

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

JANE LUIZA DA SILVA CAMPOS

**FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO EQUINO E AVALIAÇÃO LABORATORIAL**

CRUZ DAS ALMAS

2014

JANE LUIZA DA SILVA CAMPOS

## **FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO EQUINO E AVALIAÇÃO LABORATORIAL**

Monografia apresentada ao Curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito para obtenção do título de bacharel em Medicina Veterinária.

Área de concentração: Patologia Clínica Veterinária

Orientadora: Profa. Dra. Veridiana Fernandes da Silveira

CRUZ DAS ALMAS

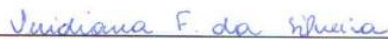
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
COLEGIADO DE MEDICINA VETERINÁRIA

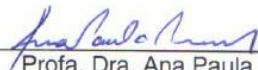
COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JANE LUIZA DA SILVA CAMPOS

FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO EQUINO E AVALIAÇÃO LABORATORIAL



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Veridiana Fernandes da Silveira  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Ana Paula Cardoso Peixoto  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



\_\_\_\_\_  
MSc. Carmo Emanuel Almeida Biscarde  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Cruz das Almas, 03 de abril de 2014.

## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus queridos pais **Domicia** e **Luizinho**, irmãos **Rol** e **Lu**, e sobrinha **Thamires Vitória** e todos que torceram por mim, que acreditaram que me tornaria Médica Veterinária. Com todas as dificuldades enfrentadas nesse período, com paciência, entendimento, ajuda e apoio... Não teria conseguido se não fosse por vocês...*

**Ofereço!**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus** por permitir que eu chegasse até aqui, por ter me dado forças para persistir na luta por meus sonhos. Obrigada Senhor!!!!

Aos meus pais **Domícia e Luizinho**, por sempre acreditarem em mim, obrigada pela dedicação, pelo cuidado, carinho, zelo, amor... obrigada pela compreensão diante das minhas escolhas, pelo respeito e confiança sempre depositados em mim e pelo apoio financeiro durante a graduação... Amo muito vocês!!!

Às minhas irmãs, **Carol e Luziane**, pelo incentivo, apoio, carinho. Obrigada queridas, amo vocês!!! As melhores irmãs que eu poderia ter.

À minha orientadora, **Veridiana Fernandes da Silveira**, pela oportunidade, paciência e confiança depositada em mim. Obrigada pela amizade, carinho e preocupação demonstrados, por não ter desistido de mim, por me apoiar nos momentos difíceis, sempre me incentivando.

Às minhas companheiras de República Brejão e irmãs de coração, **Sandrinha, Mel, Jerusa e Luisinha** pela paciência durante esses cinco anos e meio, obrigada pela amizade, companhia, atenção, carinho. Amo vocês suas chatas. Vou sentir saudades!

Aos **professores** do curso, por compartilhar conhecimentos imprescindíveis à nossa profissão. Com fé em Deus irei praticá-los com sabedoria e perfeição.

## **A Prece do Cavalo**

**Ao meu amo, ofereço a minha oração: ~ Dá-me de comer e mata-me a sede, e quando o trabalho terminar dá-me abrigo, uma cama limpa e seca e uma baia ampla para descansar em conforto. Fala comigo, tua voz muitas vezes significa para mim o mesmo que as rédeas. Afága-me às vezes, para que te possa servir com mais alegria e aprenda te amar. Não maltrates minha boca com o freio e não me faças correr ao subir uma ladeira. Nunca, eu te suplico, me agridas ou me espanques quando não entender o que queres de mim, mas dá-me uma oportunidade de te compreender. E, quando não for obediente ao teu comando, vê se algo não esta correto em meus arreios, ou maltratando meus pés. E, finalmente, quando a minha utilidade se acabar, não me deixes morrer de frio ou fome, a mingua, nem me vendas para alguém cruel para que seja lentamente torturado até a morte. Mas, bondosamente meu amo, sacrifica-me tu mesmo e teu Deus te recompensará para sempre. Não me julgues irreverente se te peço isto, em nome d'aquele que também nasceu num estábulo. Assim seja”**

**‘autor desconhecido’**

CAMPOS, J.L.S. **Fisiologia do Exercício Equino e avaliação laboratorial**. 2014. 50p. Monografia (graduação em Medicina Veterinária) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

## RESUMO

A fisiologia do Exercício Equino tem como intuito avaliar qualitativa e quantitativamente variáveis biológicas relacionadas a um melhor desempenho atlético do cavalo. O exercício físico realizado em treinamentos e competições pode causar diversas alterações nos parâmetros fisiológicos, hematológicos e bioquímicos, devendo ser prescrito de forma racional. Hoje em dia, métodos como as análises laboratoriais, tornaram-se ferramentas importantes para acompanhamento dos cavalos atletas, objetivando estabelecer um melhor condicionamento físico. Alguns metabólitos resultantes da ativação das vias de geração de energia podem implicar em queda de desempenho atlético desses animais. O estabelecimento de valores de referência nacionais, sobre as variáveis sanguíneas é essencial para a correta interpretação dos resultados obtidos de estudos. Aliado a isso, o acompanhamento Médico Veterinário em programas de treinamento é essencial, em virtude da possibilidade de minimizar as principais alterações clínicas, os parâmetros fisiopatológicos e laboratoriais que comumente acometem os cavalos em exercício.

Palavras-chave: cavalos, hematologia, lactato

CAMPOS, J.L.S. **Equine exercise physiology and laboratory evaluation.** 2014. 50p. Monograph (graduation in Veterinary Medicine) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

### **ABSTRACT**

The equine physiology of exercise aims to evaluate qualitative and quantitatively biologic variables related with a better athletic performance of the horse. The exercise performed in training and competitions may cause several change in physiological, hematological and biochemical parameters, and should be prescribed rationally. Nowadays, methods such as laboratorial analysis became significant tools for monitoring athletic horses, in order to establish a better aerobic fitness. Certain metabolites produced by activation of energy pathways may cause poor performance in these horses. It is essential to establish local reference values to hematological variables; it allows the correct interpretation of results obtained in studies. Together, it is primordial the presence of a Veterinarian in training program, due to the possibility of minimizing the most important clinical, pathophysiological and laboratory parameters that commonly affect horses at exercise.

Keywords: horses, hematology, lactate



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>%</b>	Porcentagem
<b>°C</b>	Grau Celsius
<b>AST</b>	Aspartato aminotransferase
<b>ADP</b>	Adenosina Difosfato
<b>ATP</b>	Adenosina Trifosfato
<b>BH</b>	Brasileiro de Hipismo
<b>Bpm</b>	Batimentos por minuto
<b>CHCM</b>	Concentração de hemoglobina corpuscular média
<b>CK</b>	Creatinoquinase
<b>CO<sub>2</sub></b>	Gás carbônico
<b>FC</b>	Frequência cardíaca
<b>FC<sub>máx</sub></b>	Frequência Cardíaca Máxima
<b>FR</b>	Frequência respiratória
<b>g/dL</b>	Grama por decilitro
<b>He</b>	Hemácias
<b>Hb</b>	Hemoglobina
<b>HCM</b>	Hemoglobina corpuscular média
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Íon bicarbonato
<b>Km</b>	Quilômetro
<b>LDH</b>	Lactato desidrogenase
<b>MM</b>	Mangalarga Marchador
<b>m</b>	Metros
<b>m/s</b>	Metros por segundos
<b>mg/dL</b>	Miligrama por decilitro
<b>mmol/L</b>	Milimol por litro
<b>mpm</b>	Movimentos por minuto
<b>O<sub>2</sub></b>	Gás oxigênio
<b>Pi</b>	Fosfato inorgânico
<b>pH</b>	Potencial hidrogeniônico
<b>PPT</b>	Proteína plasmática total
<b>PSI</b>	Puro sangue Inglês
<b>PSA</b>	Puro Sangue Árabe

<b>QM</b>	Quarto de Milha
<b>s</b>	Segundos
<b>TR</b>	Temperatura retal
<b>UI/L</b>	Unidades internacionais por litro
<b>V<sub>4</sub></b>	Velocidade onde o lactato atinge 4mmol/L
<b>VCM</b>	Volume corpuscular médio
<b>VG</b>	Volume globular
<b>V<sub>200</sub></b>	Velocidade de exercício na qual a frequência cardíaca está em 200bpm

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1.</b> Características dos tipos de fibras musculares em cavalos. ....	21
<b>QUADRO 2.</b> Valores de referência consultados na literatura do hemograma, plaquetas, proteína total plasmática e fibrinogênio de equinos adultos. ....	29
<b>QUADRO 3.</b> Valores de referência consultados na literatura das enzimas de avaliação de função muscular de eqüinos adultos atletas sadios. ....	32

## **SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1 Fisiologia do exercício .....	15
2.2 Avaliação laboratorial.....	24
<b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	40
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o IBGE (2011), o rebanho equino do Brasil ocupa a posição de quarto lugar no ranking mundial, com um efetivo de 5.514.253 milhões de cabeças perdendo apenas para China, Estados Unidos e México. As regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, apresentam os maiores percentuais, com 24,8%, 24,6% e 20,4%, respectivamente.

As estimativas apresentadas num estudo realizado pelo Centro de estudos avançados em economia aplicada (CEPEA) - ESALQ/USP, indicam que o complexo do agronegócio cavalo no Brasil, mobiliza valor econômico superior a R\$ 7,3 bilhões por ano. Este segmento disponibiliza 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos relacionados ao cavalo no Brasil, tratando-se de números expressivos, configurando-o uma superpotência econômica (LIMA et al., 2006). Embora a criação de cavalos seja vista como atividade de lazer, esta revela-se como um negócio lucrativo.

Atualmente, pesquisadores estão realizando experimentos com base na fisiologia do exercício equino, com o intuito de avaliar qualitativa e quantitativamente variáveis biológicas relacionadas a um melhor desempenho atlético. Exercício físico, realizado em treinamentos e competições, pode causar diversas alterações nos parâmetros fisiológicos, hematológicos e bioquímicos, devendo ser prescritos de forma racional, levando em consideração a individualidade do atleta.

Hoje em dia, métodos como as análises de parâmetros hematológicos e bioquímicos, tornaram-se ferramentas importantes para acompanhamento dos cavalos atletas, a fim de estabelecer um melhor condicionamento desses animais, além de serem utilizados também na clínica médica como exames complementares para o auxílio diagnóstico em diversas doenças, sendo interpretados junto ao exame clínico.

Desse modo, o estabelecimento de valores de referência nacionais, sobre as variáveis sanguíneas é essencial para a correta interpretação dos resultados obtidos de estudos, possibilitando a avaliação do condicionamento e evolução da performance atlética dos animais, tanto em repouso quanto em exercício, para as várias raças empregadas nas modalidades hípcas (CAIADO, 2011).

Aliado a isso, o acompanhamento médico veterinário dos equinos em programas de treinamento é essencial, em virtude da possibilidade de controle das principais alterações laboratoriais, dos parâmetros fisiopatológicos e clínicos que comumente acomete os equinos em exercício.

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é desenvolver uma revisão de literatura, que aborde a avaliação dos principais parâmetros laboratoriais utilizados em fisiologia do exercício eqüino, para o acompanhamento do condicionamento atlético de equinos submetidos a diferentes tipos de exercício.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fisiologia do exercício

A fisiologia do exercício, em humanos, começou a ser estudada no final do século XIX, tornando-se área de interesse acadêmico, científico e alvo de pesquisas relacionadas ao desempenho do organismo frente ao exercício. Os primeiros fisiologistas do exercício foram o dinamarquês August Krogh, o britânico Archibald V. Hill e o alemão Otto Meyerhof, que receberam o Prêmio Nobel na década de 20, por suas pesquisas nas áreas de fisiologia da musculatura esquelética e do metabolismo energético (FORJAZ, 2011).

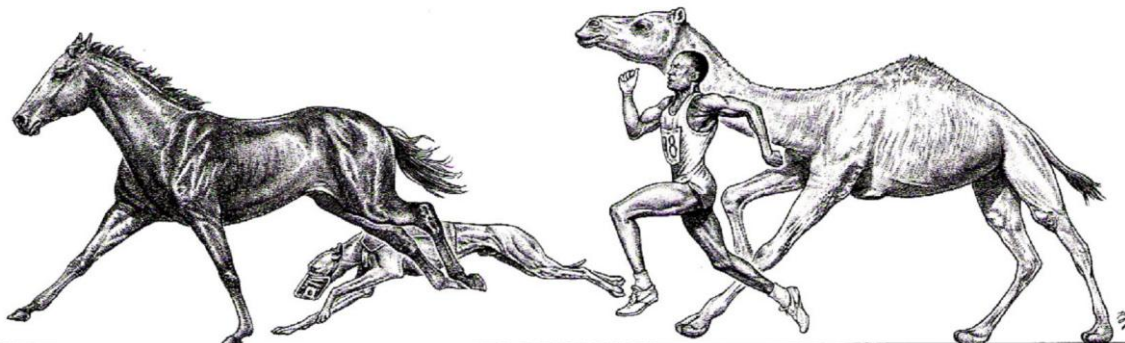
Conforme Evans, (2000), a fisiologia do exercício equino consiste em estudar as respostas fisiológicas do animal submetido ao exercício e ao treinamento. Informações científicas a respeito do metabolismo energético e de variáveis fisiológicas que ajudem a determinar o potencial atlético de cavalos foram verificadas na literatura internacional. No entanto, as informações referentes ao contexto nacional ainda são limitadas, contribuindo a passos lentos para a avaliação em condições tropicais, visto que, a nutrição, manejo sanitário, temperatura e umidade são diferentes em determinadas regiões (FERRAZ, 2009).

Parâmetros fisiológicos como a frequência cardíaca e o limiar de lactato estão sendo utilizados por diferentes pesquisadores para avaliação de animais condicionados ao treinamento em esteiras de alta velocidade (FERRAZ et al., 2006) e a campo (AMARAL et al., 2013), destacado-se como ferramentas importantes para avaliação do equino atleta.

As análises laboratoriais solicitadas a fim de mensurar as concentrações séricas de enzimas, como a aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama-glutamyltransferase e lactato desidrogenase, associadas a exames clínicos, também são importantes na avaliação do equino durante o exercício, sendo parâmetros rotineiramente utilizados para o acompanhamento e determinação do condicionamento atlético desses animais (BALARIN et al., 2005).

Dentre as espécies, podemos observar que o equino é um exímio atleta, onde desde a evolução e em comparação ao cão, camelo e homem, as velocidades atingidas em

um percurso de 400m, ele atinge 70 km/h de velocidade demonstrando a habilidade inata deste animal para o exercício (Figura 1) (HODGSON e ROSE, 1994).



Fonte: (HODGSON e ROSE, 1994).

**FIGURA 1.** Espécies atléticas diferentes em exercício, demonstrando a relação de velocidade.

As atividades equestres na maioria dos países são encaradas pelos criadores como lazer e não como fonte de renda. Muitos equinos não são devidamente preparados para as provas que desempenham. Isto deve-se possivelmente à distância entre as informações científicas de pesquisas e criadores, evidenciando uma lacuna de informações que muitas vezes não são atualizadas ou aperfeiçoadas, dificultando no melhor desempenho desses animais (REGATIERI e MOTA, 2012).

A intensidade e a duração do exercício são fatores essenciais para a determinação de qual via de produção de energia será ativada para utilização pelo músculo durante o exercício, seja ele, exercício de alta intensidade e curta duração, ou baixa intensidade e longa duração, estes parâmetros influenciam notoriamente nas exigências metabólicas do músculo (EATON, 1994).

O exercício pode ser classificado em leve, moderado e intenso. Diante de tais classificações, o exercício leve pode ser encontrado nas modalidades de prova de cavalgada, equitação e trilhas; o moderado, no trabalho em fazenda, laço, apartação, tambor, salto e o intenso, pólo e corrida, conforme o Nutrient Research Council (NRC,1989).

O treinamento é definido como o momento em que o esforço físico segue uma ordem de eventos, com continuidade de movimentos que aumentam gradualmente,



e que tem por objetivo principal promover adaptações fisiológicas que aperfeiçoem o desempenho atlético (GRAAF- ROELFSEMA et al., 2007).

Com o objetivo de tornar o cavalo atleta apto a desempenhar atividade física com eficiência, períodos regulares de treinamento são necessários para obter adaptações cardioresperatórias, musculares, tendíneas e ósseas benéficas à prática esportiva (EVANS, 2000).

O treinamento constante de cavalos que praticam alguma modalidade equestre, possibilita uma maior capacidade de realizar atividades com melhor desempenho. Exemplificando o fato, cavalos submetidos a exercícios de alta intensidade e curta duração desenvolverão fibras musculares esqueléticas adaptadas para exercícios de altas velocidades (REGATIERI e MOTA, 2012). O treinamento diário modifica a fibra muscular de modo a manter as enzimas CK e AST dentro dos padrões de normalidade (SICILIANO et al., 1995).

Um efeito positivo do treinamento sobre o condicionamento físico dos equinos é o aumento nos valores de hematócrito e hemoglobina, pois indica um maior suprimento de oxigênio para o músculo durante o exercício (SANTIAGO et al., 2013). O fato ocorre devido à hipóxia tecidual que a musculatura esquelética é submetida durante o treinamento, com uma maior produção de eritropoietina, com consequente aumento da produção de eritrócitos (CASTEJON et al., 2007).

Segundo Lima et al. (2006), as modalidades equestres como a vaquejada, salto, pólo, enduro, apartação, volteio, adestramento, turismo equestre, equitação, turfe, CCE (Concurso Completo de Equitação), 6 balizas, três tambores, rodeio, etc, são praticadas por milhares de atletas e amantes do hipismo em todo o país.

Os equinos mais utilizados na modalidade de enduro equestre são os da raça Puro Sangue Árabe (PSA), em decorrência desta raça apresentar uma composição das fibras musculares com maior capacidade oxidativa, tornando-os, mais competitivos e resistentes (DUREN, 2000), quando comparados aos cavalos de corrida Puro Sangue Inglês (PSI), por exemplo, que possuem uma menor capacidade oxidativa das fibras musculares (PRINCE et al., 2001).

As provas de enduro surgiram nos Estados Unidos e somente nos anos 80 foi introduzida no Brasil. Estas utilizam equinos das raças Árabe, Mangalarga Paulista e sem raça definida no Brasil (FERNANDES e LARSSON, 2000). Os cavalos de enduro são submetidos a longas distâncias em provas de resistência e necessitam de um preparo físico adequado para finalizar o percurso (TEIXEIRA-NETO et al., 2008). Conforme aumenta a distância percorrida em provas de enduro, 80% da energia utilizada é originada por meio da via aeróbica ou oxidativa, e os outros 20% pela via anaeróbica glicolítica (ROSE, 1986).

O concurso de marcha é caracterizado por Rezende (2006), como uma prova de longa duração, com intenso gasto energético, onde o animal desenvolve em círculo, longos percursos, sem descanso e em velocidade constante. A raça nacional Mangalarga Marchador (MM), responsável pelo maior rebanho de equinos do país, apresenta como principal especialidade a marcha (LIMA et al., 2006), que foi reconhecida por Prates et al., (2009) como uma atividade de intensidade submáxima, uma vez que a frequência cardíaca dos animais não ultrapassa 200 bpm.

A Prova dos Três Tambores é executada em um circuito, onde três tambores são colocados nas pontas de um triângulo. O início da prova se dá em direção ao primeiro tambor, que apresenta uma distância de 13 a 18 m da linha de largada, e está localizado à direita da base do triângulo. No menor tempo possível e sem faltas, o conjunto formado pelo cavaleiro e cavalo, deve realizar uma volta completa em torno de cada tambor, regressando em linha reta até o local de partida (STRICKLIN, 1997). Este é um exercício de alta intensidade e curta duração que requisita fibras musculares anaeróbicas e, são desempenhados por equinos da raça Quarto de milha (QM), atleta que dispõe de uma estrutura forte e resistente, coordenação neuromuscular aperfeiçoada, extraordinária potência para desenvolver a chamada velocidade pura, ou seja, esforço máximo num período curto de tempo, entre 5 e 20 segundos, e necessita de um tipo especial de suporte energético para que possa desenvolver grandes velocidades (ABQM, 2014). O quarto-de-milha é considerado o equino que atinge as maiores velocidades numa distância de 402 m (NIELSEN et al., 2006).

As provas de vaquejada são uma modalidade popular bastante difundida no Nordeste brasileiro, envolvem altos investimentos em decorrência da aquisição de animais de alto valor genético e das premiações oferecidas para os campeões (LOPES et al., 2009). Há uma grande exigência dos animais, por estes desenvolverem um grande esforço físico, de alta intensidade e curta duração, sendo um exercício caracterizado por um arranque rápido, mudanças de direção e paradas bruscas, além de uma elevada força física exigida para o boi ser derrubado (XAVIER, 2002).

A fonte de energia imediata para o início do exercício é a adenosina trifosfato (ATP), disponível localmente, e em mínimas concentrações para atender a demanda energética para contração das fibras musculares apenas por poucos segundos (ERICKSON, 1996). O ATP é a mais importante molécula transportadora de energia celular e quantidades suficientes para a realização do movimento são essenciais para evitar a morte rápida das células musculares pelo estímulo do esforço (FERRAZ, 2007).

Ao se iniciar o exercício, a enzima miosina-ATPase, catalisa a reação de hidrólise da adenosina trifosfato (ATP), formando adenosina difosfato (ADP) no músculo esquelético, resultando na liberação de fosfato inorgânico (Pi) e energia para utilização na contração muscular (REGATIERI e MOTA, 2012). Os indivíduos em exercícios utilizam inicialmente a energia armazenada nos estoques intramusculares de ATP e creatina fosfato, é um processo sem gasto de oxigênio e sem formação de ácido láctico, denominado fase aláctica da produção anaeróbia de energia (SPURWAY, 1992).

Nos eqüinos, a quantidade de ATP armazenado nas fibras musculares é limitada, a maior parte dessa energia originada do processo de hidrólise da ATP é liberada sob forma de calor durante o exercício, a outra parte, é utilizada na contração muscular, onde mecanismos como o deslocamento dos filamentos de miosina na célula muscular e o bombeamento do cálcio de volta para seus sítios de estocagem celular necessitam de energia. Diante deste motivo, o fornecimento de energia para a contração muscular exige um suprimento contínuo de ATP, solicitando outras vias metabólicas celulares com capacidade de produzir ATP rapidamente (FERRAZ, 2007).

Logo após esta fase inicial, a energia exigida pelo exercício pode ser provida por outras vias de metabolização para obtenção de energia que podem ser acionadas durante o exercício, são elas: a via pela qual há a produção de ATP a partir de oxigênio, chamada via aeróbica (oxidativa) e a que produz ATP com ausência de oxigênio, chamada via anaeróbica (glicolítica). Contudo, o aporte energético para realização do exercício vai depender da natureza, frequência, intensidade e duração do mesmo, do tipo de fibra muscular, dos substratos energéticos e do oxigênio disponível. Os carboidratos (glicose ou glicogênio muscular e hepático) e as gorduras (ácidos graxos) são os principais substratos energéticos utilizadas para a produção de ATP (HODGSON e ROSE, 1994; MARLIN e NANKERVIS, 2002).

Nos exercícios de baixa a moderada intensidade, a via utilizada para fornecer energia é a aeróbica, em casos de exercícios de alta intensidade, o suprimento de energia é por meio da via anaeróbica (HODGSON e ROSE, 1994; BERGERO et al., 2005; RIVERO, 2007), onde há a liberação de lactato das células musculares para o sangue, podendo elevar as concentrações de lactato no sangue e conseqüente diminuição do pH sanguíneo (HODGSON e ROSE, 1994).

Os músculos esqueléticos dos equinos possuem fibras musculares que apresentam coloração branca ou vermelha. As fibras mais avermelhadas são ricas em mitocôndrias, possuindo grande capacidade de produção de ATP e são mais vascularizadas, as fibras brancas são ricas em glicogênio (PEIXOTO, 2004).

As fibras musculares se classificam de acordo com a velocidade de contração e relaxamento, onde as fibras Tipo I ou vermelhas, de contração lenta, são capazes de contrair-se repetidamente com uma força moderada, utilizando como principal substrato energético os ácidos graxos, sendo mais resistentes à fadiga. E as fibras Tipo II ou brancas, de contração rápida, possuem diâmetro maior e alta atividade, com uma tendência maior à fadiga, utilizando o glicogênio como substrato energético (PEIXOTO, 2004).

As fibras Tipo II subdividem-se nos tipos IIA ou rápidas oxidativas-glicolíticas, que apresentam metabolismo anaeróbio e são mais resistentes à fadiga e o subtipo IIX ou rápidas glicolíticas, que são de contração rápida, com predomínio quase exclusivo de obtenção de energia por meio da glicólise anaeróbia, usando apenas

glicose e glicogênio, originando grande acúmulo de lactato e íons hidrogênio ao término do exercício. Essas fibras são comumente observadas em cavalos de corrida de curtas distâncias que precisam de fortes contrações para aceleração e força, com predomínio desse tipo celular nos músculos dos membros, como consequência resulta em um rendimento energético insuficiente e são fáceis de fadigar (REGATIERI e MOTA, 2012).

De acordo com Snow e Guy (1980), maiores percentuais de fibras tipo I, de contração lenta são observados em animais utilizados para esportes de resistência, já nos cavalos de corrida, está presente maior percentagem de fibras de contração rápida tipo IIA ou IIX, sendo esta última, de contração mais rápida que a anterior. Rivero et al., (2002), destacam que em equinos submetidos a exercícios de alta intensidade e de curta duração possuem diminuição das fibras do tipo I e aumento das fibras do tipo II, ao contrário do que é observado nos exercícios de baixa intensidade e longa duração. Portanto, é o tipo de exercício que determinará qual tipo de fibra será recrutada, pois sabe-se que todas as fibras estão ativas em todos os tipos de exercícios. A genética do indivíduo, o tipo de treinamento que o equino realiza e o tempo de repouso, também influenciam na proporção entre as fibras musculares (REGATIERI e MOTA, 2012).

**QUADRO 1.** Características dos tipos de fibras musculares em cavalos.

CARACTERÍSTICA	TIPO I	TIPO IIA	TIPO IIX
Velocidade de Contração	Lenta	Rápida	Rápida
Capacidade Oxidativa	Alta	Alta à intermediária	Intermediária à baixa
Resistência à Fadiga	Alta	Intermediária	Intermediária à baixa
Atividade miosina ATPase	Baixa	Alta	Alta

**FONTE:** Snow e Valberg (1994)

D'Angelis et al. (2005), trabalhando com 12 equinos da raça Árabe submetidos a treinamento aeróbico com 90 dias de duração relatam a presença de hipertrofia nas fibras dos tipos I, IIA e IIB, ao comparar amostras do músculo glúteo médio colhidas antes e após este treinamento. Destacam que nos equinos treinados as áreas referentes às fibras do tipo I foram maiores do que às dos cavalos não treinados, atribuindo este aumento observado na área das fibras do tipo I à hipertrofia observada nos cavalos treinados. Por outro lado, a manutenção das áreas referentes às fibras dos tipos IIA e IIB, apesar da hipertrofia observada, deve-se à

redução na frequência destes tipos de fibras. Chegando a conclusão de que houve uma resposta de adaptação do músculo glúteo médio ao treinamento aeróbico imposto influenciando na morfologia das fibras musculares, aumentando dessa forma a capacidade oxidativa do músculo glúteo médio.

D'Angelis et al. (2006), verificaram em equinos jovens da raça Brasileiro de Hipismo (BH), a qual, teve influência de diversas raças de equinos para sua formação, que as fibras do tipo IIX foram encontradas em maior porcentagem do que as fibras do tipo IIA no músculo glúteo médio e em porcentagem menor ainda, foram encontradas as fibras do tipo I. Os achados indicam que o músculo glúteo médio desses equinos apresenta maior metabolismo glicolítico com maior capacidade anaeróbica, o que pode ser justificado pelo predomínio de fibras do tipo IIX, que, provavelmente está associado a influência genética da raça PSI na formação do cavalo Brasileiro de Hipismo estudada e citada por Dias et al., (2000).

Foi demonstrado por Rino (2010), trabalhando com resposta das fibras musculares esqueléticas de equinos da raça Puro Sangue Árabe ao treinamento de enduro que houve um maior percentual de fibras do tipo IIA nos animais do grupo não treinado, já no grupo treinado, o maior percentual foi do tipo I. Resultado condizente aos achados por Serrano e Rivero (2000), onde observaram que depois de 8 meses de treinamento de resistência, a frequência das fibras do tipo I aumentam e a das fibras do tipo IIX diminuem em equinos.

A principal causa de animais não apresentarem bom desempenho em competições, são as lesões adquiridas e para evitá-las, deve-se desenvolver uma melhor capacidade atlética do animal diante da atividade, melhorando o desempenho físico com programas de treinamento específicos para a raça e tipo de exercício, modulando o tipo de fibra, assim como melhorando a resistência do animal (ROSE, 2000).

Durante o exercício, a mensuração da frequência cardíaca (FC) é facilmente determinada, podendo ser indicada para avaliar a intensidade do exercício, monitorar o condicionamento e para estudar os efeitos da atividade em relação ao sistema cardiovascular (HODGSON e ROSE, 1994; EVANS, 2000). A FC de equinos adultos no repouso varia de 32 a 44bpm segundo Cunningham, (1999). Ferraz et al.,

(2006) descrevem a utilização do freqüencímetro digital específico para cavalos para determinação da FC nos programas de treinamentos, sendo este muito utilizado para avaliação da intensidade do exercício e monitoramento da capacidade cardiovascular dos mesmos.

Conforme Evans (2000), um platô de FC é atingido em consequência do aumento da intensidade do exercício. Esse platô define a frequência cardíaca máxima,  $FC_{Máx}$ , sendo em média 210-240 bpm. Dessa forma, exercícios máximos são aqueles em que a FC ultrapassam a  $FC_{Máx}$ , e submáximos, a FC ficam abaixo da  $FC_{Máx}$ .

A resposta do coração e vasos sanguíneos de um cavalo que é submetido a um treinamento intensivo é uma avaliação que pode ser realizada por meio da mensuração da FC, associada a exame de hemograma após as competições. Esta constitui ferramenta útil e de baixo custo para o acompanhamento de cavalos atletas, quando comparados a testes realizados em esteira de alto desempenho, fornecendo informações satisfatórias para avaliar o nível individual de performance atlética (CAPELLETO et al., 2009).

Pode-se aferir facilmente a FC durante o exercício, por meio de um freqüencímetro digital para cavalos, fornecendo um índice indireto da capacidade e função cardiovasculares. A relação entre a velocidade e a FC costuma ser utilizada na avaliação do potencial atlético, a  $V_{200}$  representa a velocidade que a FC atinge 200 batimentos/min (FERRAZ et al., 2007).

A FC tem relação com a  $V_4$ , determinada pela velocidade em que há um equilíbrio entre produção e o consumo de lactato, que é 4mmol/L de lactato sanguíneo, definindo o limiar de lactato. Caso esse limiar seja ultrapassado, há predomínio do metabolismo anaeróbico acumulando lactato no músculo e aumentando na corrente sanguínea, levando à fadiga muscular (LINDNER e BOFFI, 2006).

Conforme Lindner e Boffi (2006), há uma relação positiva entre a intensidade de exercício, FC e concentração de lactato, pois à medida que a intensidade do exercício aumenta, as necessidades energéticas e de oxigênio também aumentam, sendo assim, o sistema cardiorrespiratório responde aumentando as FC e FR, a fim de disponibilizar um maior volume sanguíneo oxigenado ao tecido muscular e maior aporte energético.

O sistema respiratório apresenta como principais funções durante um exercício, umidificação, aquecimento e filtração do ar inspirado, regulação ácido-básica, termorregulação e síntese, liberação, modificação, inativação e remoção de substâncias bioativas, além do transporte dos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (CUNNINGHAM, 1999).

Nos equinos, sinais como o aumento da frequência respiratória, da frequência cardíaca, sudorese, vasos periféricos aparentes na superfície corpórea e aumento da temperatura retal podem ser indicativo de estresse térmico (CRABBLE, 1998). A mensuração da temperatura retal (TR) permite verificar se os animais estão conseguindo manter a temperatura dentro dos limites fisiológicos em condições adversas de estresse que, segundo Cunningham (1999), nos equinos é entre 37,2 e 38,2°C.

## 2.2 Avaliação laboratorial

O hemograma fornece dados essenciais para investigar tanto saúde quanto alterações de origem patológica, podendo ser utilizado na rotina para acompanhar clinicamente o desenvolvimento e o desempenho de atletas. A diversidade de informações que o hemograma pode fornecer torna este exame auxiliar um dos mais requisitados (GROTTO, 2009). Alterações no hemograma como um aumento do número de hemácias, do volume globular, e da concentração de hemoglobina podem ocorrer devido a mobilização de hemácias do baço durante a esplenocontração decorrente do exercício físico (KINGSTON, 2004).

O número de hemácias (He), concentração de hemoglobina (Hb), volume globular (VG), volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e a hemoglobina corpuscular média (HCM) são avaliados por meio do eritograma (JOHNSON, 1998). Segundo Kingston (2004), nos equinos as principais determinações avaliadas por este exame são o número de hemácias, o volume globular e a concentração de hemoglobina. McKeever e Hinchcliff, (1995), mencionaram que a mensuração do número de hemácias e da concentração de hemoglobina tem a finalidade de auxiliar na determinação da capacidade aeróbica de equinos atletas.



As hemácias são células produzidas pela medula óssea, responsáveis por transportar oxigênio para todos os tecidos do organismo por meio do sistema sanguíneo. Devido a sua forma bicôncava e alta flexibilidade, tem facilidade de ser perfundida pelos capilares, possibilitando a troca de gases e melhorando o metabolismo celular (McKEEVER et al., 1999). Por não possuírem núcleo e mitocôndria, as hemácias obtêm ATP por glicólise anaeróbica a partir da glicose plasmática, resultando em produção de ácido láctico que vai para o plasma (ANDREW et al., 1995). O Hematócrito ou Volume Globular (VG) corresponde ao volume total de hemácias no sangue e é expresso em porcentagem (%) (JAIN, 1993).

Kowal et al. (2006), avaliando cavalos da raça PSI submetidos a teste de esforço em esteira ergométrica concluíram que o teste permite a obtenção de valores hematológicos extremamente importantes para avaliação da capacidade atlética dos equinos, possibilitando compreender tal capacidade como a integração dos sistemas orgânicos, os quais são responsáveis pela energia produzida para utilização em uma disputa.

O exercício físico altera os constituintes do hemograma, podendo causar aumento do volume globular, do número de hemácias e da concentração de hemoglobina (KINGSTON, 2004), corroborando com autores que verificaram aumentos significativos em alguns parâmetros hematológicos como hematócrito, concentração de hemoglobina, contagem total de hemácias, de leucócitos e concentração de proteínas totais plasmáticas em cavalos submetidos a exercício físico (CONCEIÇÃO et al., 2001; KOWAL et al., 2006; FERRAZ et al., 2009).

Paludo et al. (2002), também verificaram que os parâmetros hematológicos podem alterar expressivamente com o exercício, que de uma forma geral é capaz de aumentar o volume globular (VG) em 17%, as hemácias (He) em 15%, a hemoglobina (Hb) em 16%, o número de leucócitos totais em 8,7%, e as proteínas plasmáticas totais (PPT) em 6%. O mesmo autor não observou influências significativas nos valores de Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM), Volume Corpuscular Médio (VCM) e Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) em vista dessas variáveis serem determinadas a partir de cálculos utilizando os valores de VG, He e Hb, mesmo aumentando proporcionalmente.

Em experimento realizado com equinos Puro Sangue Árabe (PSA) em provas de enduro, Teixeira Neto (2006), observou o aumento significativo no número de He, VG e Hb nos primeiros 30 km de esforço, continuando aumentados até o final das provas de 70 e 100 km, com os valores voltando à normalidade no segundo dia após a realização da prova.

Ao decorrer das provas de enduro, os cavalos da raça Puro Sangue Árabe, aumentam progressivamente o Ht e as PPT ao longo do percurso (MARTINEZ et al., 2000). O mesmo autor verificou também sinais de cansaço, desidratação e fadiga pelos cavalos durante a prova.

Paludo et al. (2002), avaliando o efeito do estresse térmico e do exercício sobre parâmetros fisiológicos de cavalos do exército brasileiro, verificaram aumento de PPT nas raças de equinos, Puro Sangue de Corrida, Brasileiro de Hipismo, Bretã e mestiços, percebendo os maiores aumentos nos equinos mestiços, quando comparadas as amostras obtidas antes e após exposição ao sol e ao exercício, momento em que o organismo equino perde mais água pela sudorese, resultando em uma leve desidratação com diminuição do plasma e consequente aumento de sua concentração.

Miranda et al. (2011) descreveram aumento do Ht em equinos após a prática de exercício físico em provas de *Team Penning*, fato também evidenciado por Teixeira Neto (2002) avaliando cavalos em provas de enduro e Ferraz et al., (2009) com cavalos árabes submetidos ao teste de esforço progressivo em esteira rolante. Esse aumento do VG é consequência da contração esplênica, que no cavalo submetido ao estresse do exercício físico, libera eritrócitos do baço, sob influência da adrenalina para a circulação, esse efeito é denominado de esplenocontração (SNOW et al., 1983).

Conforme Ferraz et al. (2009) e Lopes (2009), o aumento do número de eritrócitos circulantes, associado ao aumento do Ht, mas sem alteração nos índices VCM e na concentração de proteínas totais resultam da contração esplênica decorrente do esforço, e redução do volume plasmático por redistribuição do volume vascular, perda de fluido pela sudorese e respiração .

A ausência de alterações nos valores de hematócrito, hemoglobina e proteínas totais em equinos submetidos a exercício em esteira a velocidade constante de 5m/s com 0% de inclinação por 40 minutos, foram atribuídos a uma baixa intensidade de esforço, considerado abaixo do sugerido, para que haja contração esplênica, não observada em exercícios em que a frequência cardíaca encontrou-se abaixo de 150 bpm (SANTOS, 2006). Orozco et al. (2006), também relataram ausência de alterações significativas no número de eritrócitos de equinos antes e após participação em prova de enduro de 40 km, fato atribuído provavelmente ao grau de estresse mínimo tolerado pelos animais, não sendo suficientes para induzir mudanças significativas no número de eritrócitos e, principalmente, ao metabolismo aeróbico, que não provoca a esplenocontração.

Após um único episódio de exercício de curta duração e alta intensidade realizado por equinos sedentários da raça PSA em esteira rolante, Machado et al., (2007), observaram que houve a diminuição do número de hemácias em um período de 6 a 120 horas após o exercício, atribuindo o ocorrido ao aumento do volume plasmático.

Conforme Costa et al. (2009), o exercício de cavalos de corrida após páreo de 1300 m foi capaz de induzir aumento no número de He, VG, Hb, VCM, leucócitos totais, neutrófilos e relação neutrófilo/linfócito. Todas as alterações foram atribuídas à alta intensidade e curta duração do exercício físico, sendo alterações consideradas fisiológicas pelo autor.

Guidi et al. (2006), relatam que a intensidade do exercício permite um aumento mais notável na concentração de hemácias circulantes e no VG de cavalos como os de corrida, em virtude desses animais demandarem mais oxigênio para o músculo. Já Kingston (2004) descreveu que nas provas de resistência esse aumento é menos intenso, pois o esforço físico é de menor intensidade.

Santiago et al. (2013), relataram o aumento das concentrações séricas de albumina e proteínas totais durante a fase de galope em estudo utilizando equinos de Concurso Completo de Equitação (CCE) em treinamento durante testes de esforço *incremental* em esteira ergométrica de alta velocidade, com esses animais atingindo valores máximos a velocidade de 8m/s, reduzindo no período de recuperação. O deslocamento de líquido intravascular para o interstício, em conjunto com a perda de

líquido por sudorese provavelmente são os responsáveis pela elevação das concentrações de proteínas totais durante o exercício permitindo alterações no volume plasmático. A perda de fluidos está relacionada com a duração e a intensidade do exercício, voltando aos valores normais até 30 minutos depois do esforço (KOWAL et al., 2006).

Durante o exercício prolongado de baixa intensidade, a concentração plasmática de proteínas totais aumenta durante os estágios iniciais do esforço, sendo observado que os valores basais retornam às concentrações normais 24 horas após as provas (TEIXEIRA NETO et al., 2006).

A elevação plaquetária observada em cavalos submetidos a algum estresse, como exemplo, o transporte do piquete para o Centro de Medicina Esportiva Equina, possivelmente ocorre como resultado de esplenocontração induzida pelo manejo estabelecido. Esta a elevação plaquetária não deve ser levada em consideração quando os demais valores do hemograma estiverem dentro dos valores de normalidade, pois a elevação do número de plaquetas foi decorrente da esplenocontração (RIBEIRO, 2006).

Os leucócitos também são conhecidos como as células brancas do sangue e são responsáveis pelas defesas específicas e inespecíficas do organismo. A contagem diferencial dos leucócitos determina o tipo celular predominante nos casos de enfermidades causadas por diferentes microorganismos. Os leucócitos desempenham várias funções, constituindo para o leucograma ferramentas decisivas para a avaliação da resposta do hospedeiro contra um agente patogênico (JAIN, 1993).

O leucograma é um componente do hemograma também utilizado para investigar a condição atlética dos equinos. Elevações no número de leucócitos são observadas durante o exercício, e podem ser consideradas fisiológicas, pois resultam da ação de hormônios como cortisol e adrenalina, liberados em situações de medo, excitação ou durante o exercício intenso (PICCIONE et al., 2001; PALUDO et al., 2002; FERRAZ et al., 2009).

O leucograma pode alterar-se com a intensidade e a duração do exercício, com a elevação relacionada ao estresse. Durante o exercício máximo, há a liberação de

leucócitos sequestrados pelo baço e provenientes do compartimento marginal para a circulação (JAIN, 1993; KOWAL et al., 2006). Logo após o exercício, a contagem total de leucócitos aumenta de 10 a 30% e está relacionada aos níveis de cortisol e intensidade do exercício (SNOW et al., 1983). Porém, este aumento é transitório, voltando ao normal em cerca de 30 minutos (LASSEN e SWARDSON, 1995). Paludo et al. (2002), ressaltam que não existe diferença acentuada entre o leucograma de cavalos sedentários e de cavalos atletas em repouso.

Miranda et al. (2011), observaram leucocitose por neutrofilia nos equinos estudados e linfopenia após o exercício, associando o achado ao estresse fisiológico adquirido pelos animais durante o exercício físico. De acordo com Thrall et al., (2007), o estresse também pode ocasionar eosinopenia e monocitose após o exercício, alterações também observadas por Miranda et al., (2011). Kowal et al., (2006) e Teixeira Neto (2006) também relataram o aumento na contagem total de leucócitos e atribuiu a alteração ao estresse.

**QUADRO 2.** Valores de referência consultados na literatura do hemograma, plaquetas, proteína total plasmática e fibrinogênio de equinos adultos.

Variáveis Hematológicas	Jain (1986) Árabe (n=6)	Kramer (2000) sangue quente (n=147)	Hodgson & Rose (1994) PSI	Fernandes (1994) Árabe (n=15)
Eritrócitos (x10 <sup>6</sup> /μL)	8,41±1,2	6,8 - 12,9	7,0 - 11,0	8,30±0,3
Hemoglobina (g/dL)	13,8±2,1	11,0 - 19,0	11,0 - 17,0	14,1±0,4
Volume Globular (%)	39,3±5,0	32 - 53	32 - 46	38,6±1,0
VCM (fL)	46,9±1,9	37 - 58	42 - 47	47,1±2,4
HCM (pg)	16,4±0,9	10 - 20	14 - 17	17,4±1,2
CHCM (g/dL)	34,9±1,0	31 - 36	36 - 38	36,8±1,0
Leucócitos Totais (/μL)	9.500±2.300	5.400 - 14.300	6.000 - 11.000	36,8±1,0
Neutrófilos Segmentados	4.700±1.500	2.260 - 8.580	2.500 - 6.500	10.500±600
Linfócitos	4.000±1.300	1.500 - 7.700	2.000 - 5.500	-
Monócitos	421±151	0 - 1.000	200 - 800	-
Eosinófilos	266±113	0 - 1.000	100 - 400	-
Basófilos	67±63	0 - 290	0 - 300	-
Plaquetas (x10 <sup>3</sup> /μL)	-	100 - 350	-	-
Proteína Total (g/dL)	7,0±0,4	5,8 - 8,7	-	-
Fibrinogênio (mg/dL)	200±100	100 - 400	< 400	-

**FONTE:** Adaptado de Silveira, 2005.

Silva et al., (2009), realizando estudo com cavalos da raça Puro Sangue Árabe não treinados, atribuíram o aumento observado nas concentrações do VG e Hb à

esplenocontração, o registro dos valores médios basais de VG antes do exercício máximo em esteira, foi de  $VG=30,8\pm 1,29\%$  e  $Hb=11,15\pm 0,64$  g/dL. Ao término do exercício registraram  $VG=40,74\pm 0,28$  e  $Hb=14,6\pm 0,17$ . Possivelmente, estes animais estavam anêmicos antes de iniciarem o exercício. Ao término, os valores encontrados foram semelhantes aos encontrados por Jain (1986), que obteve valores do VG  $39,3\pm 5,0$  e da Hb  $13,8\pm 2,1$  e por Fernandes (1994), que obteve de  $VG=38,6\pm 1,0$  e  $Hb=14,1\pm 0,4$ , ambos avaliando cavalos árabes, de acordo com o Quadro 2.

Determinações bioquímicas são de vital importância na avaliação do equino atleta. A colheita das amostras de sangue é relativamente simples e os exames laboratoriais economicamente viáveis (CORRÊA et al., 2010). A dosagem de enzimas séricas pode ser utilizada como recurso auxiliar diagnóstico tradicionalmente estabelecido em Medicina Veterinária. Na prática, não é essencial ter um amplo conhecimento de bioquímica para se interpretar os resultados, é necessário apenas saber sobre a distribuição das enzimas nos diferentes órgãos e tecidos, avaliando sua atividade no soro em determinadas patologias (SILVEIRA, 1988).

A atividade das enzimas creatinoquinase (CK), aspartato aminotransferase (AST) e lactato desidrogenase (LDH) alteram-se por influência do esforço físico e valores elevados podem ser encontrados (BALOGH et al., 2001). Observando a elevação destas enzimas como indicativas de injúria à célula muscular, um bom condicionamento físico dos equinos, aliado a um adequado programa de treinamento, pode evitar um aumento relevante da concentração sérica destas. A literatura disponibiliza de valores de referência diversificados para essas enzimas, constituindo uma variação extensa, considerando diferentes autores (DA CÁS et al., 2000). Para tanto é necessário utilizar os valores de referência do laboratório que realizou o exame.

É possível, por meio de dosagem no soro, mensurar as atividades das enzimas CK, AST e LDH, e avaliar a função muscular esquelética de cavalos atletas (CARDINET, 1997). Assim, existe a necessidade do estabelecimento de valores regionais de referência para as enzimas de avaliação bioquímica em equinos, pois a interpretação correta da atividade enzimática é essencial para estimar o grau de lesão muscular (BALARIN et al., 2005).

A CK catalisa a fosforilação da adenosina difosfato (ADP) do fosfato de creatina, tornando-o adenosina trifosfato (ATP) disponível para a contração muscular. A enzima CK esta presente no citosol da célula muscular e sua dosagem é amplamente utilizada quando suspeita-se de danos musculares (CARDINET, 1997).

Resultados obtidos da mensuração da CK ajudam a predizer o estado muscular durante o exercício em equinos, onde, níveis elevados tem relação com o treinamento físico e podem até indicar doenças musculares subclínicas (PICCIONE, 2009). Conforme o tipo e a duração do exercício, concentrações séricas elevadas e persistentes de CK são indicativas de necrose muscular contínua e ativa. Em virtude das diferentes taxas de desaparecimento das atividades no soro, as determinações simultâneas das enzimas CK e AST podem ser realizadas para auxiliar no diagnóstico de necrose celular, representando o resultado um importante auxílio, pois a persistência da CK indica se a necrose continua ativa, já a AST elevada, por causa da necrose muscular, com a atividade de CK decrescente ou normal, indica que a necrose muscular não é mais ativa (CARDINET, 1997).

No equino, o pico de atividade sérica da enzima CK dura de 3 a 6 horas segundo Thomassian et al., (2007), já Frappe (1998) e Hodgson (1985), relatam o pico de concentração sérica de 6 a 12 horas após a lesão. Os valores de referência da enzima CK para equinos da raça PSI é 2-147UI/L e 18-217 para cavalos de tração segundo Robinson (2003).

A enzima AST catalisa a transaminação de L-aspartato e alfa-cetoglutarato em oxalacetato e glutamato, é uma enzima citoplasmática e mitocondrial estando presente em quase todos os tecidos, todavia é mais encontrada no músculo esquelético e fígado (CARDINET, 1997). Esta enzima não é músculo-específica, os aumentos ocasionados pelo exercício são discretos, sendo que um aumento maior indica necrose muscular (VALBERG et al., 1993). Seu pico de concentração após início da lesão muscular é de 24-36 horas (THRALL, 2007). Thomassian et al., (2007), relatou um pico de 12-24 horas. Segundo Robinson (2003), os valores de referência para a enzima AST é 141-330 UI/L para cavalos da raça PSI.

A enzima LDH catalisa a reação reversível de L-lactato para piruvato em todos os tecidos, é encontrada em grandes quantidades na musculatura esquelética, porém a

elevação da atividade sérica desta enzima não é específica para lesão muscular (CARDINET, 1997). Existem cinco isoenzimas conhecidas de LDH, porém não são comumente analisadas nos laboratórios veterinários. Não é específica para nenhum órgão quando avaliada isoladamente, é dosada em conjunto com CK e AST para monitorar a intensidade de exercício em cavalos, pois se apresentam como um bom indicador de lesão muscular. Thomassian et al., (2007), descreveram um pico de atividade sérica de 24 horas para LDH.

**QUADRO 3.** Alguns valores de referência consultados na literatura das enzimas de avaliação de função muscular de equinos adultos atletas saudáveis.

Enzimas Bioquímicas	Anderson (1975) PSI (n=10)	Hodgson e Rose (1994)	Fernandes (1994) Árabe (n=15)
CK (UI/L)	42 – 170	100 – 300	84,3±20,8
AST (UI/L)	231 – 358	150 – 400	132,2±8,8
LDH (UI/L)	375 – 944	<250	321±31,8

**FONTE:** Adaptado de Silveira, 2005

Tanto em exercícios de alta intensidade como de baixa intensidade são observados aumento das enzimas musculares. No exercício de alta intensidade, geralmente há um aumento das enzimas CK, AST e LDH no final do exercício. Todavia, essa elevação refere-se mais ao aumento da permeabilidade da membrana da célula do que a uma injúria muscular propriamente dita. Também são observados aumentos consideráveis em exercício prolongado e de baixa intensidade, porém nem sempre um aumento evidencia lesão muscular (HODGSON e ROSE, 1994).

Gama et al. (2012) avaliaram a influência das provas de marcha realizadas por equinos da raça Mangalarga Marchador, caracterizadas por exercícios intensos, sobre os valores séricos de AST e CK, e observaram que não foram influenciadas pelo exercício, possibilitando o autor destacar que os equinos participantes da prova de marcha são bem condicionados fisicamente ao tipo de esforço aplicado, uma vez que os resultados registrados encontram-se dentro dos valores de normalidade após a prova.

Os resultados obtidos de um estudo realizado por Teixeira Neto (2006), em provas de enduro de longa distância, em clima tropical, utilizando cavalos árabes evidenciaram elevação na atividade das enzimas CK, AST e LDH, provavelmente, o



fato ocorreu em virtude de alterações musculares decorrentes da intensidade e do período prolongado do exercício.

Martins et al. (2005), avaliando cavalos submetidos a treinamento por um período de 6 semanas e logo após submetidos a exercícios testes de percurso de 40 km, para prova de enduro, observaram aumento discreto, mas significativo, na atividade sérica da enzima CK após o exercício. O autor atribuiu o ocorrido ao aumento do esforço muscular realizado, no entanto, a elevação ocorreu dentro dos limites de normalidade, não sendo relacionado a lesão muscular. Já a mensuração da AST não aumentou significativamente, demonstrando que o teste não foi suficiente para induzir lesão muscular, reflexo de um treinamento adequado, mesmo que, a princípio fosse considerado de baixa intensidade.

Valberg et al. (1993), relataram aumento das atividades de CK e AST em equinos com rabdomiólise, possivelmente, em decorrência da alta intensidade de exercício em que os cavalos foram submetidos, influenciada também pela duração e velocidade.

Da Cás et al. (2000), avaliando determinações de atividade enzimática do perfil muscular em 60 amostras de soro de equinos da raça crioula, constataram que a CK e AST foram mais específicas em relação a função muscular que a LDH quando comparadas, no entanto, apesar de menos específica que a CK e AST, a LDH apresentou sua concentração elevada nas lesões musculares.

Thomassian et al. (2007), analisando atividades séricas da AST, CK e LDH de equinos submetidos ao teste padrão de exercício progressivo em esteira, concluíram que tais enzimas elevam-se imediatamente e retornam a valores semelhantes ao de repouso 30 minutos após o término do Teste. Da Cás et al, (2000), observaram no seu estudo com equinos da raça Crioula de diferentes grupos submetidos a exercício, que em uma fase de treinamento inicial, os animais apresentaram aumento dos valores séricos das enzimas CK e AST, porém, com a progressão do treinamento, a medida que eles foram adaptando-se a intensidade do treinamento, os níveis séricos dessas enzimas diminuíram e estabilizaram-se.

É sugerido que animais participantes de provas de resistência, como a cavalgada de percurso de 76Km de distância, caracterizada por uma prova de baixa intensidade e

longa duração, utilizando equinos e muares no Pantanal do Mato Grosso, geralmente são adaptados ao tipo de exercício imposto, pelo fato de não ter sido verificadas diferenças significativas nas concentrações séricas de CK e AST. (RIBEIRO et al., 2004). Houve diminuição das concentrações séricas de LDH no início do segundo dia de cavalgada, porém ao término da prova as concentrações séricas foram semelhantes às encontradas no primeiro dia, segundo Oosterbaan (1991), tal fato ocorre em decorrência da menor especificidade da LDH para detecção de disfunções musculares.

Comparando as atividades séricas das enzimas CK, AST e LDH em equinos de diferentes categorias de atividade, Câmara e Silva (2007) observaram uma maior atividade de CK nos animais de tração quando comparados aos animais de reprodução e vaquejada, sugerindo que aqueles animais apresentam uma atividade mais intensa ao puxar carroças.

Estudos estão sendo realizados para avaliar o condicionamento e o desempenho físico de eqüinos, por meio de análises de concentrações de lactato sérico em velocidades diferentes de exercício (DAVIE et al., 2002; EVANS, 2008). O lactato sanguíneo ou sérico é uma das variáveis que apresenta melhor correlação com o desempenho atlético de equinos e sua evolução em competições e em protocolos de treinamento (LINDNER, 2000).

O músculo produz o lactato como catabólito durante o metabolismo anaeróbico, o lactato difunde-se para o sangue periférico em decorrência da intensidade do exercício (MUÑOZ et al., 1996), no entanto, não é em todos os tipos de exercício que o lactato se acumula (McARDLE et al., 1998). Ao acumular-se no músculo esquelético, o lactato causa fadiga muscular como mecanismo de defesa do organismo (KOWAL et al, 2008).

A fadiga muscular ocorre em decorrência do exercício e caracteriza-se por uma diminuição da capacidade de movimento diante do próprio esforço físico. Durante episódios de fadiga muscular, há a diminuição ou ausência de energia na forma de ATP para a contração muscular, associado à ausência de oxigênio, acúmulo de ácido láctico e dióxido de carbono. O relaxamento da musculatura é alcançado após formação de ATP (FRANDSON, 1979).

A determinação plasmática das concentrações de lactato após o exercício pode ser utilizada para diferenciar os tipos de exercício e entender melhor sobre a fisiologia podendo ainda associar os resultados com o exame clínico dos equinos submetidos ao exercício (GOMIDE et al., 2006).

A velocidade em que ocorre o balanceamento entre a produção e o consumo de lactato determina o limiar anaeróbico ( $V_4$ ). Os equinos que ultrapassam 4 mmol/L de lactato sanguíneo apresentam o seu metabolismo predominantemente anaeróbico possibilitando o acúmulo de lactato no sangue e, conseqüentemente, chegam mais rápido a fadiga muscular (LINDNER e BOFFI, 2006).

O metabolismo anaeróbico entra em ação para produzir energia necessária para realização do exercício quando aumenta a intensidade do mesmo, este processo resulta em liberação de lactato das células musculares para o sangue, com posterior elevação das concentrações de lactato na corrente sanguínea e diminuição do pH sanguíneo (HODGSON e ROSE, 1994). O pH do sangue corresponde a 7,4 (CUNNINGHAM, 1999), e sua diminuição caracteriza quadros de acidose metabólica (SILVA et al., 2013), sendo extremamente necessário sua investigação, pois demonstra para o clínico a resposta metabólica diante do exercício realizado (GUYTON e HALL, 2002).

O lactato sanguíneo pode ser analisado por meio do espectrofotômetro, aparelho de uso laboratorial, onde as análises são realizadas sob condições controladas, ou mensurado por meio de um aparelho simples, que disponibiliza o resultado imediatamente, o lactímetro portátil (Accutrend® Plus). No entanto, os equipamentos lactímetros portáteis devem ser utilizados cautelosamente, uma vez que superestimam a concentração sanguínea de lactato (ANDRADE et al., 2013). Evans et al. (1996), ao analisarem concentrações de lactato obtidos a partir dos dois aparelhos também relataram diferença nas concentrações.

Watanabe (2004), investigou lactato em sangue total de cavalos da raça Árabe submetidos a exercício progressivo em esteira por meio da utilização de equipamento portátil, em virtude da rapidez na obtenção dos resultados, amenizando a influência do pH e a temperatura do sangue, do tempo de

centrifugação da amostra e também da variação individual no transporte de lactato nos eritrócitos, quando comparado a dosagem das concentrações no plasma.

Desmecht et al. (1996), ao estudar a participação de equinos de diferentes modalidades equestres submetidos a diversas intensidades e durações de exercício, com intuito de mensurar as concentrações de lactato e a liberação de cortisol após as competições, concluíram que tais mensurações são de grande utilidade para caracterizar-se os diferentes tipos de exercícios, estabelecendo dessa forma uma adequação aos programas de treinamento, possibilitando um melhor entendimento em relação a fisiologia do exercício em equinos. Os autores relataram que as concentrações de lactato sanguíneo estão relacionadas à intensidade do exercício, possibilitando avaliar o sistema de produção energético mais utilizado.

Amaral et al. (2013), com o objetivo de determinar a  $V_4$  de cavalos Crioulos em treinamento e relacionar o valor com a frequência cardíaca alcançada em diferentes escalas de velocidades, demonstraram que as concentrações de lactato durante o teste progressivo em pista aumentam significativamente à medida que a velocidade progride, sendo observado valores médios de 8,88mmol/L e 10,75mmol/L, respectivamente, para as escalas de velocidade 8m/s e 10m/s.

O lactato sanguíneo aumentou exponencialmente as concentrações a partir da velocidade de exercício de 8,0m/s e manteve-se alta após o término do exercício em cavalos da raça Árabe durante exercício em esteira de alta velocidade durante teste realizado por Watanabe et al., (2006), corroborando com Evans (2000).

Mirian e Fernandes (2011), avaliando 10 equinos praticantes de Hipismo Clássico, da raça Brasileiro de Hipismo (BH), enfatizaram que apenas quatro animais atingiram o oitavo estágio do protocolo de teste de esforço progressivo máximo a campo, demonstrando valor médio de lactato  $8,57 \pm 1,89$ mmol/L, atribuindo o achado ao melhor condicionamento físico, aptidão genética e/ou tempo de prática da atividade desses quatro animais, quando comparados aos 6 animais, que ao apresentar fadiga foram interrompidos de continuar com o protocolo, ao atingirem o sétimo estágio (F7) quando observou-se valor médio de lactato  $4,97 \pm 1,27$  mmol/L.

Avaliando cavalos de vaquejada, em diferentes momentos (M1 e M2), Lopes et al. (2009), relataram um aumento nos valores séricos de lactato superiores a 130%,

onde as médias observadas nos M1 e M2 foi  $3,70 \pm 0,268$  e  $60 \pm 2,01$ , respectivamente, conferindo o episódio a intensidade do exercício desenvolvido por estes cavalos em corridas de vaquejada, ou seja, um exercício de alto impacto, o que possibilita a formação e acúmulo do lactato.

Silva et al. (2013), também constataram concentração sanguínea de lactato acentuada em cavalos Quarto de Milha após Prova de Três Tambores (P3T), onde o exercício exige um esforço de altíssima intensidade com metabolismo predominantemente anaeróbico, constatando que esses animais desenvolveram acidose metabólica pós-exercício em decorrência do acúmulo de lactato e consequente redução do pH e  $\text{HCO}_3^-$ , embora o esforço seja de curtíssimo tempo, com uma média de 18s.

Por outro lado, em trabalhos recentes realizados com cavalos Mangalarga Marchador, em provas de marcha, Rezende et al., (2014), detectaram valores de lactato inferiores a 2 mmol/L, embora as concentrações após o exercício terem sido superiores comparados ao momento antes da prova, sugerindo que os animais submetidos às provas de marcha apresentam um bom condicionamento físico decorrente de um programa de treinamento adequado.

O eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal-útero altera-se quando o organismo é submetido a programas de treinamento, a frequência e a intensidade do exercício proporcionam elevação nas concentrações de cortisol plasmático, conhecido como “hormônio do estresse”, podendo esta variável fisiológica ser utilizada adequadamente como parâmetro confiável para indicar situações de estresse nos equinos (FERRAZ et al., 2010).

A liberação de cortisol consequente ao exercício promove a demarginação endotelial temporária dos neutrófilos, constatada por uma neutrofilia (JAIN, 1993). Por esse aumento nas concentrações de cortisol sérico, e aumento na contagem total de leucócitos no sangue periférico, ressalta-se a relevância de mensurar a concentrações plasmáticas desse hormônio em associação a realização do hemograma (HODGSON e ROSE, 1994; CAYADO, 2006).

Segundo Silveira et al. (2007) o exercício progressivo induz resposta fisiológica do estresse com elevação do cortisol sérico, influenciando diretamente nas

concentrações de leucócitos totais, valores absolutos de neutrófilos e linfócitos, corroborando com a literatura consultada, onde Rezende et al. (2014), demonstraram aumento significativo na concentração sérica de cortisol e na contagem de leucócitos totais após o exercício de marcha com equinos da raça Mangalarga Marchador. Lopes et al., (2009), ao mensurar o cortisol sérico de equinos de vaquejada também perceberam aumento, bem como resultados semelhantes foram observados por Orozco et al. (2007), trabalhando com o cavalo Árabe, e Marques et al. (2002), com equinos PSI.

Ramalho et al. (2012) avaliaram a influência de uma prova de laço em dupla, caracterizado por ser um exercício físico de curta duração e alta intensidade, sobre as concentrações séricas de cortisol de equinos da raça Quarto de milha e mestiços da raça, o autor constatou influência significativa obtendo valores de  $7,49 \pm 3,46$  mg/dL,  $6,86 \pm 2,76$  mg/dL e  $10,89 \pm 3,99$  mg/dL, respectivamente, nos tempos T0, T1 e T2. Porém, os resultados encontrados apresentaram-se dentro dos valores de normalidade, sugerindo que os equinos participantes da prova estavam aptos ao tipo de esforço físico imposto.

Comparando diversos tipos de modalidade equestre, Desmecht et al., (1996) concluíram que o nível de cortisol não foi influenciado pela modalidade, obtendo valores semelhantes em toda, observando um valor 30% maior apenas no cavalo de enduro.

A hemogasometria constitui uma importante ferramenta para análise dos gases presentes na corrente sanguínea de equinos atletas durante e após o exercício (TAYLOR et al., 1998). Os dados mais importantes mensurados neste exame são pH, pressões parciais de oxigênio ( $pO_2$ ), e de dióxido de carbono ( $pCO_2$ ) e o nível de bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) (SUCUPIRA e ORTOLANI, 2003).

Elevadas concentrações de ácido láctico e reduzidas de bicarbonato indicam acidose metabólica. A diminuição do pH sanguíneo em equinos, é decorrente da difusão do ácido láctico produzido no músculo esquelético para a corrente sanguínea durante exercícios de moderada a alta intensidade, onde a energia necessária para manutenção da função celular foi predominantemente do metabolismo anaeróbico da glicose (AGUILERA-TEJERO et al., 2000).

Segundo Watanabe et al. (2006), essa diminuição do pH tem relação com elevadas concentrações de íons hidrogênio resultantes do metabolismo anaeróbico utilizado para a realização do exercício de alta intensidade. Ao iniciar o teste de exercício em esteira de alta velocidade, utilizando cavalos da raça Árabe, os mesmos autores verificaram que os cavalos mantiveram o oxigênio necessário para a demanda do tipo de exercício, não sendo possível manter os níveis quando aumentou-se a velocidade, resultando em hipoxemia.

Silveira (2005) relatou que equinos submetidos a exercício em esteira de alta velocidade, para tentar compensar a hipóxia, desenvolveram mecanismos capazes de aumentar a pressão parcial de oxigênio ( $pO_2$ ), após o exercício, por meio de hiperventilação, a fim de reduzir a acidose metabólica aumentando o oxigênio e eliminando o gás carbônico. Di Filipo et al. (2009) também observaram aumento nos valores de  $pO_2$  imediatamente após prova de enduro, atribuindo o ocorrido à hiperventilação alveolar.

A hiperventilação é um mecanismo importante que o organismo lança mão para tentar manter a homeostase durante os exercícios de alta intensidade, pretendendo eliminar o  $CO_2$  por meio da respiração. Os níveis de  $CO_2$  podem diminuir para abaixo dos níveis de repouso quando cessa o estímulo do exercício, pois já não existe mais a demanda metabólica exigida antes (AGUILERA-TEJERO, 2000).

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os achados provenientes de diversos estudos, nacionais e internacionais, reunidos da literatura permitiram analisar os parâmetros fisiológicos, hematológicos e bioquímicos utilizados para avaliação de equinos submetidos ao exercício. Bem como, caracterizar os tipos de exercícios realizados pelas numerosas raças de equinos, o treinamento, a energia e vias metabólicas utilizadas, os tipos de fibras musculares e lesões consequentes do esforço.

As mensurações de parâmetros clínicos como frequência cardíaca, frequência respiratória e temperatura retal, determinações do hemograma como eritrograma e leucograma, e dosagens bioquímicas de enzimas de avaliação muscular, lactato e cortisol séricos são rotineiramente empregados em estudos que visam uma melhora no condicionamento físico de equinos submetidos a diferentes tipos de exercício.

Os equinos são utilizados como animais de esporte, e para tal, conhecer as adaptações fisiológicas que ocorrem nesses animais quando submetidos ao exercício é a base para realização de pesquisas relacionadas à Fisiologia do Exercício Equino, tendo esta, uma importância fundamental para o sucesso nas competições equestres. Considerando-se, que o esporte equestre popularizou-se mundialmente, e que o exercício possui relação direta com o desempenho do atleta, a avaliação dos animais em programas de treinamento torna-se imprescindível não só para previsão do potencial atlético, mas também para a preservação da saúde.

A Fisiologia do Exercício Equino vem despertando grande interesse dos profissionais que trabalham com equinos, portanto mais estudos devem ser realizados com o intuito de desvendar seus mecanismos.



#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA-TEJERO, E. et al. Quantitative analysis of acid-base balance in show jumpers before and after exercise. **Research in veterinary science**, v.68, n. 2, p.103-108, 2000.

AMARAL, L. A. et al. limiar anaerobic ( $V_4$ ) e frequência cardíaca de cavalos Crioulos condicionados para prova funcional. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v.65, n.1, p. 181-188, 2013.

ANDRADE, J. M. et al. Validação do uso de lactímetro portátil em equinos durante testes físicos. In: VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO CAVALO ATLETA. **Anais...** Belo Horizonte, 2013. p.93-94.

ANDREW, F.M. et al. Hematological and biochemical changes in horse competing in a 3 star horse trial and 3-day-event. **Equine Veterinary Journal.**, v. 20, Suppl. p. 57-63, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CAVALO QUARTO DE MILHA - ABQM. Entenda a Fisiologia do Exercício. 2014. Disponível em:  
<[http://www.abqm.com.br/php/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=788:entenda-a-fisiologia-do-exercicio&catid=36:materias&Itemid=39](http://www.abqm.com.br/php/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=788:entenda-a-fisiologia-do-exercicio&catid=36:materias&Itemid=39)>  
Acesso em: 25 de Fevereiro de 2014.

BALARIN, M. R. S. et al. Avaliação da glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama-glutamilttransferase e lactate desidrogenase em equinos puro sangue inglês (PSI) submetidos ao exercícios de diferentes intensidades. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.2, p. 211-218, 2005.

BALOGH, N. et al. Á. Biochemical and antioxidant changes in plasma and erythrocytes of Pentathlon horses before and after exercise. **Veterinary Clinical Pathology**, v.30, p.214-218, 2001.

BERGERO, D.; ASSENZA, A.; CAOLA, G. Contribution to our knowledge of the physiology and metabolismo of endurance horses. **Livestock Production Science**, v. 92, p. 167-176, 2005.

CAIADO, J. C. C. et al. Lactacidemia e concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase em equinos da raça Quarto de Milha usados em provas de laço em dupla. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 5, n. 31, p.452-458, 2011.

CÂMARA e SILVA, I. A.; DIAS, R. V. C.; SOTO-BLANCO, B. Determinação das atividades séricas de creatina quinase, lactato desidrogenase e aspartato aminotransferase em eqüinos de diferentes categorias de atividade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v.59, n.1, p.250-252, 2007.

CAPELLETO, E. C; ANGELI, A. L; GRAFF, H. Respostas fisiológicas em Quarto- de-Milha após prova de tambor. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.7, n.3, p.299-304, 2009.

CARDINET, G.H. Skeletal muscle function. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of domestic animals**. 5th ed. London: Academic Press, 1997. p.407-440.

CASTEJÓN, F. et al. Respuesta hematológica y plasmática al ejercicio em cinta rodante. In: LÓPEZ, G.E.V. **Valoración morfofuncional e la selección de reproductores del Caballo de Pura Raza Española**. 1.ed. Córdoba: Caja Rural. p.169-196, 2007.

CAYADO, P. et al. Hormone response to training and competition in athletic horses. **Equine Veterinary Journal**, v.36, suppl., p.274-278, 2006.

CONCEIÇÃO, M.; LAPOSY, C.B.; MELCHERT, A.; et al. Hemograma e bioquímica sérica de equinos da raça Quarto de Milha antes e após o exercício. **Veterinária Notícias**, v.7, n.2, p.87-92, 2001.

CORRÊA, K. S. et al. Enzimas musculares e eletrólitos em eqüinos submetidos a esforço físico prolongado, suplementados com acetato de tocoferol e selênio. **Veterinária e Zootecnia**, v. 17, n.1, p. 85-93, 2010.

COSTA, A. P. D. et al. Hemograma de equinos Puro Sangue Inglês / em páreos de 1300m. **Revista de Ciências da Vida**, v.29, n.2, p.01-08, 2009.

CRABBLE, B. Killler heat. **Horse & Rider**, v.37, n.8, p.56-60, 1998.

CUNNINGHAM, J.G. Termorregulação. In: **Tratado de fisiologia veterinária**. São Paulo: Guanabara Koogan, 1999. p.507-514.

D'ANGELIS, F. H. F. et al. Composição de fibras musculares esqueléticas de eqüinos jovens da raça Brasileiro de Hipismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia**, v.58, n.4, p.672-674, 2006.

D'ANGELIS, F.H.F. et al. Aerobic training, but not creatine supplementation, alters the *gluteus medius* muscle. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 579-585, 2005.

DA CÁS, E. L. et al. Concentração sérica das enzimas creatinoquinase, aspartato aminotransferase e dehidrogenase láctica em equinos da raça Crioula. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, p. 625-629, 2000.

DAVIE, A. J., PRIDDLE, T. L., EVANS, D. L. Metabolic responses to sumaximal field exercise tests and relationships with racing performance in pacing Standardbreds. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, Suppl., p. 112-115, 2002.

DESMECHT, D. et al. Relationship of plasma *lactate* production to cortisol release following completion of different types of sporting events in horses. **Veterinary Research Communications**, v.20, n.4, p.371-379, 1996.

DI FILIPPO, P. A. et al. Alterações hemogasométricas e eletrolíticas de cavalos da raça árabe durante prova de enduro de 60 km. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 3, p. 840-846, 2009.

DIAS, I. M. G. et al. Formação e estrutura populacional do equino Brasileiro de Hipismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, p.647-654, 2000

DUREN, S.E. Feeding the endurance horse. In: PAGAN, J.D. (Ed.). **Advances in equine nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 2000, p. 351-363.

EATON, M.D. Energetics and performance. In: HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. 1994. p.49-62.

ERIKSON, H.H. Fisiologia do Exercício, In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. Dukes. **Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11 ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, p.277-296.

EVANS, D. L. Exercise testing in the field. In: HINCHCLIFF, K. W.; GEOR, R. J.; KANEPS, A. J. **Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse**. Philadelphia: Elsevier, 2008, p. 13-27.

EVANS, D. L. Training and Fitness in Athletic Horses. **Rural Industries Research and Development Corporation.**, p.1-64, 2000.

EVANS, D.L.; GOLLAND, L.C. Accuracy of Accusport for measurement of lactate concentrations in equine blood and plasma. **Equine Veterinary Journal**,v. 28, n 5, p. 398-402, 1996.

FERNANDES, W. R.; LARSSON, M. H. M. A. Alterações nas concentrações séricas de glicose, sódio, potássio, uréia e creatinina, em eqüinos submetidos a provas de enduro de 30km com velocidade controlada. **Ciência Rural**, v. 30, n. 3, p. 393-398, 2000.

FERRAZ, G. C. et al. Influência do treinamento aeróbio sobre o cortisol e glicose plasmáticos em eqüinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**,v.62, n.1, p.23-29, 2010.

FERRAZ, G. C. et at. A. Alterações hematológicas e cardíacas em cavalos Árabes submetidos ao teste de esforço crescente em esteira rolante. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 46, n. 6, p. 431-437, 2009.

FERRAZ, G. C. Fisiologia do exercício e a performance eqüina. In: **I Semana Acadêmica de Zootecnia da UFPR**. Curitiba, PR. 2007.p.6.

FERRAZ, G. C. **Respostas endócrinas, metabólicas, cardíacas e hematológicas de eqüinos submetidos ao exercício intenso e à administração de cafeína, aminofilina e clenbuterol**. 2006. 98 p Tese (Doutorado em Clínica Médica) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal.

FORJAZ, C. L. M.; TRICOLI, V. A fisiologia em educação física e esporte. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 25, p.7-13, 2011.

FRANDSON, R. D. Microanatomia e fisiologia do músculo. In: **Anatomia e fisiologia dos animais domésticos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 1979. p. 145-161.

FRAPE, D. **Equine nutrition & feeding**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science, 1998, 564 p.

GAMA, J. A. N. et al. Concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase e concentrações plasmáticas de lactato em equinos da raça mangalarga marchador após exercício físico. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 49, n. 6, p. 480-486, 2012.

GOMIDE, L. M. W. et al. Concentrações sanguíneas de lactato em equinos durante a prova de fundo do concurso completo de equitação. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.509-513, 2006.

GRAAF-ROELFSEMA, E.; KEIZER, H. A.; BREDA E. V. et al. Hormonal responses to acute exercise, training and overtraining: A review with emphasis on the horse. **Veterinary Quarterly**, v. 29, p. 82- 101, 2007.

GROTTO, H. Z. W. O hemograma: importância para a interpretação da biópsia. Revista brasileira de hematologia e hemoterapia. **Revista brasileira de hematologia e hemoterapia**, v. 31, n. 3, p. 178-182, 2009.

GUIDI, R. C. et al. Efeito do exercício e da utilização de furosemida e de fenilbutazona sobre os valores hematológicos nos cavalos de corrida. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências da Vida, v.26, suplemento, Seropédica, 2006.

GUYTON, A. C. e HALL, J. E. Regulação do Equilíbrio ácido-básico; Doença Renal; Micção. In: **Tratado de fisiologia médica**. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan, 2002, p.328-343.

HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. **The Athletic Horse: principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: W. B. Saunders, 1994. 497p.

HODGSON, D.R. Myopathies in athletic horses. **Compendium on continuing education for the practicing veterinarian**, v.7, p. S551-S556, 1985.

JAIN, N.C. **Essentials of veterinary hematology**. 1 ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1993, 417p.

JOHNSON, P.J. Physiology of body fluids in the horse. **The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 14, n. 1, p. 01-22, 1998.

KINGSTON, J. K. Hematologic and serum biochemical responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K.W., KANEPS, A.J., GEOR, R. J. (eds.). **Equine sports medicine and surgery: basic and clinical sciences of the equine athlete**. Philadelphia: Saunders, 2004. p. 939-948.

KOWAL, R. J. et al. Avaliação dos valores gasométricos em cavalos (*Equus caballus*) da raça Puro-Sangue-Inglês (PSI) submetidos a teste de esforço em

esteira ergométrica. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 15, n. 1, p. 21-24, 2008.

KOWAL, R. J.; ALMOSNY, N. R. P.; CASCARDO, B.; SUMMA, R. P.; CURY, L. J. Avaliação dos valores hematológicos em cavalos (*Equus caballus*) da raça Puro-Sangue-Inglês (PSI) submetidos a teste de esforço em esteira ergométrica. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.13, p.25-31, 2006.

LASSEN, D. E.; SWARDSON, C. J. Hematology and hemostasis in the horse: normal functions and common abnormalities. **The Veterinary Clinics of North America Equine Practice**, v. 11, n. 3, p. 351-389, 1995.

LIMA, R. A. S.; SHIROTA, R.; BARROS, G. S. C. **Estudo do complexo do agronegócio cavalo**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2006, p.250.

LINDNER, A. E.; BOFFI, F. M. Pruebas de ejercicio. In: BOFFI, F.M. **Fisiología del ejercicio equino**. Buenos Aires: InterMédica., 2006. p.146-153.

LINDNER, A. Use of blood biochemistry for positive performance diagnosis on sports horses in practice. **Revue de medecine veterinaire Impact Factor**, v.151, p.611-618, 2000.

LOPES, K. et al. Influência das competições de vaquejada sobre os parâmetros indicadores de estresse em equinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, p.538-543, 2009.

MACHADO, L. P. et al. Exercício progressivo em esteira induzindo redução do número de eritrócitos em eqüinos sedentários da raça árabe (dados preliminares). **Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida**, v. 27, p. 116-118, 2007.

MARLIN, D.; NANKERVIS, K. **Equine exercise physiology**. 1. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2002. 304 p.

MARQUES, M. S. **Influência do exercício físico sobre os níveis de lactato plasmático e cortisol sérico em cavalos de corrida**. 2002. 70p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTÍNEZ, R. et al. Cambios sanguíneos y sudorales en equinos sometidos a carreras de resistencia. **Avances en Ciencias Veterinarias**, v. 15, p. 19-30, 2000.

MARTINS, C. B. et al. Determinação de variáveis bioquímicas em equinos antes e após a participação em provas de enduro. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 12, n. 1/3, p. 62-65, 2005.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 695p.

McKEEVER, K. H. et al. Effect of recombinant erythropoietin administration on red cell volume, aerobic capacity and indices of performance in Standardbred horses. In:

EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, **Proceedings...** 16 ed, 1999. p. 163-167.

McKEEVER, K.H.; HINCHCLIFF. K.W. Neuroendocrine control of blood pressure and cardiovascular function in horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 18, p. 77-81, 1995.

MIRANDA, R. L. et al. Perfil hematológico de equinos submetidos à prova de Team Penning. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, n.1, p. 81-86, 2011.

MIRIAN, M.; FERNANDES, W. R. Padronização de teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem hipismo clássico. **Veterinária e Zootecnia**, v.18, n. 4, p. 668-679, 2011.

MUÑOZ, A. et al. How erythrocyte and plasma lactate concentration are related in andalusian horses during an exercise test and recuperation. **Journal Equine Science**, v.7, n.2, p.35-42, 1996.

NACIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrients requirements of horses. 5 ed. rev. Washinton: Nacional academy Press, 1989.

NIELSEN, B. D. et al. Racing speeds of quarter horses, thoroughbreds and Arabians. **Equine Veterinary Journal**, v. 36, Suplemento, p. 128-132, 2006.

OOSTERBAAN, S.V.O. Heart rate, blood biochemistry and performance of horses competing in a 100 km endurance ride. **Veterinary Record**, v.182, n.2, p.175-179, 1991.

OROZCO, C. A. G. et al. Alteraciones metabólicas durante entrenamiento en equinos de la Raza Pura Sangre Árabe. **Revista de Medicina Veterinária**, v.13, p.77-82. 2007.

OROZCO, C. A. G. et al. Efeito do exercício sobre variáveis hematológicas de equinos antes e após participação em prova de enduro de 40 km. **ARS VETERINARIA**, v.22, n.3, p.179-183, 2006.

PALUDO, G. R. et al. Efeito do Estresse Térmico e do Exercício sobre Parâmetros Fisiológicos de Cavalos do Exército Brasileiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1130-1142, 2002.

PEIXOTO, F. J. G. **Adaptações bioquímicas em fibras musculares esqueléticas de equinos treinados para enduro: correlação entre tipagem muscular e expressão da isoforma neuronal da óxido nítrico sintase**. Tese (Doutorado em Biologia Funcional e Molecular) Unicamp-Campinas. 2004. 67p.

PICCIONE, G. et al. Comparation of daily rhythm of creatine and creatine kinase in the sedentary and athlete horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 29, n. 7, p. 575-580, 2009.

PICCIONE, G. et al. Different periodicities of some haematological parameters in exercise-loaded athletic horses and sedentary horses. **Journal of Equine Science**, v. 12, p. 17-23. 2001.

PRATES, R. C. et al. Heart rate of Mangalarga Marchador mares under marcha test and supplemented with chrome. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.916-922, 2009.

PRINCE, A.; GEOR, R.; HARRIS, P.; HOEKSTRA, K.; GARDNER, S.; HUDSON, C.; PAGAN, J. Comparison of the metabolic responses of trained Arabian and Thoroughbred horses during high and low intensity exercise. In: SYMPOSIUM OF THE EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SOCIETY, 17., 2001, Lexington. **Proceedings...** Lexington, 2001. p.267-272.

RAMALHO, L. O. et al. Glicemia e concentrações séricas de insulina, triglicérides e cortisol em equinos da raça Quarto de Milha e mestiços usados em provas de laço em dupla. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.49, n.4, p.318-324, 2012.

REGATIERI, I. C.; MOTA, M. D. S. Melhoramento genético de equinos: aspectos bioquímicos. **ARS Veterinaria**, v. 28, n. 4, 227-233, 2012.

REZENDE, A. S. C. Aditivos ou Suplementos? **Revista Oficial da Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Mangalarga Marchador**, v. 18, p. 44-48, 2006.

REZENDE, H. H. C. et al. Bioquímica sérica e leucometria de equinos mangalarga marchador suplementados com cromo e submetidos à prova de marcha. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 219-225, 2014.

RIBEIRO, C. R. et al. Avaliação de constituintes séricos em equinos e muareas submetidos à prova de resistência de 76km, no Pantanal do Mato Grosso, Brasil. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1081-1086, 2004.

RIBEIRO, M. A. **Avaliação da capacidade atlética de cavalos da raça Árabe submetidos a exercício aeróbico em esteira ergométrica**. 2006. 109p. Dissertação (Mestrado em Cirurgia Veterinária) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

RINO, A. S. **Resposta das fibras musculares esqueléticas de equinos da raça puro sangue árabe ao treinamento de enduro**. 2010, 54p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

RIVERO, J. L. L. A scientific background for skeletal muscle conditioning in equine practice. **Journal of Veterinary Medicine Series A**, v. 54, p. 321-332, 2007.

RIVERO, J. L. L. et al. Oral L-carnitine combined with training promotes changes in skeletal muscle. **Equine Veterinary Journal**, Suplemento, v.34, p.269-274, 2002.

ROBINSON, E. N. **Current therapy in equine medicine**. 5 ed. Philadelphia: Saunders. 2003. 960p.

ROSE, R. J. Endurance exercise in the horse. **British Veterinary Journal**, v. 142, p.532-541, 1986.

ROSE, R. J.; HODGSON, D. R. Hematology and biochemistry In. **The athletic horse**. Philadelphia, Saunders; 1994. p. 63-78.

ROSE, R. Programas de treinamento para cavalos: formas de alcançar um cavalo desportivo. **Jornadas de Medicina Veterinária**. 4. ed. Buenos Aires: Inter-médica Editorial, 2000. p. 27-29.

SANTIAGO, J. M. et al. Hematologia e bioquímica sérica de equinos de concurso completo de equitação em treinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 2, p. 383-392, 2013.

SANTOS, V. P. **Variações hemato-bioquímicas em equinos de salto submetidos a diferentes protocolos de exercício físico**. 2006. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SERRANO, A. L.; RIVERO, J. L. L. Myosin heavy chain profile of equine gluteus medius following prolonged draught exercise training and detraining. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v.21, p.235-245, 2000.

SICILIANO, P.D. et al. Effect of conditioning and exercise type on serum creatinekinase and aspartate aminotransferase activity. **Equine Veterinary Journal**, v.18, suppl. p. 243-7, 1995.

SILVA, M. A. G. et al. Determinação de eletrólitos, gases sanguíneos, osmolaridade, hematócrito, hemoglobina, base titulável e anion gap no sangue venoso de equinos destreinados submetidos a exercício máximo e submáximo em esteira rolante. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 61, n.5, p. 1021-1027, 2009.

SILVA, M. A. G. et al. Equilíbrio ácido-base em equinos da raça quarto de milha participantes da prova dos três tambores. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 35 n. 2. p.188-192, 2013.

SILVEIRA, J. M. **Patologia Clínica Veterinária: Teoria e Interpretação**. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 196p.

SILVEIRA, V. F. et al. Efeito do exercício em esteira sobre leucócitos totais, neutrófilos, linfócitos e cortisol sérico em equinos árabes treinados e suplementados com vit. E. **Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida**, v. 27, p. 113-115, 2007.

SILVEIRA, V. F. **Malondialdeído, vitamina E, cortisol, hemograma e enzimas musculares em equinos da raça Árabe submetidos ao exercício em esteira de alta velocidade**. 2005. 92 p. Dissertação (Mestrado em Clínica Veterinária). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SNOW, D. H.; GUY, P. S. Muscle fibre type composition of a number of limb muscles in different types of horse. **Research in Veterinary Science**, v.28, p.137-144, 1980.



SNOW, D.H.; RICKETTS, S.W.; MASON, D.K. Haematological response to racing and training exercise in thoroughbred horses, with particular reference to the leucocyte response. **Equine Veterinary Journal**, v. 15, p. 149-154, 1983.

SNOW, D.H.; VALBERG, S.J. Muscle anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training In: HODGSON, D.R.; ROSE, R.J. (Eds) **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1994, p. 145-179.

SPURWAY, N. C. Aerobic exercise, anaerobic exercise and the lactate threshold. **British Medical Bulletin**, v.48, n.3, p.569-591, 1992.

STRICKLIN, J. B. **Barrel Racing**. AAEP Proc., 43:37-39, 1997.

SUCUPIRA, M. C. A.; ORTOLANI, E. L. Uso de sangue arterial e venoso no exame do equilíbrio ácido-básico de novilhos normais ou com acidose metabólica. **Ciência Rura**, v.33, n.5, p.863-868, 2003.

TAYLOR, L.E.; KRONFELD, D.S.; FERRANTE, P.L. Blood-gas measurements adjusted for temperature at three sites during incremental exercise in the horse. **Journal of Applied Physiology**, v.85, n.3, p.1030-1036, 1998.

TEIXEIRA NETO, A. R. **Efeitos da reposição eletrolítica sobre as variáveis fisiológicas de cavalos em provas de enduro de 30 e 60 km de distância**. Dissertação (Mestrado em Clínica Médica Veterinária). 2002. 92p. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Jaboticabal, p. 92, 2002.

TEIXEIRA NETO, A. R. **Variáveis fisiológicas e estresse oxidativo de eqüinos durante campeonato de enduro**. 2006. 51p. Tese (Doutorado em Clínica Médica Veterinária). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

THOMASSIAN, A. et al. Atividades séricas da aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase de equinos submetidos ao teste padrão de exercício progressivo em esteira. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 44, n. 3, p. 183-190, 2007.

THRALL, M. A. et al. **Hematologia e bioquímica clínica veterinária**. São Paulo: Roca, 2007. 582 p.

VALBERG, S. et al. Muscle histopathology and plasma aspartate aminotransferase, creatine kinase and myoglobin changes with exercise in horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. **Equine Veterinary Journal**, v.25, n.1, p.11-16, 1993.

WATANABE, M. J. **Avaliações clínicas e metabólicas de cavalos da raça Árabe submetidos a exercício progressivo em esteira**. 2004. 179 p. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Botucatu. Botucatu.

WATANABE, M. J. et. al. Alterações do pH, da PO<sub>2</sub> e da PCO<sub>2</sub> arteriais e da concentração de lactato sanguíneo de cavalos da raça Árabe durante exercício em esteira de alta velocidade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.3, p.320-326, 2006.

XAVIER, I. L. G. S. **Detecção de enfermidades do aparelho locomotor através do exame físico em eqüinos de vaquejada**. 2002 p. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró.