



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA VETERINÁRIA

ERIKA KORINFSKY WANDERLEY

METABOLISMO ENERGÉTICO EM CAVALOS DURANTE SIMULAÇÃO
DE PROVA DE MARCHA

RECIFE – PE
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA VETERINÁRIA

ERIKA KORINFSKY WANDERLEY

METABOLISMO ENERGÉTICO EM CAVALOS DURANTE SIMULAÇÃO
DE PROVA DE MARCHA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Ciência Veterinária.

Orientador: Professor Dr. Hélio Cordeiro Manso Filho.
Co-Orientadora: Professora Dra Helena Emília Manso

Recife – Pernambuco
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

W845m Wanderley, Érika Korinsky
Metabolismo energético em cavalos durante simulação
de prova de marcha / Érika Korinsky Wanderley. – 2009.
80 f. : il.

Orientador : Hélio Cordeiro Manso Filho
Dissertação (Mestrado em Ciência Veterinária) – Uni –
versidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de
Medicina Veterinária.
Inclui bibliografia.

CDD 636. 12

1. Equino
 2. Bioquímica
 3. Exercício
 4. Lactato
 5. Glucose
- I. Manso Filho, Hélio Cordeiro
 - II. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA VETERINÁRIA

METABOLISMO ENERGÉTICO EM CAVALOS DURANTE SIMULAÇÃO
DE PROVA DE MARCHA

Dissertação de mestrado elaborada por

ERIKA KORINFSKY WANDERLEY

Aprovada em/...../.....

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hélio Cordeiro Manso Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. Fernando Leandro dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. José Mário Girão Abreu
Universidade Estadual do Ceará - UECE

Profª. Dra. Eneida Willcox Rêgo
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

*Dedico aos meus pais Edinaldo e Antonina pelos muitos
anos de investimento na minha educação*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu Senhor Jesus Cristo, pois morreu para que eu tivesse vida. Agradeço a Deus por me permitir concluir o mestrado.

Aos meus pais, pela boa educação que me proporcionaram e por uma vida inteira de carinho, dedicação e amor.

Ao meu orientador Hélio Manso e a minha co-orientadora Helena Emília, os quais admiro pela dedicação aos alunos, aos animais e à pesquisa acadêmica. Agradeço a paciência e dedicação com que me ensinaram, e amizade durante todos esses anos dentro e fora da universidade.

Ao amado Luiz Beltrão e sua família, por todo amor e pelos momentos de descontração que me proporcionaram. Agradeço a compreensão nos muitos momentos de ausência.

A equipe do Haras Cascatinha pela gentileza em ceder os animais e pela paciência na realização da simulação de marcha.

A Clodomir e sua equipe técnica, pelo auxílio na realização de provas bioquímicas.

A médica veterinária Leila Vânia e toda equipe da clínica veterinária Nutricões pela realização dos exames de hematócrito e pelos momentos de descontração.

A Edna Chérias, Áurea Wishcral, Tom Menezes e toda a equipe da pós-graduação, pela disponibilidade em atender e ajudar durante todo o curso.

A todos os professores e funcionários que fazem da pós-graduação em Ciência Veterinária da UFRPE um curso de destaque no país.

Aos amigos pelos momentos de comunhão e alegria.

Ao cavalo, minha paixão desde a infância.

“Quem dentre vós é sábio e inteligente? Mostre pelo seu bom trato, por obras de mansidão e sabedoria. A sabedoria que vem do alto é pura, pacífica, moderada, tratável e cheia de misericórdia, sem hipocrisia.

Epístola de Tiago

RESUMO

Com o objetivo de caracterizar o perfil de metabólitos sanguíneos, associados ao armazenamento e utilização de energia de cavalos Mangalarga Marchadores, foi realizada uma simulação de prova de marcha utilizando-se 13 animais durante 30 minutos a uma velocidade média de 3,2 m/s. Parâmetros clínicos fisiológicos (frequência cardíaca e respiratória – FC / FR), variáveis hematológicas e bioquímicas [hematócrito (HT), proteína plasmática total (PPT), albumina (ALB), glucose (GLU), uréia (UR), creatinina (CN), creatina quinase (CK), aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), colesterol total (COL_T), colesterol HDL (COL_{HDL}), triglicérides (TRG)], foram determinadas nos momentos pré-teste (jejum), imediatamente após término da simulação (T0), e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos após a finalização da simulação. A aferição do lactato (LAC) ocorreu nos tempos T0, T15 e T30. O percentual médio de gordura corporal foi de 13,4±%. As variáveis FC, FR, HT, PPT, GLU e LAC sofreram alterações (P<0,05), enquanto ALB, UR, CN, CK, AST, ALT, COL_T, COL_{HDL} e TRG, permaneceram inalteradas (P>0,05) ao final da simulação, demonstrando modificações em parâmetros fisiológicos, nas variáveis bioquímicas associados ao metabolismo energético (FC, FR, GLU e LAC) e nos fluídos corporais (HT e PPT) com hemoconcentração. A simulação assemelhou-se a um exercício de média intensidade e média duração, com baixa produção de lactato e significativo consumo de glucose. A simulação não foi capaz de modificar as concentrações de alguns lipídeos sanguíneos (COL_T, COL_{HDL} e TRG), dos compostos associados ao metabolismo proteico (ALB, UR, CN) e das enzimas associadas ao metabolismo muscular (CK, AST, ALT). A marcha picada é energeticamente mais dispendiosa que a marcha batida, o que poderá promover implicações práticas nos programas de treinamento e arreamento desses dois grupos de animais.

Palavras chave: equino, bioquímica, exercício, lactato e glucose.

ABSTRACT

The objective of this research was analyzed metabolic parameters associated with energy after 30 minutes of four beat gait test simulation using 13 Mangalarga Marchador horses at a medium speed of 3,2 m/s. It was determined the horses' body composition, physiological (heart and respiratory rate – FC/FR) and metabolic parameters [packed cell volume (HT), total plasma protein (PPT), albumin (ALB), glucose (GLU), lactate (LAC), urea (UR), creatinin (CN), creatine kinase (CK), aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), total cholesterol (COL_T), HDL cholesterol (COL_{HDL}), triglycerides (TRG) in five times: pre-test (fasted), immediately after (T0), 15 (T15), 30 (T30) and 240 minutes (T240) after exercise finish. Lactate was determined in T0, T15 and T30. Results showed these horses had 13,4%± of fat. There were differences (P<0,05) in FC, FR, HT, PPT, GLU, LAC but no significant modifications in ALB, UR, CN, CK, AST, ALT, COL_T, COL_{HDL} and TRG concentrations (P>0,05). It was observed differences in FC, FR, HT and LAC between four beat gait “picada” and four beat gait “batida” (P<0,05). In conclusion the horses showed important modifications in their blood metabolites associated with energetic metabolism (FC, FR, GLU and LAC) and body fluids (HT and PPT), which characterize this kind of exercise as medium intensity and duration, with lower lactate production and some degree of dehydration during recovery. Also, it was observed that four beat gait “picada” is more energetic expensive than “batida” when both horses' group were exercised at same speed. Finally, it was observed that these results made a metabolic characterization of these kind of gaits and they will produce changes in training and nutritional practice of the four beat gait horses.

Keywords: equine, biochemistry, exercise, lactate e glucose.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1:	Variações nas condições climáticas e na velocidade média da marcha durante a realização da simulação da prova de marcha no Haras Cascatinha.....	Pg51.
TABELA 2:	Características biométricas dos animais experimentais.....	Pg51.
TABELA 3:	Medidas das composições corporais dos animais experimentais conforme o tipo de marcha.....	Pg52.
TABELA 4:	Valor de repouso (pré-teste) das variáveis aferidas.....	Pg52.

LISTA DOS GRÁFICOS

- GRÁFICO 1: Variação na frequência cardíaca (FC) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg53.
- GRÁFICO 2: Variação na frequência respiratória (FR) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg54.
- GRÁFICO 3: Variação na concentração plasmática da glucose (GLU) e do lactato (LAC) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg55.
- GRÁFICO 4: Variação na percentagem do hematócrito (HT) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg56.
- GRÁFICO 5: Variação na concentração das proteínas plasmáticas totais (PPT) e da albumina (ALB) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg57.
- GRÁFICO 6: Variação na frequência cardíaca (FC) (*a*), na frequência respiratória (FR) (*b*), na concentração plasmática do lactato (LAC) (*c*) e na percentagem do hematócrito (HT) (*d*), conforme o tipo de marcha, de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg58.
- GRÁFICO 7: Variação na concentração sérica da creatina quinase (CK), aspartato aminotransferase (AST) e alanino aminotransferase (ALT) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg59.

- GRÁFICO 8: Variação na concentração da uréia (UR) sérica de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg60.
- GRÁFICO 9: Variação na concentração da creatinina (CN) sérica de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg61
- GRÁFICO 10: Variação na concentração do colesterol total (COL_T) e colesterol HDL (COL_{HDL}) séricos de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg62.
- GRÁFICO 11: Variação na concentração de triglicérides (TRG) séricos de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha..... Pg63.

LISTA DAS ABREVIATURAS

ADP – Adenosina difosfato

AGL – Ácido graxo livre

ALB – Albumina

ALT – Alanina aminotransferase

AST – Aspartato aminotransferase

ATP – Adenosina trifosfato

BH – Brasileiro de Hipismo

CK – Creatina quinase

COL_{HDL} – Colesterol HDL

COL_T – Colesterol total

CN – Creatinina

CNA – Confederação Nacional da Agricultura

ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz

FC – Frequência cardíaca

FR – Frequência respiratória

GLU – Glucose

HT – Hematócrito

LAC – lactato

PPT – proteína plasmática total

PSA – Puro Sangue Árabe

PSI – Puro Sangue Inglês

TRG – Triglicérides

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

UR – Uréia

SUMÁRIO

1	INTODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	O Mangalarga Marchador.....	17
2.1	Andamento.....	18
	2.2.1 Modalidades de marcha.....	19
	2.2.1.1 Marcha picada.....	19
	2.2.1.2 Marcha batida.....	19
	2.2.1.3 Marcha de centro.....	19
2.3	Metabolismo energético do cavalo.....	19
	2.3.1 Parâmetros fisiológicos.....	22
	2.3.2 Glucose e lactato.....	23
	2.3.3 Hematócrito, proteína plasmática total e albumina.....	26
	2.3.4 Enzimas.....	28
	2.3.5 Uréia e creatinina.....	30
	2.3.6 Lipídeos.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1	O local e os animais.....	34
3.2	Simulação da prova de marcha.....	34
3.3	Determinação do percentual de gordura.....	35
3.4	Parâmetros fisiológicos.....	35
3.5	Coletas das amostras de sangue.....	35
3.6	Processamentos das amostras.....	36
3.7	Análises estatísticas.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1	Condição climática e velocidade dos animais.....	38
4.2	Composição corporal.....	39
4.3	Parâmetros fisiológicos.....	39
4.4	Glucose e lactato.....	41
4.5	Hematócrito, proteína plasmática total e albumina.....	43

4.6	Enzimas.....	45
4.7	Uréia e Creatinina.....	47
4.8	Lipídeos.....	47
4.9	Comparação entre os dois tipos de marcha.....	49
5	CONCLUSÕES.....	64
	REFERÊNCIAS.....	65

1 Introdução

A espécie eqüina, ao longo do tempo, vem sendo admirada por sua incrível versatilidade. Um dos motivos do grande sucesso na parceria do homem com os cavalos é a habilidade destes últimos para correr e saltar. Inicialmente utilizados para alimentação humana, o cavalo foi logo empregado em tarefas de transporte, de tração e também como arma de guerra. Ainda hoje este animal continua desempenhando tais funções, porém em menor escala, pois, com o advento de máquinas cada vez mais potentes, o cavalo tem sido desviado principalmente para atividades de esporte e lazer.

No Brasil, que possui o 4º maior rebanho mundial, a importância econômica e social do cavalo é traduzida por uma movimentação financeira na ordem de R\$ 7,3 bilhões anualmente e pela geração de ocupação direta para cerca de 640 mil pessoas, segundo o “Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalo” realizado pela Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz (ESALQ), a pedido da Confederação Nacional da Agricultura (CNA, 2006).

No Estado de Pernambuco a indústria do cavalo, no que se refere ao aspecto esportivo, tem nos animais de vaquejada e de marcha os seus maiores expoentes, movimentando maiores somas financeiras e proporcionando mais empregos, diretos e indiretos, quando comparados aos animais de turf e de hipismo.

Pode-se considerar o estudo de Procter e colaboradores (1934) como o primeiro marco no conhecimento da fisiologia do exercício em equinos. Estes autores, na época, realizaram um ensaio objetivando o conhecimento do metabolismo energético, em particular no que se referia aos fenômenos decorrentes do trabalho realizado por cavalos de tração. Estudos que unem conhecimentos de fisiologia geral, notadamente da biodinâmica dos cavalos, da bioquímica energética, do sistema circulatório, do sistema respiratório, do sistema nervoso, do sistema músculo-esquelético, de genética e da saúde animal, são trabalhados por equipes multidisciplinares com o objetivo de compreender e melhorar a medicina esportiva eqüina.

Atualmente este animal apresenta resultados impressionantes, e cada vez mais poderá melhorar a sua performance atlética recebendo métodos de treinamento, alimentação e suplementação adequados em cada fase de sua carreira (DEMONCEAU, 2007). A necessidade de conhecimento acerca do treinamento mais adequado tornou-se imperativa. A avaliação de alguns parâmetros durante o treinamento pode direcionar a intensidade e o tipo de esforço, apropriados à capacidade atlética de cada animal. Também, através dessa avaliação, podem-se analisar as variações de parâmetros metabólicos, hematológicos,

bioquímicos e fisiológicos frente a diferentes intensidades de exercício, e ainda traçar a tendência de tais parâmetros para um grupo de animais (SANTOS, 2006).

Focando-se nos cavalos marchadores de raças brasileiras, informações acerca do metabolismo desses, ainda estão envoltos em grande empirismo com insuficiência de conhecimento técnico e heterogeneidade de conceitos. Um dos desafios a se enfrentar, é a transformação de variáveis qualitativas, avaliadas de forma subjetiva na seleção de animais, em variáveis quantitativas, avaliadas de forma objetiva, por meio de procedimentos precisos, executados por pessoal qualificado.

Os animais de marcha representam o maior grupo de animais registrados no Brasil, portanto é um importante grupo de equinos a ser avaliado. Conhecendo-se as mudanças fisiológicas e bioquímicas que ocorrem como resultado do trabalho muscular, que realizam os cavalos da raça Mangalarga Marchador durante as provas de marcha, pode-se contribuir para o estabelecimento de bases objetivas para melhorar as práticas de manejo e de treinamento, além de possibilitar uma avaliação mais precisa do rendimento do cavalo. Portanto, objetivou-se com este trabalho caracterizar o perfil de metabólitos sanguíneos associados ao armazenamento e utilização de energia dos animais marchadores durante uma simulação de prova de marcha.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O cavalo é uma máquina admirável, suas particularidades anatômicas mostram que ele foi desenvolvido para a velocidade. Ossos rugosos onde se inserem numerosos conjuntos de músculos, dezoito pares de costelas amplamente arqueados que lhe proporciona grande amplitude respiratória, além de um coração que pode pesar cerca de seis quilos (SOARES, 2002). A grande capacidade atlética dos cavalos pode ser atribuída a anos de seleção genética pelas proezas realizadas em exercícios, bem como a uma marcante plasticidade muscular, a qual adapta o animal para o treino físico (VOTION *et al.*, 2008).

2.1 O Mangalarga Marchador

Originária do Sul de Minas Gerais (COSTA *et al.*, 2005), a raça Mangalarga Marchador é uma das mais importantes do Brasil. Possuidores de distinta beleza zootécnica e uma grande docilidade, tais cavalos vêm conquistando admiradores, que logo se tornam criadores, proporcionando a expansão da raça nos mercados nacional e internacional (CABRAL *et al.*, 2004), os quais vêm sendo utilizados em diversas atividades funcionais como cavalgadas de longa distância, enduros e concursos de marcha (REZENDE *et al.*, 2000). A marcha é seu andamento natural e muitas vezes confundem o veterinário durante exame de claudicação, requerendo deste maior atenção e conhecimento deste tipo particular de locomoção (HUSSNI *et al.*, 1996).

Para aquisição de registro definitivo dos equinos na Associação Brasileira de Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM, 1992), recomenda-se altura na cernelha ideal 1,52 metros para machos, admitindo-se valores mínimo e máximo de 1,47 e 1,57 metros, respectivamente, e nas fêmeas de 1,46 metros, com valores mínimo e máximo de 1,40 e 1,54, respectivamente. Avaliando equinos adultos dessa raça, Zamborlini e colaboradores (1996), constataram que, em geral, indivíduos machos são mais altos que fêmeas, com valores médios para a altura de cernelha de 1,50 e 1,45 metros para machos e fêmeas, respectivamente. Os mesmos autores verificaram valores médios superiores nos machos para o comprimento do corpo, da cabeça, do pescoço, do dorso, da garupa e da espádua, do perímetro torácico e de canela, e valores médios similares aos da fêmea para largura de cabeça e de anca.

Costa e colaboradores (2005), estudando a subdivisão genética da raça Mangalarga Marchador, concluíram que os criadores dessa raça fizeram uso de acasalamento entre parentes, provavelmente para fixação de fenótipos desejados. Esses autores sugerem ainda a existência de cinco grupos genéticos na atual população da raça, associados aos descendentes dos animais Herdade Alteza e Seta Caxias, Providência Itu e Tabatinga Predileto, Abaíba Marengo, Tabatinga Cossaco e de Angai Miron, nessa ordem de importância.

A evolução zootécnica desta raça pode ser observada nas exposições especializadas onde os animais são avaliados por árbitros credenciados pela ABCCMM. Tais campeonatos contribuem para o aprimoramento contínuo da raça onde são definidos parâmetros zootécnicos que distinguem os campeões dos demais (COSTA *et al.*, 2003).

2.2. Andamento

Do ponto de vista da biomecânica, a locomoção do equino envolve movimentos de todo o corpo e dos membros em ritmo e padrões automáticos que definem os vários andamentos, pois a locomoção quadrupedal permite várias combinações de coordenação entre os membros (PROCÓPIO *et al.*, 2007). Hussni e colaboradores (1996) descreveram andamento como forma de locomoção cujo objetivo é deslocar o centro de gravidade para frente, para o lado ou para trás, e que, o conjunto de características próprias como velocidade, simetria, comprimento do passo, seqüência e número de apoios dos cascos no solo, seqüência dos membros e número de batidas, determinam os diferentes andamentos e suas variações.

A marcha é um tipo de andamento natural, que pode também ser artificial, simétrico, lateral e diagonal a quatro tempos. Seus movimentos e apoios, a exemplo do passo, são dos bípedes laterais e diagonais intercalados por apoios tripedais devido à dissociação dos membros. Suas reações são extremamente suaves, com pouco deslocamento do centro de gravidade. O comprimento de sua passada é perto de 2,0 metros e a velocidade entre 12 e 14 Km/h por hora (NASCIMENTO, 1999).

No andamento marchado o cavalo jamais perde contato com o solo, ou seja, sempre haverá pelo menos um casco em contato com o chão. Como a massa corpórea não é projetada ao ar, o impacto com o solo será menor, conferindo maior comodidade ao deslocamento (ANDRADE, 1993).

2.2.1 Modalidades de marcha

2.2.1.1 Marcha picada

É possível distinguir um nítido predomínio dos tempos de apoio, elevação e avanço dos bípodes laterais movendo-se em dissociação. Há um maior deslocamento do centro de gravidade no sentido lateral. Uma boa marcha picada é caracterizada por tríplice apoio bem definido, o que confere bastante comodidade à marcha (ANDRADE, 1993).

2.2.1.2 Marcha batida

É caracterizada pelo maior predomínio no apoio, elevação e avanço dos bípodes diagonais movendo-se em dissociação. Há maior deslocamento do centro de gravidade no sentido vertical. Quanto menor a dissociação, mais áspera tende a ser a marcha batida, pois o toque quase simultâneo dos cascos diagonais sobre o solo aumenta o atrito vertical (ANDRADE, 1993).

2.2.1.3 Marcha de centro

Pode ser caracterizada como uma faixa de andamento intermediária entre picada e batida. Não há um predomínio de tempo nos apoios, elevações e avanços dos membros laterais ou diagonais. Isto implica em uma perfeita harmonia na mecânica da locomoção, com maior definição dos tríplexes apoios e, conseqüentemente, maior comodidade para quem monta (ANDRADE, 1993).

2.3 Metabolismo energético do cavalo

O cavalo atleta tem grande capacidade para realizar trabalho muscular quando comparado com muitos mamíferos incluindo o homem. A energia para realizar este trabalho é obtida da oxidação dos carboidratos e gorduras, e em menor grau, das proteínas (JOSE-CUNILLERAS & HINCHCLIFF, 2003), provenientes da digestão dos alimentos ingeridos (NCR, 2007).

Os equinos utilizam glucose e ácidos graxos estocados dentro e fora do músculo, como combustível durante o exercício, igualmente a outras espécies atléticas, entretanto, a fonte de

energia bem como relativa contribuição do caminho aeróbico ou anaeróbico para a sua produção dependem do tipo, intensidade e duração do exercício (STEFANON *et al.*, 1999; JOSE-CUNILLERAS & HINCHCLIFF, 2003). Treino e estado nutricional também são importantes fatores que interferem no metabolismo energético (VOTION *et al.*, 2008; JOSE-CUNILLERAS & HINCHCLIFF, 2003; McMIKEN, 1983). Embora diferentes atributos fisiológicos e comportamentais sejam demonstrados pelos vários tipos de equinos de competição, o sucesso da corrida depende da habilidade metabólica do animal em converter energia química em energia mecânica, que é função do músculo (McMIKEN, 1983).

Em muitas espécies, o condicionamento físico provoca uma grande mudança na utilização do substrato durante o exercício sub-máximo. Após o treino, o uso de carboidrato como fonte de energia é diminuída enquanto que a contribuição de lipídeos é aumentada como indicado pela menor taxa de quebra de glicogênio muscular e uma diminuição na proporção de troca respiratória (GEOR *et al.*, 2002). O glicogênio de reserva é inicialmente utilizado para manter a contração muscular, entretanto, a considerável atividade aeróbica das fibras musculares, observada nos treinos de enduro e trote, é também sustentada por lipídeos (FALASCHINI & TROMBETA, 2001).

Quando o exercício é de baixa intensidade (25% VO_{2max}) o caminho principal utilizado para obtenção de energia é a oxidação de ácidos graxos não-esterificados, já em exercício de moderada intensidade (65% VO_{2max}), a contribuição da oxidação do glicogênio muscular, glucose sanguínea e triglicérides intramiocelulares é maior. No exercício de moderada a alta intensidade (85% VO_{2max}), a contribuição do glicogênio muscular aumenta exponencialmente e a relativa contribuição dos demais substratos diminui substancialmente (JOSE-CUNILLERAS & HINCHCLIFF, 2003). A incapacidade de realização de glicólise anaeróbica pela depleção dos estoques de glicogênio muscular afeta negativamente o desempenho atlético (LACOMBE *et al.*, 1999).

Em exercício prolongado de baixa a moderada intensidade (submáximo), a fonte inicial (0-30min) de energia é proveniente do carboidrato intramuscular (primariamente o glicogênio), porém, o prolongamento da atividade física torna os lipídeos a principal fonte de energia (VOTION *et al.*, 2008). Durante o exercício de baixa intensidade, o metabolismo aeróbico é o principal responsável pelo fornecimento de energia. À medida que a intensidade do exercício aumenta, requerimento de energia via metabolismo anaeróbico vai se tornando progressivamente maior (HINCHCLIFF *et al.*, 2002).

O metabolismo dos carboidratos em músculos exercitados e os fatores que influenciam esse metabolismo são diferentes do observado em seres humanos. Cavalos possuem maior

capacidade aeróbica que humanos e, comparando exercícios de mesma intensidade, relativo ao máximo consumo de oxigênio (VO_{2max}), essa taxa de consumo e o gasto de energia é mais alto em cavalos do que em humanos (WAGNER, 1995). Os fatores que dificultam a obtenção de oxigênio, reduzindo o suprimento de energia via aeróbica, influenciam a capacidade atlética do animal de diversas formas. O condicionamento físico aumenta a capacidade aeróbica melhorando o desempenho atlético (LACOMBE *et al.*, 1999).

O metabolismo aeróbico, indicado pela taxa de consumo de oxigênio, pode ser aumentado através da realização de exercícios crônicos e repetitivos. O metabolismo anaeróbico não pode ser medido diretamente, mas é estimado pelo déficit de oxigênio acumulado, ou seja, é o total de energia produzida além daquela contabilizada pela via aeróbica (consumo de oxigênio) (EVANS *et al.*, 1995). Segundo Eaton e colaboradores (1995), a energia despendida para a realização de atividades físicas de alta intensidade é 50 vezes maior do que a gasta quando o cavalo está em repouso.

O músculo esquelético dos mamíferos está constituído por fibras com diferentes propriedades contráteis e metabólicas que permitem transformar a energia química em energia mecânica para originar a contração muscular (MERINO *et al.*, 1998). Células musculares são alongadas e por isso são chamadas de fibras. São classificadas de acordo com suas propriedades contráteis e oxidativas, desta forma, quanto mais rápido se contrai a fibra muscular, maior será o requerimento das vias anaeróbicas de produção de energia (RIBEIRO, 2006).

A capacidade aeróbica varia com a raça do cavalo e com o tipo de fibra muscular. Fibras de contração lenta, tipo I, normalmente apresentam capacidade aeróbica maior do que as fibras de contração rápida, especialmente as do tipo IIB. A característica das fibras tipo IIB depende do treinamento e da espécie em questão (PÖSÖ, 2002). As diferenças nas proporções das fibras tipo I, IIA e IIB, a capacidade oxidativa e glicolítica das fibras e a habilidade de recrutamento das mesmas, influenciam a resposta metabólica durante o exercício (VALBERG *et al.*, 1985; RONÉUS *et al.*, 1994).

Presente no músculo e no fígado, o glicogênio é o substrato energético utilizado durante o exercício. Este estoque de energia é esgotado durante a atividade física e repostado no período de recuperação (HODGSON *et al.*, 1985). A quantidade de glicogênio muscular varia de acordo com o tipo de fibra, sendo que as de contração rápida (tipo II) têm maior conteúdo de glicogênio que a fibra de contração lenta, tipo I (JOSE-CUNILLERAS & HINCHCLIFF, 2003). Utilizando dois protocolos de depleção do glicogênio muscular em cavalos PSI castrados, Davie e colaboradores (1999) afirmaram que 20-30% de redução deste carboidrato

resultou em uma mudança no metabolismo das gorduras, mas não significativamente altera a taxa de batimentos cardíacos e de trocas respiratórias, nem as concentrações plasmáticas de glicose e lactato, durante exercício de moderada intensidade.

A depleção do estoque de glicogênio é um importante causador de fadiga muscular em equinos que realizam prova de resistência e de corrida, mas é possível aumentar o seu estoque muscular através da melhora do condicionamento físico (FOREMAN *et al.*, 1990). Outros mecanismos que resultam em fadiga são o esgotamento de líquidos e eletrólitos através da sudorese (SCHOTT & HINCHCLIFF, 1993) e acúmulo de amônia (LACERDA NETO & MARQUES, 1999).

2.3.1 Parâmetros fisiológicos

As avaliações de parâmetros fisiológicos como frequência cardíaca (FC) e frequência respiratória (FR), bem como a realização de pesquisas laboratoriais em amostras de sangue para se analisar enzimas, hormônios e produtos do metabolismo, resultantes da atividade física, são importantes ferramentas para a avaliação da capacidade atlética de cavalos (RIBEIRO, 2006). Em adição, Puoli Filho e colaboradores (2007) também afirmaram que parâmetros fisiológicos são variáveis de grande importância para averiguação do desempenho físico. A frequência cardíaca em cavalos atletas adultos é em média 35 batimentos por minuto (THOMAS *et al.*, 1980).

O número de batimentos cardíacos por minuto é facilmente mensurado mesmo em condições de campo. Tem sido largamente utilizado como índice de avaliação da função cardíaca bem como do desempenho atlético de cavalos (KOBAYASHI *et al.*, 1999; MUKAI *et al.*, 2003). Segundo Mukai e colaboradores (2007), a taxa de batimentos cardíacos está altamente correlacionada com o esforço físico em cavalos de corrida, sofrendo também alterações de acordo com o temperamento individual do animal.

O número de batimentos cardíacos em equinos decresce rapidamente (em poucos segundos) após término do esforço físico, portanto sua aferição no pós-exercício pode não retratar a verdadeira FC durante a movimentação do animal, mas essa rápida modificação na FC pode ser um bom indicador do nível de treinamento dos animais (NCR, 2007). A taxa de redução desta frequência, após o fim da atividade física, e o tempo necessário para que sejam alcançados os níveis do pré-exercício, dependem da duração e intensidade do trabalho, da capacidade atlética do animal e de alguns fatores extrínsecos como temperatura e umidade

ambiental (THOMAS *et al.*, 1980), podendo a capacidade cardiovascular ser aumentada em resposta a um programa de treinamento físico adequado (MUÑOZ *et al.*, 1998).

De fato, aumento do esforço físico atua elevando o número de batimentos cardíacos (PICCIONE *et al.*, 2007), em complemento a essas alterações fisiológicas, a frequência respiratória aumenta garantido o fornecimento de combustível para contração muscular (BACILA, 2003), e, segundo Puoli Filho e colaboradores (2007). Normalmente as taxas respiratória e cardíaca se relacionam na proporção de um para quatro no animal em repouso, quando o cavalo executa cerca de 8 a 12 respirações por minuto (KING, 1995).

Em virtude de muitos fatores poderem influenciar a frequência respiratória simultaneamente (ausência de enfermidades, temperatura, umidade), não se pode correlacioná-la com condicionamento físico (KING, 1995). Oliveira e colaboradores (2008), observando cavalos da raça Quarto-de-Milha e sem raça definida (SRD), durante o período seco e chuvoso de um ano, concluíram que FC e FR sofrem influência da elevação da temperatura do ambiente.

2.3.2 Glucose e lactato

A glucose é a fonte mais importante de energia para os animais (ARAI *et al.*, 1995). É a forma primária de utilizar o carboidrato para produzir adenosina trifosfato (ATP). As células podem obter glucose da circulação ou de estoques intracelulares de glicogênio no fígado e nos músculos (JOSE-CUNILLERAS & HINCHCLIFF, 2003; NCR, 2007). Na circulação, a glucose pode ser proveniente da gliconeogênese ou glicogenólise hepática, bem como dos alimentos ingeridos e metabolizados pelos cavalos. Células sanguíneas e cerebrais dependem quase que exclusivamente da glucose (NCR, 2007).

A análise da concentração plasmática de glucose fornece indícios importantes sobre o metabolismo dos carboidratos. Para a verificação da glicemia, a técnica recomenda a coleta de amostras sanguíneas em tubos estéreis, a vácuo, que contenham fluoreto de sódio e oxalato de potássio, pois atuam inibindo a glicólise eritrocitária (COMIS, 2006). A degradação de uma molécula de glucose gera 38 moléculas de ATP (BACILA, 2003), fornecendo energia necessária para contração muscular. A ATP pode ser obtida da fosfocreatina, glucose, glicogênio, aminoácidos e ácidos graxos livres. Sua produção é mais eficiente na presença de oxigênio, porém o metabolismo anaeróbico, mesmo sendo menos eficiente, representa um importante e rápido mecanismo de geração de energia (FERRAZ *et al.*, 2008).

A concentração de glucose sofre redução logo no início da atividade física. À medida que a intensidade do exercício aumenta, a glicemia tende a elevar (TRILK *et al.*, 2002). Este aumento é decorrente da elevação na taxa de glicogenólise, provavelmente devido a uma maior demanda orgânica por glucose (ROSE *et al.*, 1980). Andrews e colaboradores (1995) constataram que o aumento na concentração de glucose, em equinos submetidos às provas que compõem o concurso completo de equitação (CCE), era superior em comparação ao grupo de cavalos que competiram o enduro.

A glucose plasmática aumenta durante um curto período de exercício máximo ou próximo ao máximo, e não se altera ou reduz após exercício prolongado de resistência. A velocidade e a duração do exercício influenciam a concentração sanguínea de glucose. Durante enduro de 160 Km, a concentração sanguínea de glucose correlaciona-se negativamente com a velocidade (ROSE *et al.* 1983). Spinha de Toledo e colaboradores (2001) observaram elevações nos valores de glucose sanguínea em equinos Puro Sangue Inglês submetidos a exercícios de diferentes intensidades, e puderam concluir que o aumento da glicemia é proporcional a intensidade do exercício. Todavia esses autores não indicam que a elevação da concentração da glucose esta ou não associada à elevação da concentração das proteínas plasmáticas totais.

Muitos fatores regulam a atividade do caminho glicolítico, tais como disponibilidade de oxigênio, atividade da enzima lactato desidrogenase (LDH) e taxa de ATP e ADP (adenosina difosfato). Quando estas taxas diminuem, a glicólise anaeróbica é estimulada, aumentando a concentração de piruvato e lactato. O acúmulo de lactato nas fibras musculares durante o exercício anaeróbico eventualmente excede a capacidade celular resultando em diminuição do pH intracelular, afetando o mecanismo de contração (FERRAZ *et al.*, 2008; GOLLIK *et al.*, 1986).

O metabolismo normal dos tecidos promove a constante produção de lactato tecidual durante eventos atléticos, entretanto, os seus níveis séricos não aumentam até que a sua produção exceda o consumo. Em estado normal, o metabolismo aeróbico converte piruvato, gerando 38 moléculas de ATP. Este processo é facilitado pela enzima piruvato desidrogenase, com suplemento de oxigênio e substrato (glucose) e atividade mitocondrial. Em estado de deficiência de oxigênio, o metabolismo falha em converter piruvato em acetil-CoA pelo ciclo de ácido cítrico. Ao invés disso, duas moléculas de ATP e duas moléculas de lactato são geradas pela conversão de piruvato para lactato usando a enzima lactato desidrogenase (FRANKLIN & PELOSO, 2006).

O lactato é liberado das células musculares durante glicólise anaeróbica (KRONFELD *et al.*, 1995; LAWRENCE *et al.*, 1995), sua concentração sanguínea é uma variável de fácil aferição, mesmo em condições de campo (COUROUCÉ, 1998; KOBAYASHI, 2007), servindo como indicador do grau de condicionamento físico de cavalos (SCILIANO *et al.*, 1995; TRILK *et al.*, 2002) ou mesmo das diferenças no desempenho individual, como consequência da dieta ou tipo de treinamento (KINDERMANN *et al.*, 1979; CUSTALOW *et al.*, 1993). Para realização de pesquisa a campo, o analisador de lactato manual tem sido avaliado como seguro para utilização em cavalos (EVANS & GOLLAND, 1996; KOBAYASHI, 2007), porém existem limitações quando os valores de lactato obtidos são maiores que 10mmol/L (SILVERMAN & BIRKS, 2002; KOBAYASHI, 2007).

À medida que a intensidade do exercício aumenta, a produção de energia se torna mais dependente do metabolismo anaeróbico, e isto se relaciona ao fato de que mais fibras de baixa capacidade oxidativa são recrutadas, resultando em elevação do lactato plasmático (SANTOS, 2006). A avaliação da taxa de lactato sanguíneo vem sendo utilizada com tanta frequência quanto os parâmetros clínicos, fornecendo informações adicionais sobre o condicionamento atual do atleta (LINDNER, 2000).

A mensuração da concentração de lactato no sangue em cavalos de esporte revela sua condição muscular, ou seja, as reais condições do metabolismo aeróbio e anaeróbio desse tecido, tomando-se como referência o limiar do lactato no sangue. Assim, a velocidade na qual a concentração de lactato no sangue atinge o valor de 4,0 mmol/L (v4), tem sido bastante utilizada para se avaliar as condições físicas do cavalo atleta (TRILK *et al.*, 2002).

Cavalos treinados possuem maior habilidade muscular em oxidar o lactato, sendo importante para que não ocorra o acúmulo nesse tecido (ETO *et al.*, 2004). Tal acúmulo gera acidificação do meio celular, que impede o funcionamento normal da bomba de Ca^{2+} e a geração de energia, inibindo a atividade celular. Esses eventos fazem o músculo trabalhar de forma lenta, caracterizando fadiga (PÖSÖ, 2002). A capacidade tamponante do músculo, bem como a capacidade de transportar o ácido láctico, são os principais responsáveis pela prevenção da fadiga (JUEL, 1997).

Outros resultados do treinamento, sobre a concentração de lactato sanguíneo, são o aumento do número de mitocôndrias na fibra muscular, elevando a capacidade oxidativa do músculo em exercício e reduzindo a produção excessiva por ocasião das contrações e a produção de um maior número de proteínas de transporte, o que aumenta a retirada de lactato do músculo para a corrente sanguínea (VÄIHKÖNEN & PÖSÖ, 1998), prevenindo a fadiga (JUEL, 1997).

2.3.3 Hematócrito, proteína plasmática total e albumina.

O baço equino estoca cerca de 33% da massa eritrocitária circulante. O exercício físico e/ou a excitação provocam contração esplênica, aumentando a concentração de hemácias na corrente sanguínea (SANTOS, 2006). Muitos autores relacionam o aumento do hematócrito (HT) com a realização atividade física, resultado da mobilização de reservas de sangue do baço (TEIXEIRA NETO *et al.*, 2004; PICCIONE *et al.*, 2007), ou como consequência de hemoconcentração por desidratação (BELLI *et al.*, 2008; PUOLI FILHO *et al.*, 2007). Devido à resposta do baço ao aumento do esforço físico, Flamino e Rush (1998) afirmaram que a proteína plasmática é um indicador mais seguro de desidratação que o hematócrito.

Perez e colaboradores (1997), avaliando cavalos chilenos após prova de rodeio, afirmaram que a elevação da proteína plasmática total (PPT) e do HT se deve a concentração do sangue devido à perda de líquidos e eletrólitos, em consequência da hipersudorese. Os mesmos autores observaram um aumento de 6,6% na PPT e de 12% no volume globular, concluindo, portanto, que a hemoconcentração observada resultou também da mobilização da reserva de eritrócitos do baço, destinada a favorecer a capacidade transportadora de oxigênio pelo sangue para satisfazer a maior demanda metabólica resultante do aumento de trabalho muscular.

Afirmações semelhantes foram feitas por Seeherman e colaboradores (1990), os quais descrevem que, além do aumento no volume de células circulantes, a hemoconcentração se deve também à perda de fluidos pela sudorese. Puoli Filho e colaboradores (2007) também obtiveram aumento significativo da PPT, tendo os mesmos relacionado tal alteração com a desidratação pós exercício.

Segundo McKeever e colaboradores (1993), o valor do hematócrito em cavalos submetidos a diversas intensidades de exercício, eleva-se rapidamente durante a primeira fase de um teste em esteira na velocidade de 4 m/s. Na segunda etapa deste mesmo teste, para as velocidades de 5, 6 e 7 m/s, o aumento desta variável ocorreu mais lentamente em consequência da redução do volume plasmático. Andrews e colaboradores (1995) relataram o aumento do hematócrito em cavalos submetidos à prova de enduro.

O plasma contém uma mistura de proteínas que são elas, principalmente, albumina, globulinas, enzimas, proteínas específicas de transporte (por exemplo, as transferrinas), hormônios protéicos e fatores de coagulação, a maioria sintetizada no fígado, a partir de aminoácidos. Todas possuem função específica, mas em grupo, funcionam mantendo a pressão osmótica do plasma (KERR, 2003). As proteínas também são responsáveis por

catálises de reações bioquímicas, manutenção do equilíbrio ácido-base, coagulação sanguínea, nutrição e defesa do organismo (CARDOSO, 2008).

Dentre as proteínas, a albumina é responsável por 75% a 80% da pressão oncótica coloidal plasmática (GRIFFEL & KAUFMAN, 1992). Belli e colaboradores (2008), utilizando solução a 5% de albumina eqüina para hidratar cavalos com desidratação leve a moderada, puderam evidenciar a ação oncótica desta proteína.

Existe uma interação significativa entre o condicionamento físico e o tempo de duração do exercício de alta intensidade para que ocorra elevação de proteínas plasmáticas totais. O condicionamento promove uma redução na concentração de PPT durante o repouso no final do período de aquecimento de atividade de alta intensidade (HINCHCLIFF *et al.*, 2002), Veiga e colaboradores (2006) relataram o mesmo quando compararam cavalos da raça Crioulo a campo, com animais em treinamento, sendo mais altos os valores encontrados para os primeiros.

Na fase inicial do exercício de baixa intensidade ocorre expansão do volume plasmático, em função do desvio de líquidos e proteínas, originários do sistema linfático e interstício para o espaço intravascular (NAYLOR *et al.*, 1993; LACERDA-NETO *et al.*, 2003). Entretanto, à medida que o trabalho físico se prolonga há necessidade de dissipação do calor gerado pela atividade muscular, e uma parcela importante desse líquido é perdida pela sudorese (LACERDA-NETO *et al.*, 2003).

O aumento da PPT é justificado pela perda de fluidos do compartimento vascular. O grau de variação depende da intensidade do exercício, um aumento de 5% durante o exercício revela uma pequena variação do volume plasmático. A elevação das proteínas totais indica a ocorrência de hemoconcentração, que se mantém elevada por algumas horas após o exercício mesmo quando o animal ingere grandes quantidades de água. Elevados valores de PPT refletem alto grau de desidratação (SANTOS, 2006).

2.3.4 Enzimas

A pesquisa de enzimas presentes no sangue é de grande importância para a avaliação do metabolismo ou diagnóstico de enfermidades nos animais. Suas concentrações podem estar aumentados devido ao aumento na sua produção ou mesmo por extravasamento de células lesionadas (CARDOSO, 2008).

A atividade muscular pode ser avaliada pela pesquisa dos níveis de enzimas séricas e de metabólitos que são liberados das células durante o exercício (KRONFELD *et al.*, 1995;

LAWRENCE *et al.*, 1995). A permeabilidade da membrana plasmática nos equinos está relacionada com a intensidade da atividade física. Segundo Santos (2006), a relação entre o aumento de enzimas plasmáticas e grau de condicionamento físico, ainda precisam de esclarecimentos. Cardoso (2008) afirmou que existe a necessidade de criação de valores de referência para cada realidade, levando em consideração o método utilizado pelo laboratório, bem como a raça, o manejo e a atividade que realiza o animal.

As principais enzimas utilizadas na avaliação das disfunções musculares são a creatina quinase (CK) e a aspartato aminotransferase (AST) (HARRIS *et al.*, 1998). A CK, em condições de anaerobiose muscular, catalisa a fosforilação da adenosina difosfato (ADP) em adenosina trifosfato (ATP), disponível para a contração muscular (CHANEY *et al.*, 2004). A AST, que catalisa a transaminação de L-aspartato e alfa-cetoglutarato em oxalacetato e glutamato (KERR, 2003), é encontrada em quase todos os tecidos, logo a atividade sérica de AST não é específica para nenhum tecido, mas músculo e fígado podem ser considerados as maiores fontes (CÂMARA E SILVA *et al.*, 2007).

Muñoz e colaboradores (2002), avaliando as mudanças enzimáticas produzidas pelo exercício nas raças Andaluz, Anglo-Árabe e Árabe, demonstraram que a concentração de enzimas plasmáticas sofre influência da raça e do tipo de treinamento. Aferindo CK e AST em animais da raça Puro Sangue Inglês, após período de 12 meses de treinamento, Balarin e colaboradores (2005) observaram diferenças significativas nos valores observados em macho e fêmea, tendo as éguas níveis mais elevados para as duas enzimas. No mesmo trabalho, porém, os resultados de AST não variaram significativamente após exercício de intensidade moderada para ambos os sexos, já a CK elevou-se nos machos, após o fim da atividade física. Resultado semelhante foi obtido por Spinha de Toledo e colaboradores (2001), após submeter cavalos dessa mesma raça a exercícios de curta duração e alta intensidade.

A CK é um indicador da intensidade do exercício. Em muitas espécies, incluindo os equinos, o exercício intenso provoca o aumento da concentração plasmática de muitos marcadores, entre eles a CK. Conforme o tipo e a duração do exercício, esta enzima citosólica é liberada em consequência da alteração na permeabilidade da membrana plasmática e/ou lesão da célula muscular (VOLFINGER *et al.*, 1994; DI FILIPPO & SANTANA, 2008). A elevação de CK, juntamente com o aumento da AST, é observada em animais com sinais clínicos de rabdomiólise. Ribeiro e colaboradores (2004) também relacionam esse aumento à prática de exercício intenso.

Merino e colaboradores (1998), utilizando cavalos mestiços chilenos, testaram a atividade da CK no interior do músculo glúteo médio e afirmaram que o exercício produz um

aumento na atividade desta enzima. Na ocasião foram comparados cavalos que estavam inativos há três meses com cavalos que trabalharam o mesmo período de tempo, o resultado foi 7,2 vezes maior para cavalos em atividade. Volfinger e colaboradores (1994) constataram que em equinos jovens e saudáveis, a quantidade de CK liberada na circulação não é significativa para percurso de 60 Km. Quando o período de duração do exercício é mantido constante, a intensidade do exercício determina o aumento na concentração de CK (HARRIS *et al.*, 1998).

Perez e colaboradores (1997) salientaram que a determinação simultânea de AST e CK em equinos representa valioso potencial diagnóstico e ajuda na determinação do prognóstico de lesão muscular, em razão das diferentes taxas de desaparecimento no soro ou plasma. Frappe (1994) relata que a CK tem uma meia-vida de menos de 24 horas, enquanto que AST tem meia-vida de sete a oito dias. Por outro lado, MacLeay e colaboradores (2000) afirmaram que a atividade sérica da CK apresenta um pico 4 a 6 horas após a realização de exercício e possui meia-vida de aproximadamente 90 minutos. Em animais saudáveis a CK pode ter sua atividade duas a quatro vezes maior que a comparada aos valores de referência para indivíduos em repouso.

A taxa de aumento da CK depende da intensidade do exercício e de sua duração, bem como pelo condicionamento físico, idade e dieta do animal (MacLEAY *et al.*, 2000). Segundo Cardinet III (1997), a elevação da atividade sérica de CK indica se a necrose muscular é ativa ou ocorreu recentemente, a persistente elevação de CK indica que a necrose muscular continua ativa e AST elevada, por causa de necrose muscular, acompanhada por atividade decrescente ou normal de CK, indica que a necrose muscular não é mais ativa.

Antigamente chamada de transaminase glutâmico oxalacética (TGO), a AST é encontrada em quase todos os tecidos, mas particularmente nos músculos esquelético e cardíaco, no fígado e nas hemácias (KERR, 2003). Esta enzima catalisa a transaminação de alfa-aminoácidos e alfa-cetoglutarato em alfa-acetoácidos e glutamato (BACILA, 2003).

O aumento nos níveis de AST superiores a 100% no final da atividade física, devem ser considerados anormais independente do grau de condicionamento físico do animal ou da intensidade do exercício (HARRIS *et al.*, 1998). Rose e colaboradores (1980) observaram aumento da AST em cavalos submetidos à corrida com obstáculos e enduro, porém Santos (2006), não encontrou nenhuma alteração em cavalos Brasileiro de Hipismo submetidos à prova de salto.

A transaminase glutâmico pirúvica (TGP), também conhecida por alanina aminotransferase (ALT), é também uma transaminase com função semelhante à da AST. Em

cães e gatos esta enzima é predominantemente específica para lesão celular hepática, porém também aumenta em lesão muscular grave (rabdomiólise em cão e trombose ilíaca em gato). Em grandes animais a ALT é utilizada para avaliação de integridade muscular (KERR, 2003), e, juntamente com a AST, serve para observação da função hepática (BACILA, 2003).

Gupta e colaboradores (1996) relataram que os valores normais de ALT estão entre 13,97 e 35,78 UI/L. Estudando a bioquímica sérica de cavalos da raça Akhal-Teke, Mohri e colaboradores (2004) obtiveram os valores de 9,22; 11,51 e 9,65 UI/L para animais com menos de três anos, de três a cinco anos e com mais de 5 anos, respectivamente. Seifi e colaboradores (2002) sugerem que a elevação sérica de AST e ALT refletem o acúmulo de lipídeos no fígado, podendo ser considerado no diagnóstico de hiperlipemia em cavalos.

2.3.5 Uréia e Creatinina

A uréia (UR) sérica origina-se da metabolização hepática de compostos nitrogenados e é eliminada do organismo pela urina (FERNANDES & LARSSON, 2000). A creatinina (CN) é produzida a partir da decomposição da creatina, um composto nitrogenado utilizado pelas células musculares para estocar energia (STOCKHAM, 1995). A função renal pode ser verificada através da obtenção das concentrações séricas de uréia e creatinina. Também devido à desidratação após realização de exercícios, estes elementos podem se elevar no soro (RIBEIRO *et al.*, 2004).

O aumento sérico apenas de uréia não é forte indicativo de lesão renal, pois pode estar relacionado também ao aumento do metabolismo protéico (FERNANDES & LARSSON, 2000). Sticker e colaboradores (1995) observaram uma relação positiva entre níveis de proteína bruta na dieta e concentração de uréia plasmática em cavalos. Oliveira e colaboradores (2002) relatam que aminoácidos oriundos da digestão de farelo de soja em excesso elevam os níveis sanguíneos de uréia, porém Snow e colaboradores (1982) afirmam que não ocorre elevação pós-prandial em equinos.

O jejum provoca o aumento no catabolismo protéico para satisfazer as demandas de energia e aumenta a concentração de uréia em equinos. Com rodadas curtas de exercício moderado a intenso, os níveis de uréia não costumam se alterar, mas durante o exercício prolongado ele pode aumentar 50% ou mais em face aos efeitos combinados de um menor fluxo sanguíneo renal e do aumento do catabolismo protéico (SNOW *et al.*, 1982).

Utilizando cavalos da raça Mangalarga em enduro com 30 km de extensão, Fernandes e Larsson (2000), obtiveram valores de uréia e creatinina de 5,48 e 131,98 $\mu\text{mol/L}$, respectivamente. Para cavalos da raça Puro Sangue Árabe em repouso, foram encontrados valores médios de uréia de 5,32 $\mu\text{mol/L}$. A uréia continua a ser filtrada no rim durante o enduro (SNOW *et al.*, 1982) sendo excretada pelo suor, o que supera os efeitos da hemoconcentração e permite que não ocorram alterações em seus níveis (KERR & SNOW, 1983).

A concentração de creatinina sérica varia de acordo com a síntese de creatina e com a quantidade de tecido muscular do animal (STOCKHAM, 1995). A exemplo do que ocorre com a uréia, a creatinina sérica sofre influências de condições pré-renais, como intensa atividade ou alteração muscular e, também devido à hipovolemia que leva à diminuição da filtração glomerular (FERNANDES & LARSSON, 2000). A excreção de creatinina é realizada exclusivamente pela via renal, de forma que níveis altos indicam uma deficiência na função renal e também no caso de hipotensão, desidratação, dano muscular e exercício intenso (CARDOSO, 2008).

A creatinina é catabolizada lenta e constantemente numa taxa que é diretamente proporcional à massa muscular do indivíduo (KERR, 2003). Nogueira e colaboradores (2002), avaliando animais da raça PSI ao longo de seis meses de treinamento, obtiveram uma elevação sérica de creatinina. Esses autores relatam que tais alterações são devidas ao ganho de massa muscular durante o experimento.

2.3.6 Lipídeos

As concentrações plasmáticas de triglicérides e colesterol estão relacionadas à diversos fatores como absorção desses elementos pela dieta, requisição dos tecidos, utilização como fonte de energia e capacidade de armazenamento. Assim, após um período de alimentação ou frente a uma condição em que se necessite a mobilização de gordura dos estoques de tecido adiposo, ocorre a liberação de glicerol e ácidos graxos livres (AGL) na circulação. Os AGLs são transportados via ALB sérica até o fígado e/ou tecidos metabolicamente ativos, para serem utilizados na produção de energia (FERNANDES *et al.*, 2001).

Estudos sobre colesterol, triglicérides e lipoproteínas em animais domésticos têm claramente mostrado que existem variações entre as espécies (NAZIFI *et al.*, 2005). Recentes publicações trazem informações acerca dos níveis sanguíneos de colesterol e triglicérides em

cavalos e pôneis (HOWARD *et al.*, 2007; SAKO *et al.*, 2007; NADEAU *et al.*, 2006). Pesquisas têm avaliado modificação do perfil plasmático dos lipídeos nos atletas de resistência (GEELLEN *et al.*, 1999), todavia, as informações são escassas no que se refere ao metabolismo de lipídeos dos animais marchadores brasileiros.

A gordura de cobertura em cavalos e pôneis pode ser medida utilizando aparelho de ultrassom. Westervelt e colaboradores (1976) utilizaram a medida da gordura da garupa para prever a gordura corporal total. Na literatura nacional pouco se relata a composição corporal de cavalos. Alguns trabalhos de Manso Filho e colaboradores (2006b; 2008) relatam a utilização dessa medida ultrassônica para estimar mais precisamente a massa gorda e a massa corporal livre de gordura. Manso Filho e colaboradores (2006b) obtiveram o percentual de gordura corporal de 12,6% em cavalos de hipismo. Os mesmos autores publicaram (2008) que cavalos de vaquejada têm em média 10,82% de massa gorda, enquanto os de marcha possuem 14,77%.

A maior parte da gordura corpórea é estocada como triglicéride (TG) nos adipócitos, e em uma menor extensão, nas células musculares (HOLLOSZY *et al.*, 1986). Os triglicérides no tecido adiposo são quebrados em ácidos graxos de cadeia longa e glicerol, e são liberados na circulação sangüínea. Devido a sua lenta mobilização e a presença em grande quantidade no organismo, os lipídeos são fonte de energia para os exercícios de média a longa duração (NCR, 2007).

Durante o exercício de baixa intensidade, o oxigênio é liberado em quantidade suficiente para o trabalho muscular, que permite completa oxidação de glucose e ácido graxo, produzindo ATP, dióxido de carbono e água como produtos finais. Baixa quantidade de ácido láctico é produzida no músculo e o lactato plasmático permanece baixo. Em exercício de curta duração, o combustível é mantido pela glucose e ácidos graxos livres mobilizados do triglicéride tecidual, isso resultando no aumento do ácido graxo livre circulante (ORME *et al.*, 1995; RANDLE, 1986).

O colesterol compõe a estrutura celular e é precursor de diferentes hormônios esteróides (BACILA, 2003). Provém dos lipídeos alimentares, mas também existe uma biosíntese ativa, principalmente hepática. Eleva-se patologicamente no hipotireoidismo, diabetes mellitus, obesidade, síndrome nefrótica, pancreatite aguda, obstruções biliares, entre outras enfermidades, e está diminuída na insuficiência hepática, má absorção e hipertireoidismo (COPPO, 2001).

As lipoproteínas se formam ao combinar o colesterol e triglicérides com fosfolipídeos e apolipoproteínas. As principais frações lipoprotéicas se classificam de acordo com a sua

densidade e são as seguintes: HDL (alta densidade), com função de transportar colesterol dos tecidos para a vesícula biliar, por isso é considerado como fator protetor, LDL (baixa densidade) que transporta o colesterol para os tecidos, incluindo as paredes vasculares e VLDL (baixíssima densidade) que é composto de triglicérides (LAEF, 1995).

Nazifi e colaboradores (2005) observaram valores médios de colesterol total, colesterol HDL e triglicérides de 5,07; 1,39 e 0,28 mmol/L, respectivamente, para pôneis da raça Cáspio acima de 5 anos de idade. Analisando a mesma raça de pôneis, Seifi e colaboradores (2002) observaram que o jejum de 48 horas provoca aumento significativo no triglicérido, porém não altera os níveis séricos de colesterol.

A hiperlipemia é caracterizada pela anormal elevação dos níveis séricos e plasmáticos de lipídeos, incluindo triglicérides, AGL e lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDLs), causando letargia, depressão, fígado gorduroso e até mesmo a morte (WATSON *et al.*, 1993; FRANK *et al.*, 2002). Em cavalos, no entanto, a hiperlipemia é menos severa e mais associada geralmente com enfermidades simples como azotemia ou depravação alimentar (FRANK *et al.*, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 O local e os animais

O experimento foi desenvolvido no Haras Cascatinha (LAT: 7,976 Sul; LONG: 34,9944 OESTE; altitude acima do nível do mar: 119,5m), de criação da raça Mangalarga Marchador, localizado no Município de Camaragibe, Estado de Pernambuco.

Foram utilizados 13 animais da raça Mangalarga Marchador, os quais estavam em treinamento há mais de quatro meses e nos dois últimos meses haviam participado de competições oficiais de marcha. Os animais são acompanhados mensalmente por um médico veterinário que monitora parâmetros clínicos, enfermidades parasitárias e infecciosas, sendo todos, portanto, clinicamente saudáveis. Todos os animais estavam clinicamente saudáveis nos dias anteriores a colheita de sangue e no dia da simulação. Os animais eram mantidos estabulados em boxes individuais, com livre acesso a água e sal mineralizado, arraçoados com capim Elefante (*Penisetum purpureum*) (~15Kg/animal/dia) e concentrado comercial (5,0Kg/animal/dia; níveis de garantia do concentrado: proteína bruta 13%, extrato etéreo 3,0%, fibra bruta 12,0%).

3.2 Simulação da prova de marcha

A pista da simulação encontrava-se a 119,5 metros acima do nível do mar e possuía um percurso de 180 metros, sendo plana e gramada. Os animais foram divididos aleatoriamente em três baterias com três animais e uma bateria com quatro animais. A velocidade foi controlada a uma média de 3,2m/s, que é semelhante à da marcha de média velocidade (3,34m/s) (PROCÓPIO, 2004).

As condições climáticas do ambiente foram determinadas por um termohigrômetro digital. Os cavaleiros, juntamente com os arreios, tinham peso médio de ~75,3Kg. A simulação durou 30 minutos, sendo precedida de cinco minutos de aquecimento com os animais ao passo.

3.3 Determinação do percentual de gordura (PG)

O percentual de gordura corpórea foi determinado antes da simulação da prova de marcha, a partir do método descrito na literatura por Kearns e colaboradores (2002), e por Westervelt e colaboradores (1976), mediante diagnóstico ultrassonográfico da capa de gordura na garupa. O método consiste na colocação de um transdutor ultra-sonográfico, de tempo real, numa linha média entre a ponta do íleo e a do ísquio, cerca de 10,0 cm da linha média do corpo.

A relação entre a gordura da garupa determinada ultrassonicamente (X , cm) e a gordura total corpórea (Y ,%) foi descrita pela equação: $Y = 8,64 + 4,70X$ ($r^2 = 0,86$) (WESTERVELT *et al.*, 1976).

3.4 Parâmetros fisiológicos

As frequências cardíaca (FC) e respiratória (FR) foram aferidas mediante ausculta utilizando estetoscópio na região látero-cordial esquerda e pela inspeção visual do movimento torácico, respectivamente, segundo técnica decrita por Spiers (1999). Todos os animais tiveram seus parâmetros aferido ao longo das cinco fases da simulação, sendo estas: no pré-teste (animais em jejum), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Após a fase de simulação T30 os animais foram colocados em suas baias, retornando ao manejo citado no tópico 3.1.

3.5 As coletas das amostras de sangue

Foram coletadas amostras de sangue dos animais, por venopunção da jugular, no pré-teste (animais em jejum) e nas fases da simulação T0, T15, T30 e T240. Para cada tempo de coleta, foram utilizados três tubos tipo “Vacutainer[®]”, os quais foram: um tubo sem anticoagulante, para obtenção de soro; um tubo contendo oxalato, para obtenção de plasma para a determinação da glucose e lactato; e o terceiro tubo contendo heparina, para pesquisa do hematócrito.

3.6 Processamento das amostras

As amostras obtidas foram processadas no Laboratório de Patologia Clínica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), para obtenção dos valores de hematócrito (HT), proteína plasmática total (PPT), glucose (GLU), albumina (ALB), uréia (UR), creatinina (CN), creatina quinase (CK), aspartato aminotransferase (AST), transaminase glutâmico pirúvica (ALT), colesterol total (COL_T), colesterol HDL (COL_{HDL}), triglicérides (TRG), ao longo das fases experimentais pré-teste, T0, T15, T30 e T240. Para aferição de lactato (LAC) foram utilizadas apenas amostras obtidas nos tempos T0, T15 e T30, pois no pré-teste e no T240 os valores não produzindo leitura segura no aparelho portátil utilizado, por serem muito baixos no animal em repouso.

Os tubos contendo heparina foram acondicionadas em caixa isotérmica com gelo e foram processadas ao fim das coletas do dia, em centrífuga de microhematócrito para obtenção do hematócrito (HT). As amostras de sangue com oxalato foram centrifugados para obtenção de plasma, e os tubos sem anticoagulante, para obtenção de soro. Soro e plasma foram separadas alíquotas de 2 mL cada, em seguida armazenados por congelamento para posterior processamento, exceto GLU, PPT e LAC, que foram aferidos no plasma, no momento das coletas, utilizando os aparelhos portáteis Accu Check®, refratômetro portátil e Accutrend lactate analyzer® para cada constituinte sanguíneo, respectivamente.

ALB, CN, UR, CK, AST, ALT, COL_T , COL_{HDL} e TRG foram obtidos do soro. A determinação de ALB foi realizada através do método Verde de Bromocresol utilizando kit comercial (Human®). A CN foi determinada pelo método do picrato alcalino utilizando kit comercial (Human®). Para a determinação de UR e CK utilizou-se o método enzimático colorimétrico (reação de Berthelot modificada), do kit comercial (Katal®). AST e ALT foram determinadas utilizando-se método Reitman – Frankel, a partir do kit comercial da marca Human®. O colesterol total (COL_T) foi determinado a partir do soro, utilizando método enzimático colorimétrico com fator clareante de lipídes (LCF), contidos em kit comercial (Human do Brasil®). Os níveis de COL_{HDL} foram avaliados por uso de kit comercial (DOLES®) contendo sistema para determinação do colesterol sérico. Os triglicérides foram determinados por método enzimático a partir do uso de kit comercial (LABORLAB®). A realização das provas bioquímicas seguiu a orientação de cada fabricante dos kits. A leitura das absorbâncias foram realizadas no aparelho BioSystems BTS - 310

3.7 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise da variância para medidas repetidas (*one-way* ANOVA), através do programa SigmaStat® 3.0 para Windows®. O método de Tukey foi utilizado para a comparação múltipla entre as médias, sendo o nível de significância estabelecido em $P < 0,05$.

Para a comparação entre os animais de marcha picada e batida foi utilizada a análise da variância para medidas repetidas para dois fatores (*two-way* ANOVA), através do programa SigmaStat® 3.0 para Windows®, sendo o nível de significância estabelecido em $P < 0,05$ (SAMPAIO, 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela primeira vez se descreve as modificações metabólicas e fisiológicas ocorridas em cavalos marchadores após a simulação de uma prova de marcha em condições controladas. Nesse trabalho foi observado que os animais desenvolvem exercícios de média intensidade com média duração, e com isso modificações nos parâmetros metabólicos e fisiológicos condizentes com essa atividade física. Também observou-se que os cavalo de marcha batida utilizam as suas reservas de energia de forma diferenciada quando comparados com os animais de marcha picada, sendo que esses gastam mais energia quando todos estão numa mesma velocidade.

A consulta à literatura evidenciou grandes diferenças nos parâmetros bioquímicos e hematológicos avaliadas, os quais variaram de acordo com a raça, atividade e local de realização do experimento. Não foram encontrados na literatura nacional ou internacional, dados referentes ao metabolismo energético de cavalos Mangalarga Marchador, portanto, torna-se importante observar os valores obtidos no pré-teste deste experimento (Tabela 4) para interpretação de exame laboratorial dos animais desta raça.

Cardoso (2008), após testar vários kits comerciais para avaliação de constituintes bioquímicos no sangue de cavalos hígdos, recomendou a realização de estudos para a determinação de valores de referência, levando em consideração o laboratório, a técnica utilizada, além da raça, faixa etária, manejo e atividade desenvolvida pelo animal. Porém o mesmo autor afirmou não haver restrições quanto à utilização de kits diferentes quando se avalia níveis sanguíneos de albumina, uréia, creatinina, glicose e aspartato aminotransferase.

4.1 Condição climática e velocidade dos animais

Durante os dois dias da simulação da prova de marcha, a temperatura ambiental média e a umidade relativa do ar foram de 27,33°C e 70,38%, respectivamente. Os animais se locomoveram a uma velocidade média de 3,2 m/s durante a simulação. A descrição da temperatura e umidade ambiental, bem como da velocidade média desenvolvida pelos animais durante a simulação estão na Tabela 1.

Nesta mesma tabela observa-se que os animais marcharam com maior velocidade durante a primeira bateria do primeiro dia. Tal acontecimento pode ser atribuído à uma menor umidade relativa do ar na ocasião, o que facilita a transpiração e, portanto, o resfriamento

corporal durante a atividade física, além do que, existe um maior percentual de oxigênio disponível quando a umidade relativa do ar é menor (RIDGWAY, 1995). Essa variação pode também ter ocorrido devido a fatores individuais onde cada animal “escolhe” a velocidade de andamento ideal, com o intuito de maximizar a eficiência energética, encurtando ou alongando um passo (HOYT & TAYLOR, 1981).

4.2 Composição corporal

A medida ultrasonográfica da gordura de cobertura na garupa de cavalos, foi utilizada para estimar a gordura corporal total (KEARNS *et al.*, 2002; WESTERVELT *et al.*, 1976).

A espessura da capa de gordura, o percentual de gordura corporal, a massa gorda (MG) e da massa livre de gordura (MLG) de todos os animais, estão relacionadas na Tabela 2, bem como sexo, idade, peso e tipo de andamento dos animais utilizados neste experimento.

A literatura internacional apresenta dados referentes à animais atletas (KEARNS *et al.*, 2002) e éguas de reprodução (FITZGERALD *et al.*, 2002), porém valores da capa de gordura e da porcentagem de gordura ainda são pouco conhecidos nos criatórios nacionais. Na literatura brasileira há citações para cavalos idosos (> 20 anos, $1,1 \pm 0,2$ cm de capa de gordura e $13,5 \pm 0,6$ % de gordura) (MANSO FILHO *et al.*, 2006a) e para dois grupos de cavalo atletas (hipismo: $0,8 \pm 0,1$ cm de capa de gordura e $12,6 \pm 0,4$ % de gordura; patrulha: $1,0 \pm 0,1$ cm de capa de gordura e $13,5 \pm 0,4$ % de gordura) (MANSO FILHO *et al.*, 2006b).

Manso Filho e colaboradores (2008), avaliando 50 cavalos atletas divididos em cavalos de vaquejada (n=28) e cavalos marchadores (n=22), com idades variando entre 3 e 15 anos, de ambos os sexos (incluindo castrados), pesando entre 400 e 550kg, sob regime de criação intensiva, concluíram que animais de vaquejada e de competições de marcha apresentaram percentual de gordura corporal de $10,82 \pm 0,12\%$ e $14,77 \pm 0,54$ %, respectivamente ($P < 0,05$). Os animais utilizados no presente experimento apresentaram percentual médio de gordura corporal de 13,4% (Tabela 2), que assemelha-se aos valores descritos para cavalos marchadores citados acima. Não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre as composições corporais dos animais de marcha picada e de batida (Tabela 3).

4.3 Parâmetros fisiológicos

A mensuração da frequência cardíaca (FC) em cavalos pode ser efetuada facilmente, e tem grande valor para observação da função cardíaca sob condições de campo (MUKAI *et al.*,

2003). Neste experimento, é possível observar que os valores médios aumentam desde um valor de repouso de $46,01 \pm 5,65$ batimentos por minuto (bpm) a um valor médio de $96,69 \pm 13,76$ bpm, imediatamente após o exercício, reduzindo nas fases experimentais seguintes para $54,69 \pm 10,09$ bpm; $45,77 \pm 7,86$ bpm e $42,85 \pm 9,15$ bpm, com 15, 30 e 240 minutos após o fim da atividade física, respectivamente. Estes dados revelam uma rápida recuperação dos animais em relação ao tempo de repouso, o que caracteriza que os animais utilizados na simulação estavam bem condicionados para o tipo de exercício que desenvolviam. As FC diferem estatisticamente ($P < 0,05$) nas fases T0 e T15, já no pré-teste, T30 e T240 são semelhantes, todavia os valores do pré-teste, T30 e T240 são semelhantes.

Um coração bem condicionado de um cavalo de enduro pode reduzir a frequência de 100 batimentos por minuto (bpm) para 60 – 70bpm após 10 minutos de repouso (COSTA *et al*, 2001). A redução da FC para 54,69 bpm após 15 minutos de descanso no atual trabalho, indica o bom preparo dos animais desafiados. A taxa de batimentos cardíacos decresce rapidamente (poucos segundos) após a maioria dos exercícios, por este motivo a FC aferida no pós-exercício não é um indicador preciso do número real de batimentos cardíacos durante a prova, subestimando o valor de energia gasta, bem como do consumo de O₂ (NCR, 2007).

No presente experimento, a média de batimentos cardíacos por minuto ao fim do percurso foi de 96,69 bpm, quando se avaliou os dois grupos de equinos marchadores juntamente e com isso é possível estimar a intensidade do trabalho, o consumo de oxigênio e a energia utilizada para realização de exercício em equinos, baseando-se na taxa de batimentos cardíacos durante a atividade física. Neste caso, a equação $0,833 \times \text{bpm} - 54,7$ evidencia o consumo de oxigênio (mL O₂/Kg BW/min) (NCR, 2007). Utilizando-se a fórmula citada no NRC (2007), estimou-se que os animais desafiados consumiram em média 23,94ml O₂/kg BW/min e utilizaram aproximadamente 63,84kcal/min de energia, em média, para os cavalo marchadores.

Quando aferida imediatamente após o exercício, a frequência respiratória difere estatisticamente ($P < 0,05$) das demais. Um dos fenômenos mais característicos do esforço é o aceleração da atividade respiratória do animal, que tem como consequência o aumento da ventilação pulmonar e da oferta de oxigênio ao organismo (BACILA, 2003). A FR em torno de 100 movimentos por minuto no T0 indica que o exercício do presente trabalho assemelha-se ao de média intensidade (NCR, 2007). A variação média da FR de todos os animais experimentados está apresentada na Figura 2, e os valores em separado para as marchas picada e batida são demonstrados na Figura 6b. Observando a variação na Figura 6b evidenciou-se, que deslocando-se a marcha picada, a FR é maior no T0 e no T30, porém é

estatisticamente semelhante ($P > 0,05$) as frequências observadas para cavalos de marcha batida nas fases experimentais T15 e T240.

4.4 Glucose e lactato

Os valores médios obtidos para GLU e LAC foram mais altos imediatamente após fim da simulação da prova de marcha (Figura 3), os quais foram 5,46 e 2,64 mmol/L, respectivamente. Os resultados encontrados para estas variáveis estão dentro dos valores relatados como seguros para aferição em aparelhos portáteis (EVANS, 1996; FRANKLIN & PELOSO, 2006; SILVERMAN & BIRKS, 2002; WATANABE *et al.*, 2006). Esses valores indicam, provavelmente, que os cavalos utilizados nessa simulação desenvolveram exercícios de média intensidade com baixo acúmulo de lactato e aumento na disponibilidade da glucose a partir das reservas corporais.

Ao fim da atividade física (T0), a concentração média de GLU mostrou-se aumentada, corroborando com o trabalho de Balarin e colaboradores (2005), que observaram uma elevação de glucose plasmática para os exercícios de trote e galope, relacionando esse aumento a uma maior requisição pelos tecidos. O aumento da GLU no plasma é diretamente proporcional à intensidade do exercício (OROZCO *et al.*, 2007).

Em cavalos, a concentração de GLU plasmática aumenta durante o exercício moderado ou intenso (35 - 50% de VO_{2max}) (FARRIS *et al.*, 1995), evidenciando assim um aumento da gliconeogênese frente ao maior requerimento energético para a manutenção da atividade muscular (RIBEIRO *et al.*, 2004). É possível observar na Figura 3 que o valor médio de GLU no plasma reduziu à medida que aumentou o período de repouso, mesmo quando os animais recebem alimentos entre as fases experimentais T30 e T240. Esta variação mostra que a redução da atividade muscular diminuiu a liberação de GLU para o sangue.

Para cavalos em repouso, o valor de GLU encontrado foi semelhante ao resultado relatado no trabalho de Mohri e colaboradores (2004), quando avaliaram cavalos da raça Akhal-Teke, obtendo o valor de $4,92 \pm 0,63$ mmol/L. Porém foi cerca de 35% mais elevado que o resultado relatado por Sako e colaboradores (2007), quando avaliaram cavalos da raça Puro Sangue de Corrida. O valor inferior encontrado por Sako e colaboradores (2007), pode ter se devido ao uso da heparina como anticoagulante, o que não é ideal para mensuração de glucose. A mensuração de glucose requer a coleta de amostra em tubos contendo fluoretos (geralmente o oxalato), pois bloqueiam a glicólise nas hemácias, evitando o consumo de glucose da amostra (KERR, 2003). No presente experimento foi utilizado este tipo de tubo.

Aferindo níveis plasmáticos de GLU ao fim da atividade física, Stefanon e colaboradores (1999), encontraram resultados mais altos em cavalos de trote trabalhados em exercício intenso, quando comparados com animais que realizaram atividade de baixa intensidade. Nesse mesmo trabalho, o pico foi observado 15 minutos após o fim do exercício, o que difere do resultado encontrado no atual experimento, onde o maior índice foi obtido ao fim da simulação. Isso pode ser devido à variação do condicionamento físico do animal e/ou da intensidade de exercício, alterando o início da gliconeogênese.

Os valores de LAC não foram medidos no pré-teste nem no T240, pois os baixos níveis plasmáticos nesses períodos não permitem uma aferição segura pelo aparelho portátil utilizado no presente experimento (FRANKLIN & PELOSO, 2006). Em condições de repouso, uma pequena quantidade de lactato está presente no sangue (CASSOU et al, 2008). O LAC aumenta no plasma devido à difusão e/ou transporte ativo do músculo esquelético em atividade (HODGSN & ROSE, 1994). O ponto de mudança de aerobiose para anaerobiose é por volta de 4,0 mmol/L de lactato (CASSOU et al, 2008). Kinderman e colaboradores (1979) relatam que valores de lactato plasmático até 2mmol/L representam o limiar de trabalho aeróbico, e que a faixa entre 2 a 4mmol/L compreende o período de transição entre trabalho muscular aeróbico e anaeróbico. No presente ensaio, os animais apresentaram um nível plasmático médio de $2,64 \pm 0,4$ mmol/L ao fim do exercício, estando estes, portanto, em transição de atividade muscular aeróbica para anaeróbica.

O valor médio mais alto para LAC foi encontrado ao fim da simulação, corroborando com Souza e colaboradores (2008), os quais observaram que o pico de LAC sérico dos animais que treinam curtas distâncias, ocorreu logo após o exercício. Watanabe e colaboradores (2006), avaliando cavalos da raça Árabe em crescentes velocidades, observaram um aumento nos níveis plasmáticos de LAC cinco minutos após o fim do exercício. Esses autores relatam que o fato se deve ao marcado fluxo de lactato do músculo para a corrente sanguínea, mesmo após o término da atividade física. Em contrapartida, no presente experimento, ocorreu a regressão dos níveis de LAC nos períodos T15 e T30, pois a produção foi inferior a de depuração (FRANKLIN & PELOSO, 2006). Esta variação mostra que não houve produção intensa de ácido láctico ao longo das fases T0 a T240 nos animais do presente estudo, e que houve uma rápida remoção da circulação, uma adaptação de animais com bom preparo físico (VÄIHKÖNEN & PÖSÖ, 1998), prevenindo a fadiga (JUEL, 1997).

A quantidade de LAC aferida no T0, que foi de $2,64 \pm 0,4$ mmol/L, é muito inferior a obtida por Mukai e colaboradores (2007) para cavalos PSI, que foi de $22,5 \pm 0,6$ mmol/L. Tal diferença de valores reflete o caminho metabólico utilizado pelos animais para a realização

diferentes intensidades de exercício, sendo a simulação da prova de marcha predominantemente aeróbica e a corrida de 1200 metros, anaeróbica (HODGSON & ROSE, 1994).

Medindo LAC em cavalos que competiam em concurso completo de equitação (CCE), Gomide e colaboradores (2006) obtiveram o valor de $6,95 \pm 1,54$ mmol/L, após a primeira fase da prova. Este resultado está acima do obtido aqui, para cavalos Mangalarga Marchador, o que indica um esforço menor para a realização de provas de marcha em detrimento de CCE.

4.5 Hematócrito, proteína plasmática total e albumina

Os valores médios encontrados para proteína plasmática total e hematócrito mostraram variações estatisticamente significantes ($P < 0,05$) ao longo das fases da simulação, já a albumina não alterou significativamente ($P > 0,05$). O comportamento dos níveis do HT, bem como da PPT e da ALB observado no presente experimento encontram-se demonstrados nas Figuras 4 e 5, respectivamente. A elevação da PPT e do HT imediatamente após o exercício deve-se a hemoconcentração devido ao esforço físico, todavia a elevação no T240 desses parâmetros não está bem esclarecida, mas pode estar associadas a uma nova hemoconcentração mesmo com os animais tendo livre acesso à água e a forragens verdes.

As variáveis HT e PPT tiveram correlação positiva ($R = 0,40$; $P < 0,05$), concordando com resultados descritos por Teixeira Neto e colaboradores (2004). Semelhantemente, FC e FR se correlacionaram positivamente com o HT ($R_{HT/FC} = 0,65$; $P < 0,05$ e $R_{HT/FR} = 0,56$; $P < 0,05$). A correlação positiva entre FC e HT também foi descrita no trabalho de Piccione e colaboradores (2007).

O percentual médio de HT encontrado no presente estudo, $31,15\% \pm 3,78$ para animais em repouso, foi mais baixo que os encontrados por Teixeira Neto e colaboradores (2004) nos equinos da raça Puro Sangue Árabe (PSA) treinados para enduro, bem como o encontrado para éguas de reprodução, porém vazias, da raça Brasileiro de Hipismo (BH) (OROZCO *et al.*, 2007), os quais foram de $37,7\%$ e $36,7\%$, respectivamente.

Tomando como base os valores médios dos animais em repouso, a taxa de elevação após a atividade física para HT e PPT foram de $27,5\%$ e $9,9\%$, respectivamente. A elevação significativa ($P < 0,05$) no T0 do HT e da PPT corrobora com os trabalhos de diversos autores (BELLI *et al.*, 2008; PUOLI FILHO *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2005, SANTOS, 2006). Os pesquisadores citados anteriormente afirmam que tal elevação desses parâmetros deve-se à

contração esplênica e desidratação pós-exercício. Teixeira Neto e colaboradores (2004) também relacionam o aumento nas PPT com a desidratação.

O aumento no valor do HT indica uma significativa hemoconcentração, ainda podendo ser atribuída à mobilização da reserva de eritrócitos do baço, destinada a favorecer a capacidade transportadora de oxigênio do sangue para satisfazer a maior demanda metabólica promovida pelo aumento do trabalho muscular (PEREZ *et al.*, 1997; PUOLI FILHO *et al.*, 2007, SANTOS, 2006).

A elevação média de 9,9% na PPT indica uma leve desidratação dos animais (MARTINS *et al.*, 2005; SANTOS, 2006). Existe uma interação significativa entre o condicionamento físico e o tempo de duração do exercício de alta intensidade para que ocorra elevação de proteínas plasmáticas totais. O condicionamento promove uma redução na concentração de PPT durante o repouso no final em atividade de alta intensidade (HINCHCLIFF *et al.*, 2002). No presente estudo observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) entre o momento pré-teste e o fim da atividade física, o que corrobora com diversos autores (PEREZ *et al.*, 1997; MARTINS *et al.*, 2005). Puoli Filho e colaboradores (2007) também obtiveram aumento significativo da PPT após exercício de resistência. Os autores citados relacionam tal alteração à desidratação no pós-exercício.

Com 15 e 30 minutos de repouso (T15 e T30), a PPT apresentou um declínio, porém o valor encontrado no T240 é estatisticamente semelhante ao T0. Da mesma forma o HT decresceu nos períodos T15 e T30 e tornou a subir no T240, podendo isto estar relacionado a uma exaustão pós-exercício, que ocorre mesmo em animais que ingerem água durante o repouso. Os resultados demonstraram que esse grupo de animais pode necessitar de suporte extra de fluidos e eletrólitos mesmo tendo livre acesso a água, evitando assim a instalação de síndrome de exaustão, principalmente em dias quentes e de competição (TAYLOR, 1996).

Apesar da variação estatisticamente significante nas PPT, a albumina manteve-se inalterada, discordando do descrito por Belli e colaboradores (2008), os quais afirmaram que ambas as variáveis aumentam com a desidratação e diminuição com a hidratação.

Seifi e colaboradores (2002) encontraram o valor de $45,25 \pm 10,6$ g/L de ALB para pôneis em repouso. O alto índice de albumina em pôneis está relacionado à necessidade de transportar maior teor de lipídeos via corrente sanguínea que, por intermédio da albumina sérica até o fígado e/ou outros tecidos metabolicamente ativos (FERNANDES *et al.*, 2001; DURHAM, 2006). Cavalos da raça Akhal-Teke com mais de cinco anos apresentaram nível médio de ALB de 43,34 g/L, sendo este resultado também maior que o obtido neste estudo

que foi de $27,23 \pm 8,56$ g/L no pré-teste. Essa variação está relacionada ao diferente metabolismo dos equinos aqui comparados (MOHRI *et al.*, 2004).

4.6 Enzimas

Para esta simulação de prova de marcha, a alteração não significativa ($P > 0,05$) das enzimas AST, CK e ALT se deve a um programa de treinamento adequado, ajustado ao condicionamento físico do animal e são condizentes com os dados da literatura pra cavalos sadios (DA CÁS *et al.*, 2000). Os valores obtidos aqui refletem a integridade muscular dos animais experimentados (PEREZ *et al.*, 1997; HARRIS *et al.*, 1998; RIBEIRO *et al.*, 2004). Além de confirmar a integridade muscular, os baixos valores AST e ALT denotam o bom funcionamento do fígado, órgão importante no metabolismo energético animal (KERR, 2003). Os valores de repouso (pré-teste) de todos os parâmetros avaliados neste ensaio estão presentes na Tabela 4, servindo como fonte de dados para posteriores pesquisas sobre esta raça.

Foi observada, na literatura consultada, uma grande variação dos valores basais das enzimas em cavalos, alterando conforme a raça e o local de experimentação. Tais diferenças podem dificultar a interpretação correta de resultados, tornando-se necessária a obtenção de valores regionais de referência (BALARIN *et al.*, 2005). Não foi encontrado na literatura nacional ou internacional nenhum trabalho que fizesse alusão ao comportamento enzimático no metabolismo energético de cavalos Mangalarga Marchador.

Teixeira Neto e Colaboradores (2004) observaram os valores de 4,3 e 5,6 $\mu\text{Kat/L}$ de CK em cavalos Árabes antes e após enduro de 70 km. Os mesmos autores relatam que os maiores valores foram encontrados em animais eliminados da prova. Tais valores são bastante superiores aos encontrados no presente experimento, que variaram de $0,71 \pm 0,516$ a $1,25 \pm 0,679$ $\mu\text{Kat/L}$.

Trabalhando com 17 cavalos Brasileiro de Hipismo, Santos (2006), não encontrou variação nas enzimas CK e AST em nenhum dos quatro tipos de exercícios impostos, sendo condizente com os achados do presente experimento. Por sua vez, Perez e colaboradores (1997), avaliando cavalos chilenos durante temporada de rodeio, observaram um aumento significativo na atividade da enzima CK quando compararam valores de repouso com valores pós-exercício, não corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Aferindo níveis sanguíneos das enzimas musculares de cavalos em repouso, da raça Quarto-de-Milha competindo em vaquejada, e de cavalos sem raça definida (S.R.D.)

trabalhando na tração de carroça, Câmara e Silva e colaboradores (2007) encontraram valores de CK de $1,34\pm 0,18$; $1,58\pm 0,28$ $\mu\text{Kat/L}$ e AST de $0,95\pm 0,35$; $0,84\pm 0,32$ $\mu\text{Kat/L}$, respectivamente. Os valores foram mais altos que os obtidos aqui para a CK ($0,71\pm 0,52$ $\mu\text{Kat/L}$), porém similares para AST ($0,84\pm 0,3$ $\mu\text{Kat/L}$). Por outro lado, valores de AST diversos foram obtidos por outros autores, chegando a ser até quatro vezes mais elevados que os obtidos neste ensaio (RIBEIRO *et al.*, 2004; PUOLI FILHO *et al.*, 2007; FRANCISCATO *et al.*, 2006; PEREZ *et al.*, 1997; MARTINS *et al.*, 2005; BALARIN *et al.*, 2005), mais uma vez indicando a importância de obter valores basais de referência.

Balarin e colaboradores (2005) observaram um aumento significativo de AST para machos e fêmeas da raça Puro Sangue Inglês, quando compararam o período antes e após 12 meses de treino diário, porém, essa enzima não sofre alterações significativas após o exercício de intensidade moderada para ambos os sexos, concordando com os obtidos no presente ensaio. Já a enzima CK diminuiu significativamente após o mesmo período de treino apenas para machos e apresentou aumento significativo após exercício teste, não alterando em nenhuma das duas fases nas fêmeas. Para essa simulação de prova de marcha foram avaliados em conjunto macho e fêmea, tal fato pode ter determinado o alto desvio padrão e o aumento não significante de CK. Entretanto, Balarin e colaboradores (2005) observaram aumento significativo na coleta imediatamente após o exercício teste, enquanto para simulação de prova de marcha, os valores mais altos de CK (porém não significantes; $P>0,05$) foram encontrados no T30.

Como já foi descrito, os valores de ALT não variaram significativamente ($P>0,05$) ao decorrer das fases de simulação. Avaliando cavalos da raça Árabe em prova de enduro, Puoli Filho e colaboradores (2007) não observaram alterações significativas nos valores de AST e ALT durante a execução de três anéis de 20 km cada, percorridos a uma velocidade de 17 km/h, concordando com o resultado do presente estudo. Os mesmos afirmam haver carência de informações a cerca do comportamento da enzima ALT em cavalos atletas, o que também foi observado na redação da revisão de literatura.

Os valores de ALT encontrados no presente estudo variaram de $0,082\pm 0,112$ a $0,111\pm 0,117$ $\mu\text{Kat/L}$. Este resultado não significativo ($P>0,05$) está demonstrado na Figura 7. O resultado mais baixo foi observado no T240 e o mais alto no T15. Estes resultados são inferiores ao descrito por Seifi e colaboradores (2002) que obteve $1,65\pm 0,73$ $\mu\text{Kat/L}$ e mais elevado que o encontrado por Puoli Filho e colaboradores (2007).

4.7 Uréia e Creatinina

Uréia e creatinina não apresentaram variações estatisticamente significantes ($P>0,05$), indicando uma boa função glomerular durante o experimento (KERR, 2003). Kerr e Snow (1983) afirmaram que os níveis séricos de uréia não alteram em animais desidratados (hemoconcentração), como observado no presente experimento.

Valores encontrados na literatura para essas duas variáveis são mais altos que os obtidos no presente experimento. O comportamento de UR e CN ao longo das fases da simulação encontra-se nas Figuras 8 e 9, respectivamente. Os resultados de UR são inferiores aos encontrados por Mohri e colaboradores (2004) quando analisaram 48 cavalos da raça Akhal-Teke clinicamente saudáveis, com idades variando entre um ano e meio a doze anos. Nesse ensaio, as médias encontradas para cavalos com menos de três anos, entre três e cinco anos e acima de cinco anos foram de $6,26\pm 0,92$; $5,94\pm 0,73$ e $6,44\pm 1,41$ $\mu\text{mol/L}$. Nogueira e colaboradores (2002), avaliando cavalos PSI, mensalmente durante seis meses, em exercícios progressivamente mais intensos, observaram um aumento na concentração de CN no soro dos animais, obtendo uma média final de 145 ± 3 $\mu\text{mol/L}$. Os animais deste estudo, que estavam treinados há mais de quatro meses e nos dois últimos meses haviam participado de competições oficiais de marcha, apresentaram um valor médio de $94,06\pm 30,55$ $\mu\text{mol/L}$, podendo isto ser relativo à diferença na quantidade de massa muscular das raças em questão (STOCKHAM, 1995).

Cardoso (2008), utilizando três métodos laboratoriais diferentes, obteve média de CN de $111,384\pm 30,05$ $\mu\text{mol/L}$. O referido autor trabalhou com cavalos da raça Mangalarga Marchador criados em um mesmo haras, adultos, hígidos de escore corporal três a quatro, porém não relatou o tipo de atividade dos animais. O resultado aqui obtido se aproxima do encontrado por Cardoso (2008).

Trabalhando com cavalos da raça Mangalarga, Árabe e SRD, em prova de enduro eqüestre com percurso de 30 km e velocidade média de 12 a 14 km/h, Fernandes e Larsson (2000) observaram um aumento significativo ao fim da prova nos teores de uréia, para a raça Mangalarga e SRD, e de creatinina para, Árabe, Mangalarga e SRD.

Oliveira e colaboradores (2002), avaliando cavalos sem raça definida alimentados com 6,0 kg de feno de *Coast cross* e 940g de farelo de soja por dia, observaram uma concentração sérica de uréia de 8,18mmol/L, cerca do dobro do valor encontrado no presente experimento. Ainda segundo os mesmos autores, este valor deve-se ao alto teor de proteína contida no

farelo de soja, podendo ser o manejo alimentar mais um motivo pelo qual exista grande variação deste composto, na literatura consultada.

4.8 Lipídeos

Não foram observadas alterações significantes ($P>0,05$) no metabolismo dos lipídeos dos animais testados neste experimento. Quando lipídeos são mobilizados da gordura de estoque, ocorre a liberação de ácidos graxos livres na circulação, sendo estes transportados via albumina sérica para o fígado e/ou tecidos metabolicamente ativos, para produção de energia (FERNANDES *et al.*, 2001). A variação não significativa de lipídeos, bem como da albumina, são indicativos de que durante as fases experimentais, os animais utilizaram pouca energia proveniente das gorduras de reserva. Este resultado pode dever-se à utilização de cavalos de elite em boas condições de treinamento ou ao diferente metabolismo na raça aqui testada.

Os lipídeos tendem a serem mais requisitados para a geração de energia em provas de longa duração (NCR, 2007). O comportamento dos lipídeos ao longo das fases experimentais está expresso nas Figuras 10 e 11. Os resultados encontrados para COL_T variaram de $1,77\pm 0,35$ a $1,89\pm 0,3$ mmol/L, já o COL_{HDL} apresentou valor máximo e mínimo de $1,27\pm 0,28$ e $1,08\pm 0,21$ mmol/L, respectivamente. Os valores de TRG variaram entre $0,2\pm 0,19$ e $0,31\pm 0,31$ mmol/L.

Trabalhando com pôneis saudáveis da raça Cáspio, alimentados apenas com pasto formado por variadas leguminosas e água *ad libitum*, Nazifi e colaboradores (2005) relataram que nestes animais a concentração de colesterol era mais alta que em cavalos Árabes, PSI e Standardbred. No presente trabalho os resultados encontrados para Mangalarga Marchador é cerca de 35% menor.

Após o treino, o uso de carboidrato como fonte de energia é diminuído, enquanto a contribuição de lipídeos é aumentada, o que é indicado por uma menor taxa de utilização de glicogênio muscular e uma diminuição na taxa de troca respiratória (GEOR *et al.*, 2002). Embora os valores de COL_T , COL_{HDL} , TRG tenham aumentado no pós-exercício em comparação ao pré-exercício, não houve diferença estatística entre as fases experimentais ($P>0,05$). Nosso resultado não corrobora com o descrito por Sloet Van Oldruitenborgh-Oosterban e colaboradores (2002), os quais observaram que a concentração de COL_T reduziu significativamente após o exercício em cavalos alimentados com dietas contendo 1,5% de extrato etéreo.

As concentrações plasmáticas observadas nos cavalos de marcha encontram-se dentro da variação normal descrita para cavalos adultos (PARRY, 2003). Também observa-se que as concentrações de COL_T , COL_{HDL} , TRG nos cavalos de marcha assemelham-se aos valores descritos para cavalos em repouso que recebem concentrados com 1,5% de extrato etéreo (GEELEN et al., 1999).

Os animais utilizados nesse experimento apresentavam percentual de gordura um pouco abaixo do que o descrito por Manso Filho e colaboradores (2008) para cavalos da raça Mangalarga Marchador, e mais alto do que o descrito pelos mesmos autores para cavalos utilizados em provas de vaquejada, indicando que as reservas de gordura eram boas e estavam dentro do esperado para animais atletas de marcha. Não foram observadas descrições literárias sobre a influência do percentual de gordura corporal nas concentração sérica de lipídeos.

O valor de TRG obtido no presente estudo foram: $0,2\pm 0,19$ mmol/L; $0,27\pm 0,1$ mmol/L; $0,31\pm 0,31$ mmol/L; $0,23\pm 0,17$ mmol/L e $0,29\pm 0,35$ mmol/L no pré-teste, T0, T15, T30 E T240, respectivamente. Tais concentrações são semelhantes às encontradas nos trabalhos de Perez e colaboradores (1997), Mohri e colaboradores (2004), e para Nazifi e colaboradores (2005), que foram $0,28\pm 0,16$; $0,26\pm 0,1$ e $0,21\pm 0,08$, para os autores citados, respectivamente.

4.9 Comparação entre os dois tipos de marcha

Nesse experimento foram utilizados 13 cavalos que deslocavam-se a uma velocidade média semelhante, porém utilizando andamentos diferentes. Dos animais utilizados, 9 eram de marcha picada e 4 de marcha batida. Esses grupos de animais não apresentavam diferenças na composição corporal ($P>0,05$), no entanto foi observado que a FC, FR, LAC e HT (Figuras 6a, 6b, 6c e 6d) apresentavam diferenças estatísticas ($P<0,05$) quando se realizou análise da variância para a comparação entre os dois tipos de marcha conforme a fase de avaliação. Nos demais parâmetros mensurados não foram observadas diferenças entre os dois tipos de marcha ($P>0,05$).

A velocidade de andamento do cavalo afeta o consumo de oxigênio, e por sua vez, o gasto de energia (NCR, 2007), então os cavalos buscam, naturalmente, velocidades preferenciais nas quais o custo do transporte é menor (HOYT E TAYLOR, 1981; WICKLER et al., 2002). Quando os animais deslocam-se à marcha, pode-se especular que eles estão deslocando-se ao passo muito estendido, com velocidades próximas ou superiores ao trote ordinário ou a andadura ordinária, e com isso há modificação no custo do transporte. Ficou

claro nesse experimento que os animais que deslocam-se à marcha picada possuem um custo de transporte superior os que deslocam-se à marcha batida, todavia ainda não está claro o motivo, mas provavelmente tal fato deva-se a uma maior quantidade de tríplexes apoios e, com isso, maior atrito durante o deslocamento a velocidades entre 3,1 e 3,9 Km/h. Foi demonstrado que o cavalo que se desloca à marcha picada possui maior número de tríplexes apoios quando comparado com a marcha batida (PROCÓPIO, 2004).

Baseando-se nestas informações e nas diferenças estatísticas observadas nos parâmetros FC, FR e LAC quando se comparou cavalos de marcha picada e batida, que deslocavam-se a uma velocidade média de 3,2 m/s, fica claro que marcha picada é energeticamente mais dispendiosa que a marcha batida. Essa diferença está em acordo com os estudos de Hoyt e Taylor (1981) e de Wickler et al. (2004), sobre a economia da locomoção, que demonstra que os cavalos podem gastar mais ou menos energia quando se locomovem e que a velocidade ideal ou de sua preferência pode variar conforme o animal e seu andamento. Então, como os cavalos de marcha picada deslocam-se com maiores frequências cardíacas, porém na mesma velocidade, pode-se afirmar que eles necessitam de mais energia para realizar o mesmo esforço quando comparado ao cavalo de marcha batida, que pode ser devido ao maior número de tríplexes apoios, e com isso maior atrito, ou mesmo que esses animais poderiam não estar se deslocando nas suas velocidades preferenciais.

Utilizando-se as informações obtidas pela avaliação da FC e a equação disponível no NRC (2007) observa-se que o consumo de oxigênio para a marcha picada foi de 26,97 O₂/kg BW/min e para marcha batida de 17,79mL O₂/kg BW/min. O gasto de energia, portanto, foi de 71,92Kcal/min e de 47,44Kcal/min, para as marchas picada e batida, respectivamente, evidenciando um maior gasto de energia dos animais que estão desenvolvendo a marcha picada. Esses valores também são confirmados pela maior produção de lactato ao final do exercício no grupo de marcha picada (Figura 6c).

Os resultados possuem uma implicação prática importante e indicam que poderá haver uma forma de treinar e arrazoar diferentemente esses grupos de animais com base no seu tipo de andamentos, já que os gastos de energia são diferentes mesmo com animais biometricamente semelhantes. Aparentemente os animais de marcha picada necessitam de mais tempo de preparação e treinamento para desenvolver a marcha de forma aeróbica quando comparado aos cavalos de marcha batida.

Tabela 1: Variações nas condições climáticas e na velocidade média da marcha durante a realização da simulação da prova de marcha no Haras Cascatinha (Camaragibe-PE).

Baterias	Temperatura (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Velocidade média (m/s)
1º dia/1ª bateria/manhã	28,37	59,55	3,4
1º dia/2ª bateria/tarde	27,41	63,33	3,0
Média 1º dia	27,89	61,44	3,2
2º dia/1ª bateria/manhã	26,90	79,33	3,2
2º dia/2ª bateria/tarde	26,65	79,33	3,2
Média 2º dia	26,77	79,33	3,2
Média geral	27,33	70,38	3,2

Tabela 2: Características biométricas dos animais experimentais .

Identificação	Idade (anos)	Sexo	Tipo de Marcha	Massa corporal (Kg)	MLG (Kg)	MG (Kg)	Gordura (%)	Capa de Gordura (cm)
Xingu	4	M	P	400,0	344,8	55,2	13,8	1,1
Navegador	4	M	B	418,0	354,4	63,6	15,2	1,4
Caxias	11	MC	P	415,0	365,5	49,5	11,9	0,7
Clemanceu	7	M	B	363,0	319,7	43,3	11,9	0,7
Laguna	14	MC	B	371,0	326,7	44,3	11,9	0,7
Azaléia	5	F	P	332,0	284,6	47,4	14,3	1,2
Godiva	4	F	P	352,0	311,7	40,3	11,5	0,6
Campanha	5	F	P	350,0	301,7	48,3	13,8	1,1
Zangão	7	MC	B	400,0	350,4	49,6	12,4	0,8
Graveto	5	M	P	385,0	335,5	49,5	12,9	0,9
Esbarro	6	M	P	357,0	302,7	54,3	15,2	1,4
Úrsula	6	F	P	417,0	349,6	67,4	16,2	1,6
Capitu	5	F	P	355,0	306,0	49,0	13,8	1,1
Médias	6,38	-	-	378,1	327,2	50,9	13,4	1,0

Observações: M=macho, MC=macho castrado, F=fêmea, P=marcha picada, B=marcha batida, MLG=massa livre de gordura; MG= massa de gordura.

Tabela 3: Medidas das composições corporais dos animais experimentais conforme o tipo de marcha.

Tipo de marcha	n	Massa corporal (Kg)	MLG (Kg)	MG (Kg)	Gordura (%)	Capa de gordura (cm)
Picada	9	373,667	322,456	51,211	13,711	1,078
Batida	4	388,000	337,800	50,200	12,850	0,900

Obs.: $P > 0,05$ pelo teste-T ; MLG=massa livre de gordura; MG= massa de gordura.

Tabela 4: Valor de repouso (pré-teste) das variáveis aferidas.

VARIÁVEL	VALOR BASAL	UNIDADE DE MEDIDA
FC	46,08 ($\pm 5,65$)	bpm
FR	21,92 ($\pm 7,24$)	rpm
Ht %	31,15 ($\pm 3,78$)	%
PPT g/L	64,69 ($\pm 3,04$)	g/L
ALB g/L	27,23 ($\pm 8,56$)	g/L
GLU	4,5 ($\pm 0,62$)	mmol/L
LAC	*	*
CK	0,71 ($\pm 0,51$)	uKat/L
AST	0,84 ($\pm 0,30$)	uKat/L
ALT	0,09 ($\pm 0,057$)	uKat/L
UR	4,15 ($\pm 1,41$)	mmol/L
CN	94,06 ($\pm 30,55$)	mmol/L
COL-T	1,78 ($\pm 0,35$)	mmol/L
COL-HDL	1,11 ($\pm 0,27$)	mmol/L
TRIGL	0,2 ($\pm 0,19$)	mmol/L

Obs.: pelo teste-T

*Variável não aferida no pré-teste

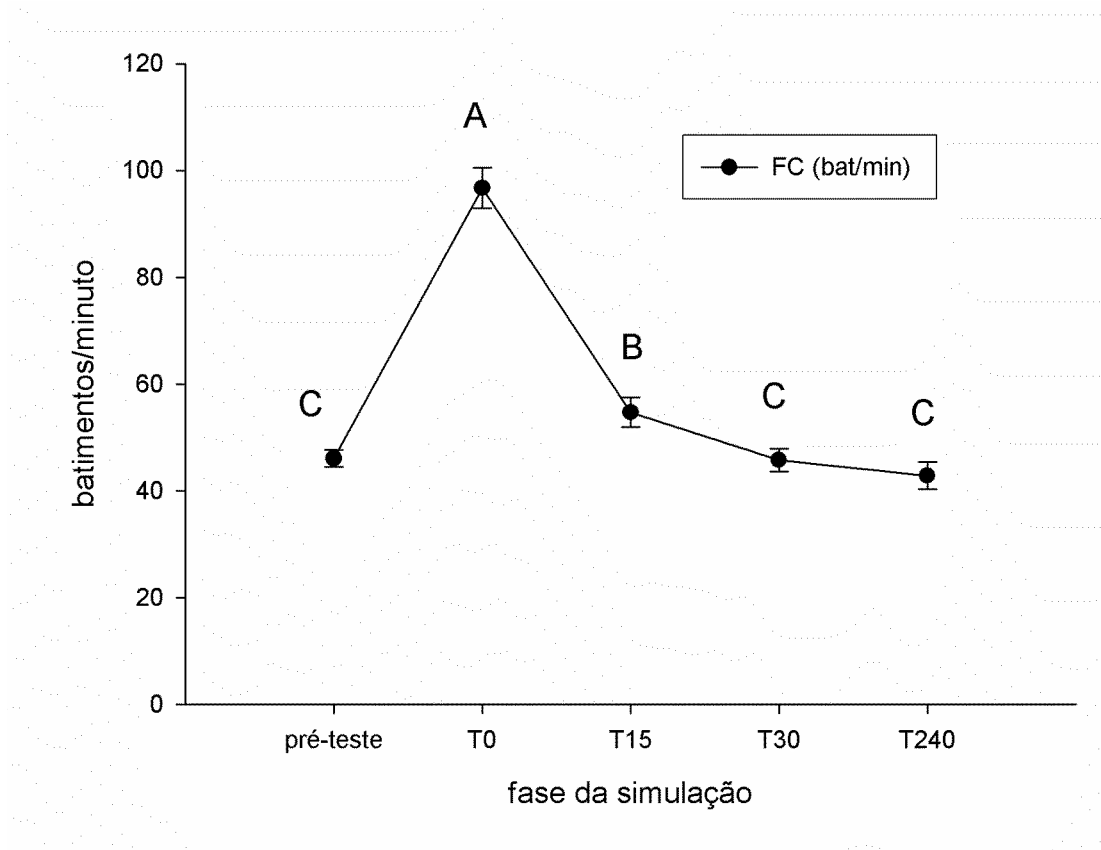


Figura 1: Variação na frequência cardíaca (FC) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

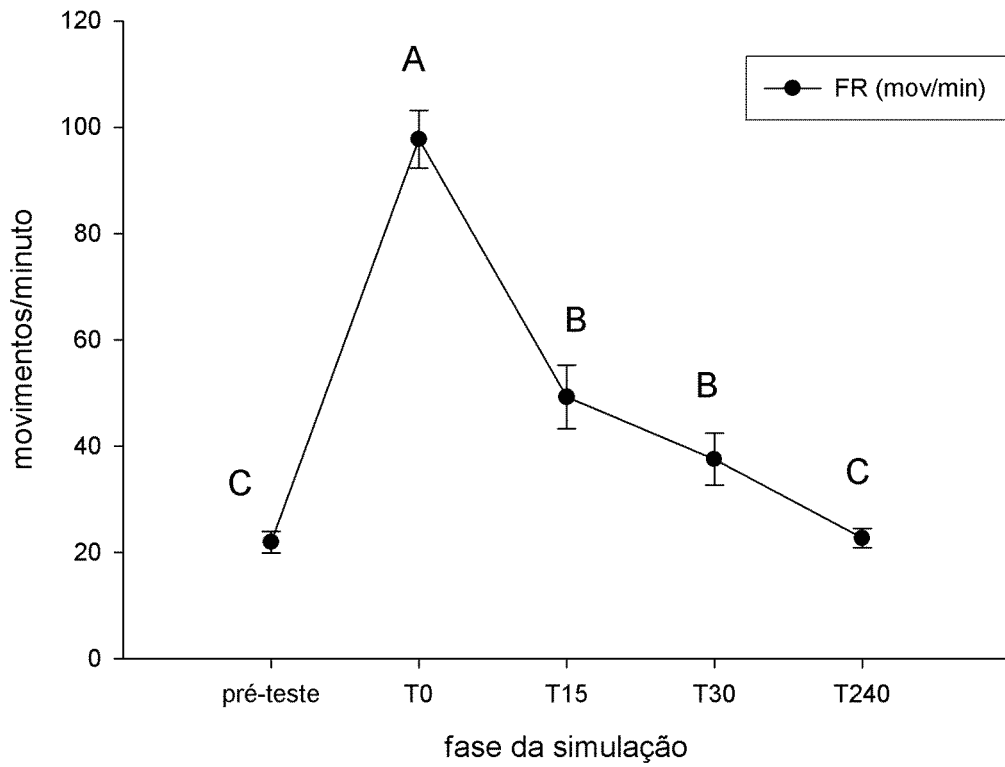


Figura 2: Variação na frequência respiratória (FR) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

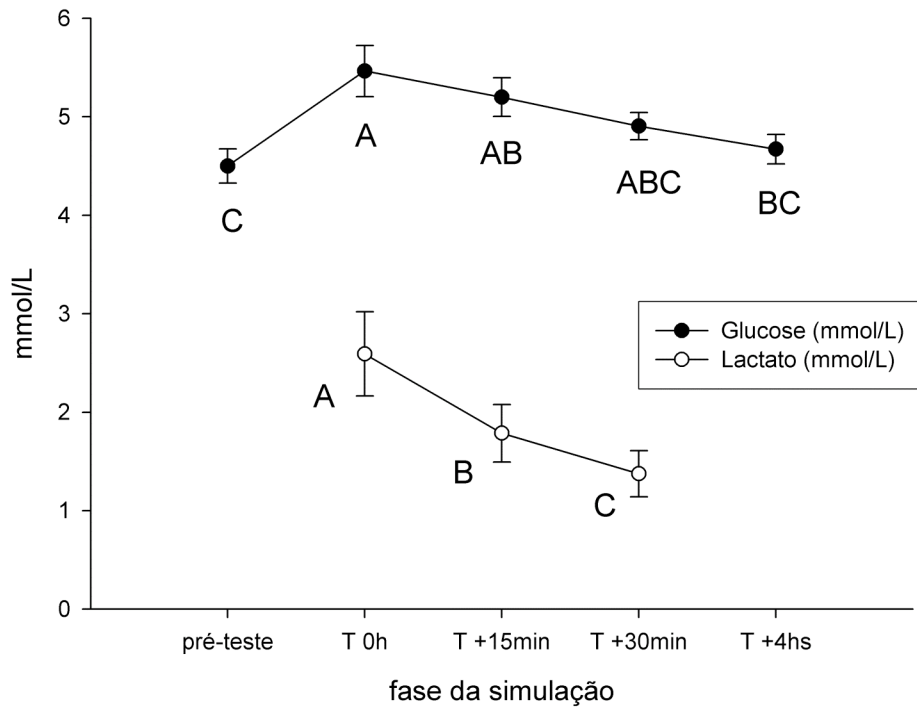


Figura 3: Variação na concentração plasmática da glucose (GLU) e do lactato (LAC) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

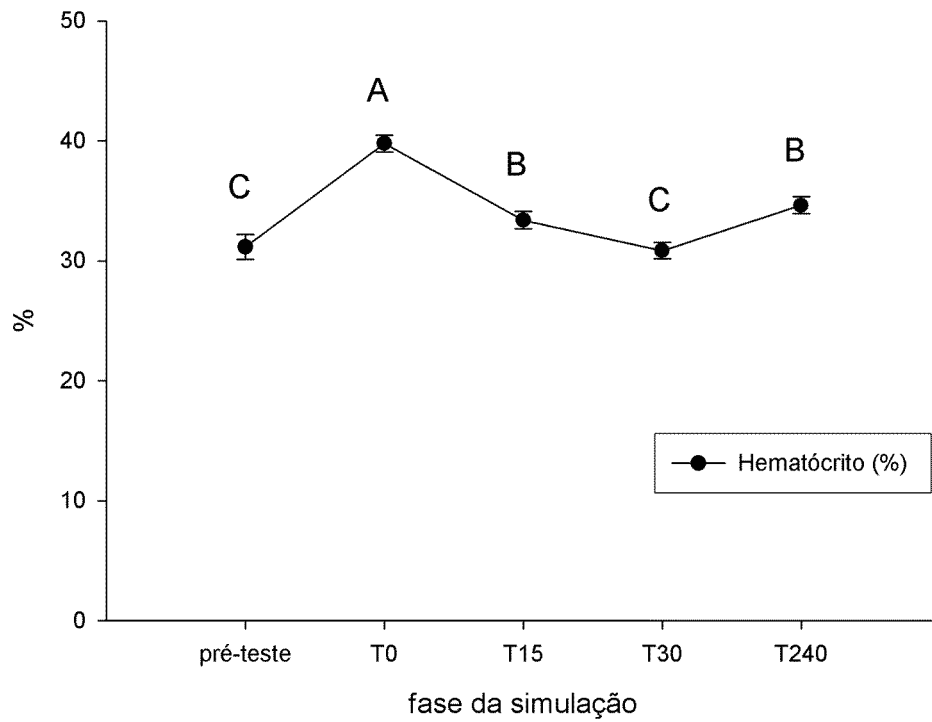


Figura 4: Variação na percentagem do hematócrito (HT) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

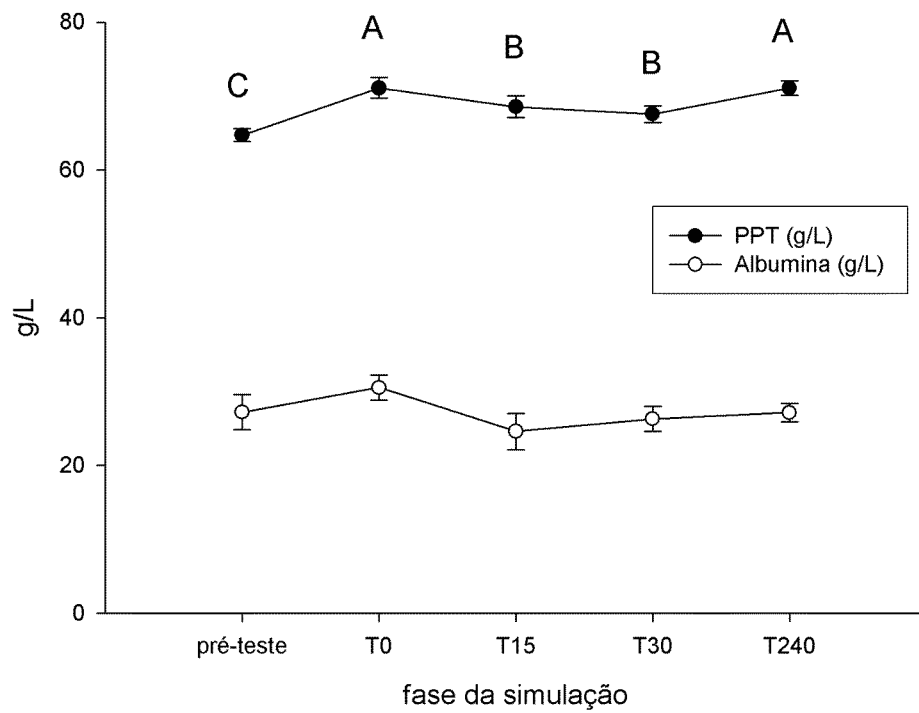


Figura 5: Variação na concentração das proteínas plasmáticas totais (PPT) e da albumina (ALB) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

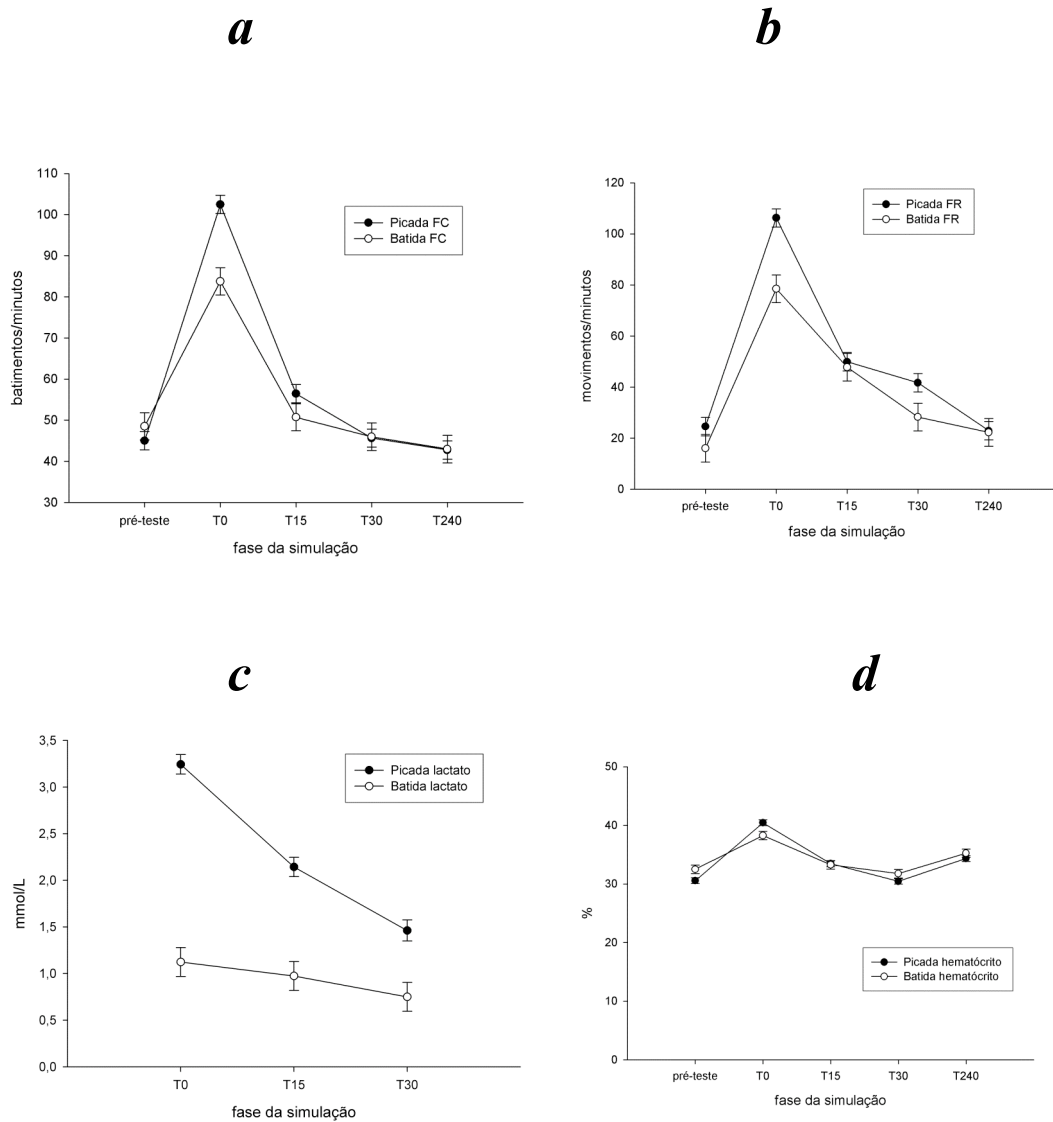


Figura 6: Variação na frequência cardíaca (FC) (**a**), na frequência respiratória (FR) (**b**), na concentração plasmática do lactato (LAC) (**c**) e na percentagem do hematócrito (HT) (**d**), conforme o tipo de marcha, de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observações: médias do grupo de marcha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo ANOVA com dois fatores (tipo de marcha e fase da simulação).

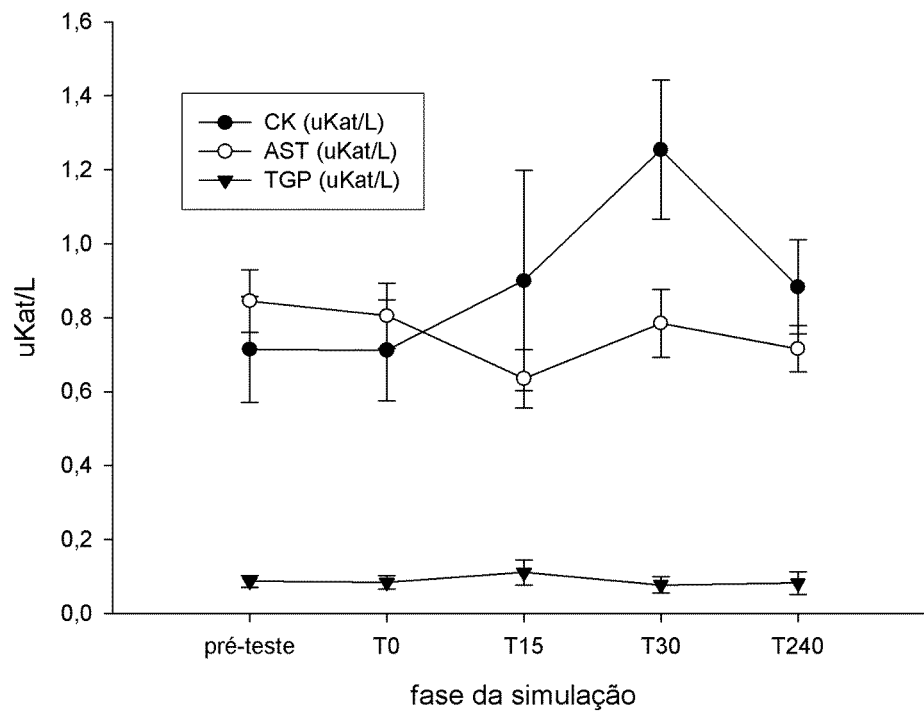


Figura 7: Variação na concentração sérica da creatina quinase (CK), aspartato aminotransferase (AST) e alanino aminotransferase (ALT*) de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *ALT é equivalente a TGP.

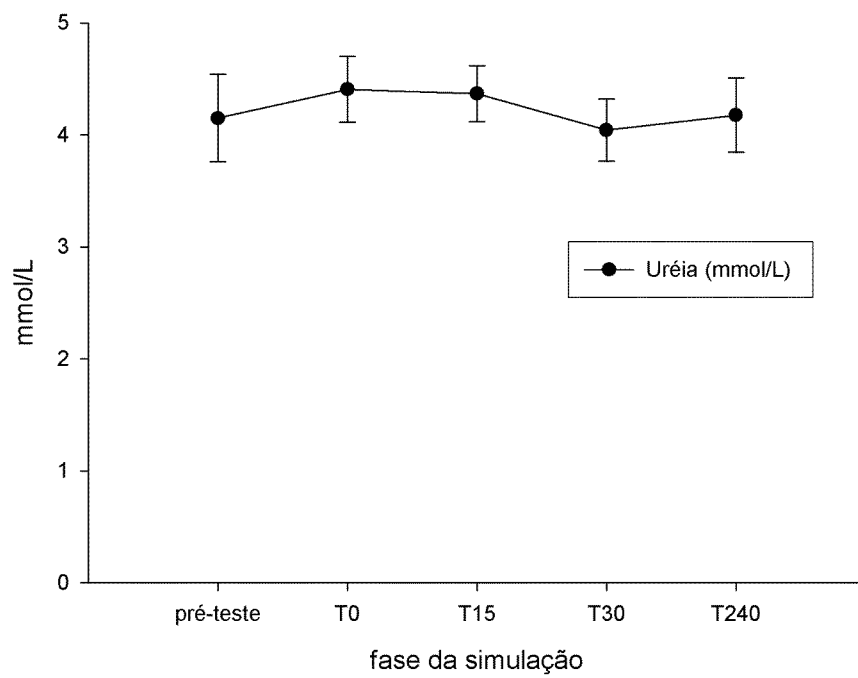


Figura 8: Variação na concentração da uréia (UR) sérica de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

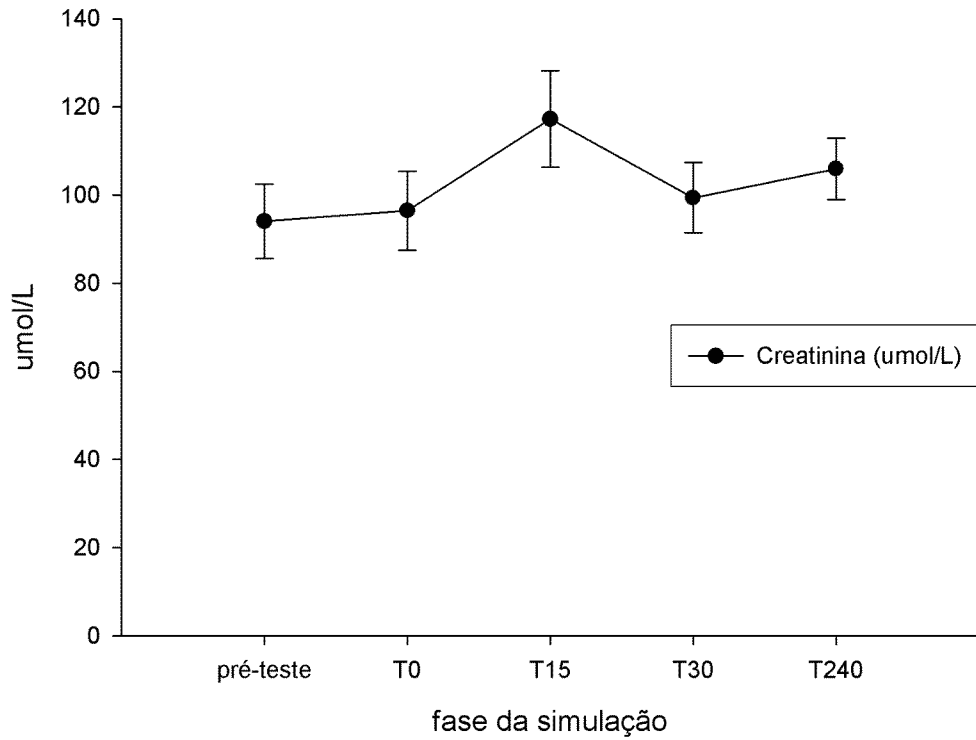


Figura 9: Variação na concentração da creatinina (CN) sérica de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

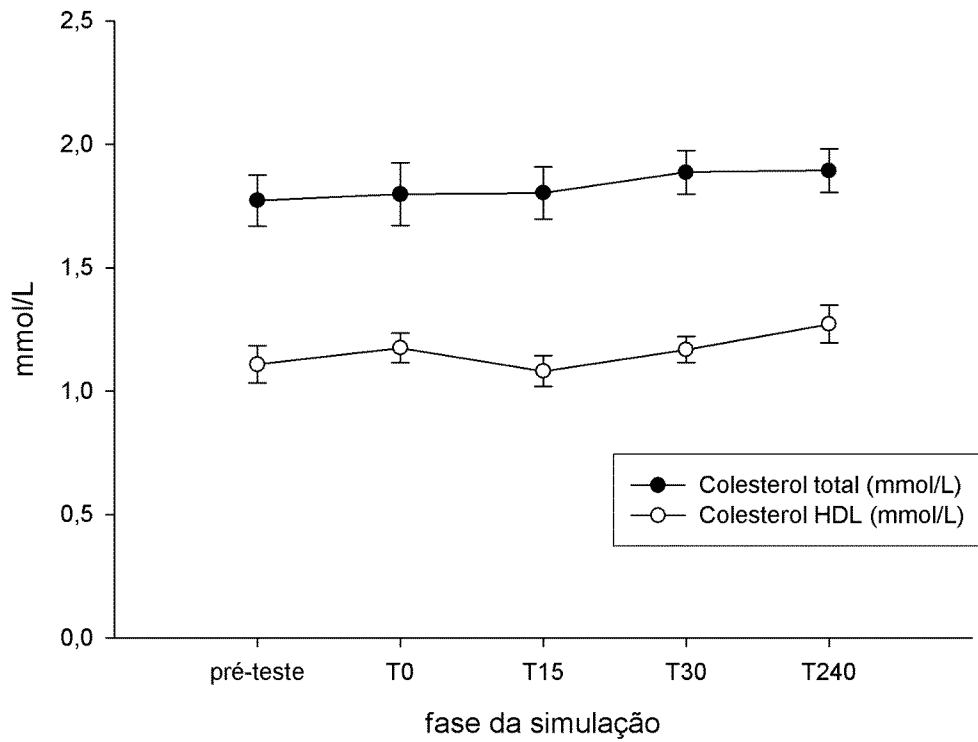


Figura 10: Variação na concentração do colesterol total (COL_T) e colesterol HDL (COL_{HDL}) séricos de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

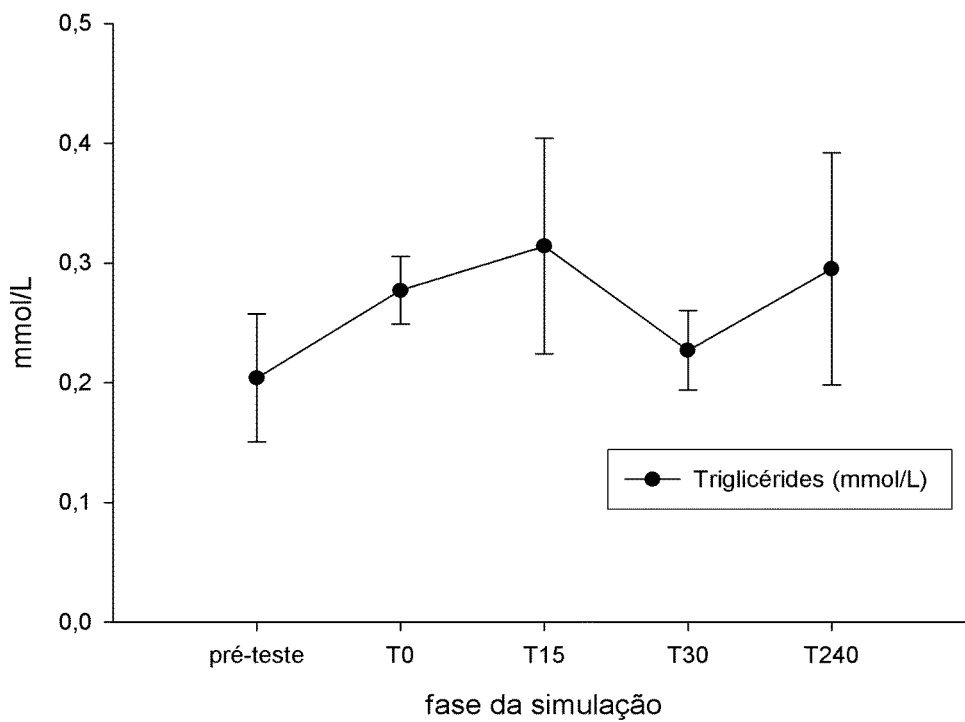


Figura 11: Variação na concentração de triglicérides (TRG) séricos de cavalos marchadores com os animais em jejum de 12 horas (pré-teste), imediatamente após o fim da simulação (T0) e com 15 (T15), 30 (T30) e 240 (T240) minutos de repouso após fim da simulação de prova de marcha. Observação: médias não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

1 - Deslocando-se à marcha (batida ou picada) cavalos apresentam modificações em importantes parâmetros fisiológicos associados ao metabolismo energético (FC, FR, GLU e LAC) e dos fluídos corporais (HT e PPT);

2 - A simulação não foi capaz de modificar as concentrações de enzimas associadas ao metabolismo muscular (CK, AST, ALT), dos compostos associados ao metabolismo protéico (ALB, UR, CN), nem de alguns lipídeos sanguíneos (COL_T, COL_{HDL} e TRG);

3 - A simulação de uma prova de marcha assemelha-se a um exercício de média intensidade e média duração, com baixa produção de lactato e significativo consumo de glucose;

4 - Mesmo com os animais tendo livre acesso à água durante a recuperação, ocorreu uma hemoconcentração no final do período de recuperação, indicativa de desidratação;

5 - Finalmente observou-se nesse estudo, que a marcha picada é energeticamente mais dispendiosa que a marcha batida, o que deverá ter implicações práticas nos programas de treinamento e arraçamento desses dois grupos de animais marchadores.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. Modalidades de marcha: estudos de andamentos em vídeo-tapes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CAVALO CAMPOLINA, 1º, 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.], 1993.

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

ARAI, T. et al. D-glucose transport and glycolytic enzyme activities in erythrocytes of dogs, pigs, cats, horses, cattle and sheep. **Research in Veterinary Science**, London, v.58, p.195-196, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DO CAVALO MANGALARGA MARCHADOR – ABCCMM. **Estatuto**. Belo Horizonte, 1992. 89p.

BACILA, M. Músculo e contração muscular. In: _____ **Bioquímica veterinária**. 2.ed. São Paulo: Ed. Robe, 2003. 583p.

BELLI, C. B. et al. Solução concentrada de albumina eqüina na fluidoterapia em equinos com desidratação leve a moderada. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.60, n.1, p.30-35, 2008.

BALARIN, M. R. S. et al. Avaliação da glicemia e da atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase, gama-glutamyltransferase e lactato desidrogenase em equinos Puro Sangue Inglês (PSI) submetidos a exercícios de diferentes intensidades. **Ciências Agrárias**. Londrina, v.26, n.2, p.211-218, abr./jun. 2005.

CABRAL, G. C. et al. Avaliação morfométrica de eqüinos da raça Mangalarga Marchador: medidas angulares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1798-1805, nov./dez., 2004. Suplemento.

CÂMARA E SILVA, I. A. et al. Determinação das atividades séricas de creatina quinase, lactato desidrogenase e aspartato aminotransferase em equinos de diferentes categorias de atividades. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.1, p.250-252, 2007.

CARDINET III, G. H. Skeletal muscle function. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5.ed. San Diego: Academic, 1997.

CARDOSO, C. A. **Comparação de kits comerciais na dosagem de constituintes bioquímicos do sangue em equinos hípidos**. 2008. 123p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

CASSOU, F. et al. Concentrações de lactato sanguíneo em cavalos psi durante treinamento com velocidade progressiva. CONFERÊNCIA ANUAL ABRAVEQ, 9., CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 4., 2008, São Paulo. **Anais...** [1 CD ROM], São Paulo: FEI/CBH, 2008.

CHANEY, K. et al. Effect of induced lameness via carpal osteochondral fragmentation on plasma creatine kinase activity in horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, Wildomar, v.24, n.12, p.531-534, 2004.

COMIS, M. B. **Influência do tempo e temperatura sobre a estabilidade de constituintes do soro e plasma de equinos Mangalarga Marchador**. 2006. 111p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária).

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). Estudo do agronegócio cavalo no Brasil. Brasília, DF: ESALQ, 2006. 68p.

COPPO, J. A. **Fisiologia comparada del medio interno**. Buenos Aires, Editora Dunken, 2001.

COSTA, H. E.; MANSO FILHO, H. C.; FERREIRA, L. M. **Exterior e treinamento do cavalo**. Recife: UFRPE, 2001.

COSTA, J. A. B.; CAIADO, J. R. C.; COSTA, H. G. Julgamento de equinos da raça Mangalarga Marchador: uma análise multicritério. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: [s.n.], 2003.

COSTA, M. D. et al. Estudo da subdivisão genética da raça Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.57, n.2, p.272-280, 2005.

COUROUCÉ, A. Endurance and sprint training. In: CONFERENCE ON EQUINE SPORTS MEDICINE AND SCIENCE, 1998, Cordoba. **Anais...** Cordoba: [s.n.], 1998. p.190-202.

CUSTALOW, S.E. et al. Lactate and glucose responses to exercise in the horse are affected by training and dietary fat. EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 13. 1993, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: editora, 1993. p.179.

DA CÁ, E. L. et al. Concentração sérica das enzimas creatinaquinase, aspartato aminotransferase e desidrogenase láctica em equinos da raça Crioula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.625-629, 2000.

DAVIE, A. J. et al. Effect of muscle glycogen depletion on some metabolic and physiological responses to submaximal treadmill exercise. **Canadian Journal of Veterinary Research**, Ottawa, v.63, p.241-247, 1999.

DEMONCEAU, T. Particularidades do cavalo atleta. **Revista Brasileira de Medicina Equina**, v.2, n.9, p.32, jan./fev., 2007.

DI FILIPPO, P. A.; SANTANA, A. E. Atividades séricas das enzimas aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase em equinos com cólica. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.9, n.4, p.1138-1143, out./dez. 2008.

DURHAM, A. E. Clinical application of parenteral nutrition in the treatment of five ponies and one donkey with hyperlipaemia. **Veterinary Record**, London. v. 158, n.5, p 159 – 164, 2006.

EATON, M. D. et al. Maximal accumulated oxygen deficit in Thoroughbred horses. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.78, 1564 – 1568, 1995.

ETO, D. et al. Effect of three kinds of severe repeated exercises on a treadmill. **Journal of Equine Veterinary Science**, Wildomar, v.15, n.3, p. 61-65, 2004.

EVANS, D. L. et al. The effects of intensity and durations of training on blood lactate concentrations during and after exercise. **Equine Veterinary Journal**, London, v.18, p.422-425, 1995. Supplement.

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

FALASCHINI, A.; TROMBETTA, M. F. Modifications induced by training and diet in some exercise-related blood parameters in young trotters. **Journal of Equine Veterinary Science**, Wildomar, v.21, n.12, p.601-604, 2001.

FARRIS, J. W. et al. Glucose infusion increases maximal duration of prolonged treadmill exercise in Standardbred horses. **Equine Veterinary Journal**, London, n.18, p. 357 – 361, 1995. Supplement.

FERNANDES, W. R. et al. Determinação dos níveis plasmáticos de triglicérides e colesterol total em pôneis da raça Brasileira. **A Hora Veterinária**, Porto Alegre, v.21, n. 121, p. 61- 64, 2001.

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

FERRAZ, G. C. et al. Blood lactate threshold reflects glucose responses in horses submitted to incremental exercise test. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.60, n.1, p.256-259, 2008.

FITZGERALD, B. P. et al. Potential signal mediating the maintenance of reproductive activity during the non-breeding season in mares. **Reproduction**, v.56, p. 11-129, 2002. Supplement.

FLAMINO, M. J. B. F.; RUSH, B. R. Fluid and electrolytes balance in endurance horses. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**. v.14, p.147-157, 1998.

FOREMAN, J. H. et al. Muscle responses of Thoroughbreds to conventional race training and detraining. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago. v.51, n.6, p.909-913, jun. 1990.

FRANCISCATO, C. et al. Atividade sérica das enzimas AST, CK e GGT em cavalos Crioulos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v.41, n.10, p.1561-1565, out. 2006.

FRANK, N.; SOJKA, J. E.; LATOUR, M. A. Effect of withholding feed on concentration and composition of plasma very low density lipoprotein and serum nonesterified fatty acids in horses. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, n.63, p.1018-1021, 2002.

FRANKLIN, R. P.; PELOSO, J. G. Review of the clinical use of lactate. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 52., 2006, San Antonio, **Anais...** San Antonio. [s.n.], 2006 .

FRAPE, D. L. Diet and exercise performance in the horse. **Proceedings of Nutrition Society**, v.53, n.1, p.189-206, 1994.

GEELLEN, S. N. J.; SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAN, M. M.; BEYNEN, A. C. Dietary fat supplementation and equine plasma lipid metabolism. **Equine Veterinary Journal**, London, v.30, p. 475 – 478, 1999.

GEOR, R. J. et al. Training-induced alterations in glucose metabolism during moderate-intensity exercise. **Equine Veterinary Journal**, London, v.34, p.22-28, 2002. Supplement.

GOLLNICK, P. D.; BAYLY, W. M.; HODGSON, D. R. Exercise intensity, training, diet and lactate concentration in muscle and blood. **Medicine Science Sports Exercise**, v.18, p.334-340, 1986.

GOMIDE, L. M. W. et al. Concentração sanguínea de lactato em equinos durante prova de fundo do concurso completo de equitação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.509-513, mar-abr, 2006.

GRIFFEL, M. I.; KAUFMAN, B. S. Pharmacology of colloids and crystalloids. **Critical Care Clinics**, v.8, p.235-253, 1992.

GUPTA, A. K. et al. Biochemical evaluation of thoroughbred horse infected with equine infectious anaemia. **Indian Veterinary Journal**, Maobras, n.73, p.509-512, 1996.

HARRIS, P. A.; MARLIN, D. J.; GRAY, J. Plasma aspartate aminotransferase and creatine kinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. **The Veterinary Journal**, London, v.155, p.295-304, 1998.

HINCHCLIFF, K. W. et al. High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses. **Equine Veterinary Journal**, London, v.34, n.1, p.9-16, jan, 2002.

HODGSON, D. R.; et al. Glycogen depletion patterns in horses competing in day 2 of three-day event. **Cornell Veterinarian**, Ithaca, v.75, n.2, p.366-374, 1985.

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

HOFFMAN, R. M. et al. Speed associated with plasma pH, oxygen content, total protein and urea in a 80 Km race. **Equine Veterinary Journal**, London, v.34, p.39-43, 2002. Supplement.

HOLLOSZY, J.O. et al. Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training. **Journal Applied Physiology**, Bethesda, v.60, p.562, 1986.

HOYT, D. F.; TAYLOR, C. R. Gait and energetic locomotion in horses. **Nature**, London, n292, p.239 – 240, 1981.

HOWARD, D. L., et al. Determinação plasmática de glucose, colesterol e triglicérides em potras sadias da raça Brasileiro de Hipismo. **Brazilian Journal Veterinary Res Animal Science**, São Paulo, v.44, n.6, p.454-458, 2007.

HUSSNI, C. A.; WISSDORF, H.; NICOLETTI, J. L. M. Variações da marcha em eqüinos da raça Mangalarga Marchador. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.26, n.1, p.91-95, 1996.

JOSE-CUNILLERAS, E.; HINCHCLIFF, K. W. Carbohydrate metabolism in exercising horses. **Equine and Comparative exercise Physiology**, v.1, n.1. p. 23-32, 2003.

JUEL, C. Lactate-proton cotransport in skeletal muscle. **Physiological Reviews**, Bethesda, v.77, n.2, p.321-358, Apr. 1997.

KEARNS, C. F. et al. Overview of horse body composition and muscle architecture: implication for performance. **The Veterinary Journal**, Journal, v.64, p.224-234, 2002.

KERR, M. G. **Exames laboratoriais em medicina veterinária: bioquímica clínica e hematologia**. 2.ed. São Paulo: Roca, 2003. 436p.

KERR, M. G.; SNOW, D. H. Plasma enzymes activities in endurance horses. In: SNOW, D. H.; PERSSON, S. G. B.; ROSE, R. J. Equine exercise physiology: **proceedings...** International Conference, 1. Cambridge, Granta Editions, p. 432-440, 1983.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobicanaerobictransition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal Applied Physiology**, v.42, n.25, 1979.

KING, A. The vet check. In: _____ Focus on endurance from equine research center. Ontário: University of Guelph, 1995.

KOBAYASHI, M. Simple lactate measurement in horses using a portable lactate analyzer with lancet skin puncture under field conditions. **Journal of Equine Science**, Tokyo, v.18, n.1, p.5-11, 2007.

KOBAYASHI, M.; KURIBARA, K.; AMADA, A. Application of V_{200} values for avaluation of training effects in the young Thoroughbred under field conditions. **Equine Veterinarian Journal**, v.30, p.159-162, 1999. Supplement.

KRONFELD, D. S. et al. Blood hydrogen iron lactate concentrations during strenuous exercise in the horse. **Equine Veterinary Journal**, London, v.18, p.266-269, 1995. Supplement.

LACERDA NETO, J. C.; MARQUES, L. C. Utilização de parâmetros clínicos e bioquímicos na avaliação de equinos submetidos a exercício de baixa intensidade e média duração. **Veterinária Notícia**, v.5, p.77-82, 1999.

LACERDA NETO, J. C. et al. Efeitos do resfriamento intermitente e de repositor eletrolítico sobre a osmolaridade e eletrólitos séricos de equinos submetidos a exercício de baixa intensidade. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.98, n.548, p. 189-195, 2003.

LACOMBE, V. A. et al. Exercise that induces substantial muscle glycogen depletion impair subsequent anaerobic capacity. **Equine Veterinary Journal**, London, v.30, p.293-297, 1999. Supplement.

LAWRENCE, L. M. et al. M. Effect of time of feeding on metabolic response to exercise. **Equine Veterinary Journal**, London, v.18, p.392-395. 1995. Supplement.

LEAF, A. D. Guía para el tratamiento de dislipidemias. Santa Fé de Bogot: D'Vinni Editorial Ltda. 1995. p.26 – 31.

LINDNER, A. Use of blood biochemistry for positive performance diagnosis of sports horses in practice. **Revue Médecine Vétérinaire**, Toulouse, v.151, n.7, p.611-618, 2000.

MacLEAY, J. M. et al. Effect of ration and exercise on plasma creatine kinase activity and lactate concentration in Thoroughbred horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. **American Journal of Veterinary Research**, Chicago, v.61, n.11, p.1390-1395, Nov., 2000.

MANSO FILHO, H. C. et al. Composição corporal do cavalo idoso. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006a., João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: [s.n.], 2006.

MANSO FILHO, H. C. et al. Avaliação da composição corporal de dois grupos de equinos atletas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006b., João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: [s.n.], 2006.

MANSO FILHO, H. C. et al. Percentagem de gordura em equinos de vaquejada e de marcha. In: CONFERÊNCIA ANUAL ABRAVEQ, 9., CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 4., 2008, São Paulo. **Anais...** [1 CD ROM], São Paulo: FEI/CBH, 2008.

MARTINS, C. B. et al. Determinação de valores bioquímicos em equinos antes e após a participação em prova de enduro. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Niterói, v.12, n.1/3, p.62-65, jan./dez., 2005.

McKEEVER, K. H. et al. Plasma constituents during incremental treadmill exercise in intact and splenectomized horses. **Equine Veterinary Journal**, London, v.25, n.3, p.233-236, May. 1993. Supplement.

McMIKEN, D. F. An energetic basis of equine performance. **Equine Veterinary Journal**, London, v.15, n.2, p.123 – 133, 1983.

MERINO, V. et al. Características metabólicas del músculo *Gluteus medius* de equinos mestizos con aptitud de tiro. **Archivo de Medicina Veterinaria**, Valdivia, v.30, n.2, 1998.

MOHRI, M.; SARDARI, K.; FARZANEH, N. Serum biochemistry of Iranian Turkmen (Akhal-Teke) horses. **Comparative Clinical Pathology**, v.13, p. 128-131, 2004.

MUKAI, K. et al. Influence of gender and racing performance on heart rates during submaximal exercise in Thoroughbred racehorses. **Journal of Equine Science**, Tokyo, v.14, p.93-96, 2003.

MUKAI, K. et al. Heart rate and blood lactate responses in Thoroughbred horse during a race. **Journal Equine Science**. v.18, p.153-160, 2007.

MUÑOZ, A. et al. Locomotor, cardiocirculatory and metabolic adaptations to training in Andalusian and Anglo-Arabian horses. **Research in Veterinary Science**, London, v.66, p.25-31, 1998.

MUÑOZ, A. et al. Effect of training duration and exercise on blood-borne substrate, plasma lactate and enzyme concentrations in Andalusian, Anglo-Arabian and Arabian breeds. **Equine Veterinary Journal**, London, 34, p. 245-251, 2002. Supplement.

NADEAU, J. A.; FRANK, N.; VALIPE, S. R.; ELLIOT, S. B. Blood lipid, glucose, and insulin concentrations in Morgan Horses and Thoroughbreds. **Journal of Equine Veterinary Science**, Wildomar, v.26, n.9, p.401-405, sept./ 2006.

NASCIMENTO, J. F. **Mangalarga Marchador**: tratado morfofuncional. Belo Horizonte: Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador, 1999. 577p.

NAYLOR, J. R. J. et al. Equine plasma and blood volumes decrease with dehydration but subsequently increase with exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.75, n.2, p.1002-1008, 1993.

NAZIFI, S.; SAEB, M.; RATEGH, S.; K, A. Serum lipids and lipoprotein in clinically healthy Caspian miniature horses. **Veterinarski Arhiv**, Zagreb, v.75, n.2, p.175-182, 2005.

Nutrient requirements of horses (NRC). 6. ed. rev. Washington, US, [s.n.], 2007, p. 22-26.

NOGUEIRA, G. P. et al. Serum cortisol, lactate and creatinine concentrations in Thoroughbred fillies of different ages and states of training. **Brazilian Journal Veterinary Animal Science**, São Paulo, v.39, n.1, p. 54-57, 2002.

OLIVEIRA, L. A. et al. Estudo de respostas fisiológicas de equinos sem raça defidida e da raça Quarto-de-milha às condições climáticas de Teresina, Piauí. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.9, n.4, p.827-838, out./dez. 2008.

OLIVEIRA, G. J. C. et al. Influência da pectina sobre parâmetros fisiológicos em equinos. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, n.4, p.858-864, jul/ago, 2002.

ORME, C. E.; HARRIS, R. C.; MARLIN, D. J. Effect of elevated plasma FFA on fat utilization during low intensity exercise. **Equine Veterinary Journal**, London, v.18, p.199-204, 1995.

OROZCO, C. A. G. et al. Alteraciones metabólicas durante entrenamiento em equinos de la raza Pura Sangre Árabe. **Revista de Medicina Veterinária**, Colômbia, n.13, Colômbia, p. 77-82, enero/junio, 2007.

PARRY, B. Normal clinical pathology data. In: ROBINSON, N. **Current therapy in equine medicine**, Saint Luis: Saunders, 2003. p.870-886.

PEREZ, R. et al. Actividad física y câmbios cardiovasculares y bioquímicos del caballo chileno a la competência de rodeo. **Archivos de Medicina Veterinária**, Valdivia, v.29, n. 2, 1997.

PICCIONE, G. et al. Haematological response to diferent workload in jumper horses. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, v.10, n.4, p.21-28, 2007.

PICCIONE, G. et al. Nitrogenous metabolism in Thoroughbred and Arabian foals from birth to five months of age. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.4, p.525-529, 2006.

PÖSÖ, A. R. Monocarboxylate Transporters and lactate metabolism in equine athletes: A review. **Acta Veterinaria Scandinavica**, Compenhagem, v.43, n.2, p.63-74, 2002.

PROCÓPIO, A. M. **Análise cinemática da locomoção de equinos marchadores**. 2004. Tese. 91p. (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PROCÓPIO, A. M. et al. Curvas ângulo-tempo das articulações dos equinos marchadores. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.1, p.41-48, 2007.

PROCTER, R. C. et al. Efficiency of work horses of different ages and body weights. **Univ. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.** 209, 1934.

PUOLI FILHO, J. N. P. et al. Parâmetros fisiológicos do desempenho de cavalos de alta performance hidratados voluntariamente com água ou soluções isotônicas contendo carboidrato. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, São Paulo, v.44, n.2, p.122-131, 2007.

RANDLE, P. J. Fuel selection in animals. **Biochemical Society Transactions**. v.14, p.799-806, 1986.

REZENDE, A. S. C. et al. Efeito de dois diferentes programas nutricionais sobre o desenvolvimento corporal de protros Mangalarga Marchador. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v.29, n.2, p.495-501, 2000.

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

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

RIDGWAY, K. J. Thermoregulation and electrolyte management in the endurance horse. **Equine Research Center**, Ontario: University of Guelph, 1995, p.8-9.

RONÉUS, M. et al. Skeletal muscle characteristics in red blood cell normovolaemic and hypervolaemic Standardbred racehorse. **Equine Veterinary Journal**, London, v.26, n.4, p.319-322, july, 1994.

ROSE, R. J. et al. Plasma biochemistry in the horse during 3-day event competition. **Equine Veterinary Journal**, London, v.12, n.3, p.132-136, 1980.

ROSE, R. J. et al. Responses to submaximal treadmill exercise in the horses: changes in hematology, arterial blood gas and acid base measurements, plasma biochemical values, and heart rate. **Veterinary Record**, London, v.113, n.26-27, p.612-618, 1983.

SAMPAIO, I. B. M. Estatística Aplicada à experimentação animal. 3.ed. Belo Horizonte: Editora FEPMVZ – Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2007. 265p.

SAKO, T. et al. Comparison of plasma metabolite concentrations and lactate dehydrogenase activity in dogs, cats, horses, cattle and sheep. **Veterinary Research Communications**, Amsterdam, n.31, p. 413-417, 2007.

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

SCILIANO, P. D. et al. Effect of conditioning and exercise type on serum creatinina kinase and aspartate aminotransferase activity. **Equine Veterinary Journal**, London, v.18, p. 243-247, 1995. Supplement.

SCHOTT, H. C.; HINCHCLIFF, K. W. Fluids, electrolytes, and bicarbonate. **Veterinary Clinics of North American: equine practice**, v.9, p.577-604, 1993.

SEEHERMAN, H. J.; MORRIS, E.; O'CALLAGHAN, M. W. The uses sports medicine techniques in evaluating the problem equine athlete. **Veterinary Clinics of North America Equine Practice**. v.6, n.1, p.239-275, Apr, 1990.

SEIFI, H. A. et al. Hiperlipidemia in Caspian miniature horses: effects of undernutrition. **Journal of Equine Veterinary Science**, Wildomar, v.22, n.5, 2002.

SILVERMAN, S. C.; BIRKS, E. K. Evaluation of the i-STAT handheld chemical analyzer during treadmill and endurance exercise. **Equine Veterinary Journal**, London, v.34, p. 551 – 554, 2002. Supplement.

SLOET VAN OLDERRUITNBORGH-OOSTERBAN, M. M. et al. Exercise and metabolism-associated blood values variables in Standardbred fed either a low or a high fat diet. **Equine Veterinary Journal**, London, v.34, p.29-32, 2002.

SNOW, D. H. et al. Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. **Veterinary Record**, London, v.110, n.16, p.377-385, 1982.

SOARES, M. P. O cavalo nosso irmão. **A Hora Veterinária**, Porto Alegre, Ano 22, n.128, p.16-20, jul-ago, 2002.

SOUZA, L. B. F.; BERBARI NETO, F; VILAR, T. D.; SAD, E. P. Perfil sérico do lactato em equinos da raça puro sangue de corrida submetidos a diferentes distâncias. In: CONFERÊNCIA ANUAL ABRAVEQ, 9., CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 4., 2008, São Paulo. **Anais...** [1 CD ROM], São Paulo: FEI/CBH, 2008.

SPEIRS, V. C. **Exame clínico de equinos**, Porto Alegre: Editora Artmed. 1999, 366p.

SPINHA DE TOLEDO, P. et al. Atividade sérica de aspartato aminotransferase, creatinoquinase e glicemia de cavalos da raça PSI submetidos a exercícios de diferentes intensidades. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Niterói, v.8, n.2, p.73-7, 2001.

STEFANON, B.; FRANCO, T.; OBEROSLER, R. Plasma lactate and purine derivatives accumulation after exercise of increasing intensity in Standardbred Horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, Wildemar, v.19, n.7, p. 463-468, 1999.

STICKER, L. S. et al. Dietary protein and (or) energy restriction in mares: plasma glucose, insulin, nonesterified fatty acid, and urea nitrogen responses to feeding, glucose, and epinephrine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n.1, p. 136-144, jan. 1995.

STOCKHAM, S. L. Interpretation of equine serum biochemical profile results. **Veterinary Clinics of North America: equine practice**. v.11, n.3, p. 393 – 408, 1995.

TAYLOR, P. **Heat stroke, exhaustion and synchronous diaphragmatic flutter (SDF)** In: A guide to the management of emergencies at equine competitions. British Equine Veterinary Association Manual. Editor: Sue Dyson, Newmarket UK, 1996. p.102-113.

TEIXEIRA NETO, A. R. et al. Reposição eletrolítica sobre as variáveis fisiológicas de cavalos em prova de enduro de 30 e 60 km. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1505-1511, set/out, 2004.

THOMAS, D. P. et al. Cardiorespiratory adjustments to tethered-swimming in the horse. **Pflügers Archiv**. v.385, n.1, p.65-70, 1980.

TRILK, J. L. et al. lactate-guided conditioning programme to improve endurance performance. **Equine Veterinary Journal**, London, v.34, p.122-125, 2002. Supplement.

VÄIHKÖNEN, L. K.; PÖSÖ, A. R. Interindividual variation in total and carrier mediated lactate influx into red blood cells. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v.274, n.4, p.1025-1030, Apr, 1998.

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

VALBERG, S. et al. Energy metabolism in relation to skeletal muscle fibre properties during treadmill exercise. **Equine Veterinary Journal**, London, v.17, n. 6, p.64-71, 1985.

VEIGA, A. P. M. et al. Valores hematológicos, proteínas plasmáticas totais e fibrinogênio do cavalo Crioulo – suas variações em relação ao sexo, idade e manejo. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v.34, n.3, p.275-279, 2006.

VOLFINGER, L. et al. Kinetic evaluation of muscle damage during exercise by calculation of amount of creatine kinase released. **American Journal Physiology**, Philadelphia, v.266, n.2, p.434-441, Feb 1994.

VOTION, D. M. et al. Muscle energetics in exercising horses. **Equine and Comparative Exercise Physiology**, v.4, n.3/4, p. 105 – 118, 2008.

WAGNER, P. D. Determinants of VO₂max: man vs. horse. **Journal Equine Veterinary Science**, Wildomar, n.15, p.398-404, 1995.

WATANABE, M. J. et al. Alterações do pH, da PO₂ e da PCO₂ 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**, Belo Horizonte v.58, n.3, p.320-320, 2006.

WATSON, T. D. G.; BURNS, L.; PACKARD, C. J.; SHEPARD, J. Effects of pregnancy and lactation on plasma lipid and lipoprotein concentrations, lipoprotein composition and post-heparin lipase activities in Shetland pony mare. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, n.97, p.563-568, 1993.

WESTERVELT, R. G. et al. Estimating fatness in horses and ponies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.43, n.4, p.781-785, 1976.

WICKLER, S. J.; HOYT, D. F.; COGGER, E. A.; McGUIRE, R. The cost of transport in an extended trot. **Equine Veterinary Journal**, London, v. 34, p. 126-130, 2002. Supplement.

ZAMBORLINI, L. C. et al. Estudo genético quantitativo das medidas lineares da raça Mangalarga Marchador. I. Estimativas dos fatores de ambiente e parâmetros genéticos. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Niterói, v.3, n.2, p.33-37, 1996.