.</i>
<i>PEITORAL</i>	<i>De amplitude média, profundo e musculoso.</i>
<i>COSTADO</i>	<i>Bem desenvolvido, extenso e profundo, costelas levemente arqueadas, inseridas obliquamente na coluna vertebral, proporcionando um flanco curto e cheio.</i>
<i>ESPÁDUAS</i>	<i>Compridas, oblíquas e bem musculadas.</i>
<i>DORSO</i>	<i>Bem dirigido, tendendo para o horizontal, servindo de traço de união suave entre o garrote e o rim.</i>
<i>RIM</i>	<i>Curto, largo, musculoso, levemente convexo, bem ligado ao dorso e à garupa, com a qual forma uma linha contínua e perfeitamente harmónica.</i>
<i>GARUPA</i>	<i>Forte e arredondada, bem proporcionada, ligeiramente oblíqua, de comprimento e largura de dimensões idênticas, de perfil convexo, harmónico, e pontas das ancas pouco evidentes, conferindo à garupa uma secção transversal elíptica. Cauda saindo no seguimento da curvatura da garupa, de crinas sedosas, longas e abundantes.</i>

<i>MEMBROS</i>	<i>Braço bem musculado, harmoniosamente inclinado. Antebraço bem aprumado e musculado. Joelho seco e largo. Canelas sobre o comprido, secas e com tendões bem destacados. Boletos secos, relativamente volumosos, e quase sem machinhos. Quartelas relativamente compridas e oblíquas. Cascos de boa constituição, bem conformados e proporcionados, de talões não muito abertos e coroa pouco evidente. Nádega curta e convexa. Coxa musculosa, sobre o curto, dirigida de modo que a rótula se situa na vertical da ponta da anca. Perna sobre o comprido, colocando a ponta do curvilhão na vertical da ponta da nádega. Curvilhão largo, forte e seco. Os membros posteriores apresentam ângulos relativamente fechados.</i>
----------------	---

Tabela 2 - Comparação dos TECs já publicados (In Munsters et al. 2014)