

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**VARIAÇÕES HEMATO-BIOQUÍMICAS EM EQÜINOS DE SALTO  
SUBMETIDOS A DIFERENTES PROTOCOLOS DE EXERCÍCIO FÍSICO**

**PORTO ALEGRE**

**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**VARIAÇÕES HEMATO-BIOQUÍMICAS EM EQUINOS DE SALTO  
SUBMETIDOS A DIFERENTES PROTOCOLOS DE EXERCÍCIO FÍSICO**

**Autor: Valesca Peter dos Santos**

**Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre em Ciências  
Veterinárias**

**Orientador: Prof. Dr. Félix Hilário Diaz González**

**PORTO ALEGRE**

**2006**

Valesca Peter dos Santos

VARIAÇÕES HEMATO-BIOQUÍMICAS EM EQÜINOS DE SALTO SUBMETIDOS A  
DIFERENTES PROTOCOLOS DE EXERCÍCIO FÍSICO

Aprovada em

APROVADO POR:

---

Prof. Dr. Félix Hilario Diaz González  
Orientador e Presidente da Comissão

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Wayne Nogueira  
Membro da Comissão

---

Prof. Dr. Flávio de la Corte  
Membro da Comissão

---

Prof. Dr. Petra Garbade  
Membro da Comissão

*Através do fácil e do simples pode-se apreender as leis do mundo inteiro. Na compreensão das leis de todo o mundo está a perfeição.*

I Ching

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Félix Hilário Diaz González pela orientação dada ao planejamento e execução do trabalho, pela confiança e amizade.

À Fundação Instituto de Cardiologia e ao Dr. Ricardo Santalúcia Bruch, responsável pelo Laboratório de Análises Clínicas pela inestimável colaboração.

À Dra. Liz Marina Bueno dos Passos Brum, bioquímica do Laboratório de Análises Clínicas da Fundação Instituto de Cardiologia pela realização das análises bioquímicas.

À médica veterinária Elizabeth Calda Soares pela realização das análises hematológicas, pelo apoio, incentivo e amizade.

Ao Haras Joter pela cedência da esteira ergométrica e disponibilização de seus animais para a realização deste trabalho.

Ao médico veterinário Dr. Jarbas Castro Jr. pelas lições de uma postura intelectual, pelo exemplo, incentivo e paciência.

Aos meus queridos pais, Ari e Eliane (*in memoriam*), responsáveis pelo início desta caminhada, toda a minha gratidão e amor.

Ao meu pequeno Bernardo, para quem tudo vale a pena.

## RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar as variações provocadas por diferentes protocolos de atividade física nos parâmetros hemato-bioquímicos de equinos de salto. Foram utilizados dezessete equinos atletas, da raça Brasileiro de Hipismo, com idades variando entre 5 e 12 anos. Foram realizadas coletas de sangue venoso e verificação da frequência cardíaca com os animais em repouso (grupo Controle) e imediatamente após a realização de três diferentes protocolos de exercício. Os animais foram submetidos a 20 e 40 minutos de exercício em esteira com inclinação de 0° a velocidade constante de 5 m/s (grupo Esteira), 40 minutos de trabalho montado sendo 10 minutos ao passo, 20 minutos de trote e 10 minutos de galope em pista plana de areia (grupo treinamento) e prova de salto à velocidade média de 350 m/min, altura dos obstáculos de 1,20 metros e extensão do percurso de 430 metros (grupo Prova). Os parâmetros hematológicos (número de eritrócitos, concentração de hemoglobina e contagem leucocitária), a frequência cardíaca, dosagem das enzimas creatina quinase (CK), aspartato aminotransferase (AST), lactato desidrogenase (LDH) e fosfatase alcalina (FA), dosagem de sódio e potássio, bicarbonato, proteínas plasmáticas totais, uréia e creatinina foram analisados. Os valores obtidos foram comparados com os valores basais e entre os grupos de exercício. O exercício em Esteira provocou aumento significativo no percentual de hematócrito, na concentração de uréia, creatinina e potássio. A concentração de glicose apresentou redução após 20 e 40 minutos de exercício. O grupo Treinamento revelou aumento no número de eritrócitos, aumento de hematócrito, proteínas totais, CK, LDH, FA, creatinina, potássio e redução nas concentrações de glicose. O grupo Prova apresentou contagem de eritrócitos superior aos demais grupos, assim como percentual de hematócrito, concentração de hemoglobina e proteínas plasmáticas totais. Nesse grupo, as dosagens de CK, LDH, FA, lactato, creatinina e potássio apresentaram valores significativamente superiores em relação ao grupo Controle. A frequência cardíaca revelou aumento significativo após a realização da atividade física quando comparados com o grupo Controle e entre os grupos. As variações encontradas foram de amplitude maior no grupo Prova. O aumento da intensidade do exercício físico provoca alterações em alguns parâmetros hemato-bioquímicas em cavalos de salto. A contagem eritrocitária, o percentual de hematócrito, a concentração de proteínas plasmáticas, lactato, potássio, creatinina, CK e FA elevam-se com o aumento da intensidade do exercício. A contagem leucocitária, dosagem de AST, sódio e uréia não sofreram influência da intensidade de exercício proposta nos protocolos. A concentração de glicose é reduzida pelo exercício desempenhado nos grupos treinamento e prova.

## ABSTRACT

The aim of this study was to value the variations promoted by different kind of exercise on haemathologic and biochemistry parameters of jumping horses. Seventeen Brazilian Jumping fit horses, aged from 5 to 12 years were used in this work.

Venous blood samples were drawn from the jugular vein and heart rate were verified at rest (Control group) and after 3 protocols of exercise. The animals walked on a treadmill at 0° during 40 minutes at a speed of 5 m/s (Treadmill group), trained for 40 minutes consisting at 10 minutes of walk, 20 minutes of trot and 10 minutes of run on field conditions (Training group) and jumped in a Jumping Championship, speed of 350 m/min, height of obstacles 1,20 m and 430 m lenght (Jump group). The blood parameters (erythrocytes, packed cell volume, hemoglobin, leucocytes), creatine phosphokinase (CK), aspartate amino transferase (AST), lactate dehydrogenase (LDH), alkaline phosphatase, sodium, potassium, bicarbonate, total plasma protein, urea, creatinine were analysed before and after exercise. The Treadmill group showed an increase in packed cell volume, urea, creatinine and potassium. Training group showed an elevation in number of erythrocytes, packed cell volume, total plasma protein, CK, LDH, alkaline phosphatase, creatinine, potassium. Jump group promoted an increase of erythrocytes, hemoglobin, total plasma protein, CK, LDH, alkaline phosphatase, lactate, creatinine, potassium. Glucose concentration was decreased by the exercise practice. Heart rate increased in a positively relation with the exercise intensity. All variations detected were highest in Jump group. The physical exercise intensity changes some hematological and biochemical parameters of jumpers. Leucocytes, AST, sodium, urea were not altered by the exercises proposed in this work. Glucose concentration decreased by the physical activities developed in Training and Jump group.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Esteira Funcional</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Fontes de Energia para a Realização do Exercício</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Lactato</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Glicose</b> .....	<b>22</b>
<b>2.5</b>	<b>Eletrólitos</b> .....	<b>25</b>
<b>2.6</b>	<b>Equilíbrio Ácido-básico</b> .....	<b>30</b>
<b>2.7</b>	<b>Enzimas</b> .....	<b>32</b>
<b>2.7.1</b>	<b>Creatina Quinase (CK)</b> .....	<b>33</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Aspartato Aminotransferase (AST)</b> .....	<b>36</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Fosfatase Alcalina (FA)</b> .....	<b>37</b>
<b>2.7.4</b>	<b>Lacato Desidrogenase (LDH)</b> .....	<b>38</b>
<b>2.8</b>	<b>Uréia</b> .....	<b>39</b>
<b>2.9</b>	<b>Creatinina</b> .....	<b>40</b>
<b>2.10</b>	<b>Hematologia</b> .....	<b>42</b>
<b>2.11</b>	<b>Frequência Cardíaca</b> .....	<b>47</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>50</b>
<b>3.1</b>	<b>Gerais</b> .....	<b>50</b>
<b>3.2</b>	<b>Específicos</b> .....	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>HIPÓTESES</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Hipótese Conceitual</b> .....	<b>51</b>
<b>4.2</b>	<b>Hipóteses Operacionais</b> .....	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>52</b>
<b>5.1</b>	<b>Animais Experimentais</b> .....	<b>52</b>
<b>5.2</b>	<b>Tamanho da Amostra</b> .....	<b>52</b>
<b>5.3</b>	<b>Grupos e Protocolos de Exercício</b> .....	<b>52</b>
<b>5.4</b>	<b>Amostragens e Tempos de Coletas e Análises</b> .....	<b>54</b>

5.4.1	Tempos de Coleta e Verificação de Parâmetros .....	54
5.4.2	Amostragens .....	55
5.4.3	Processamento de Amostras .....	55
5.4.4	Análises .....	56
5.4.5	Frequência Cardíaca .....	56
5.5	Análise Estatística .....	57
6	<b>RESULTADOS</b> .....	58
6.1	<b>Parâmetros Hematológicos</b> .....	58
6.2	<b>Parâmetros Bioquímicos</b> .....	59
6.3	<b>Frequência Cardíaca</b> .....	63
7	<b>DISCUSSÃO</b> .....	64
7.1	<b>Aspectos Relativos ao Uso da Esteira Ergométrica para Equinos</b> .....	62
7.2	<b>Aspectos Hematológicos</b> .....	65
7.3	<b>Aspectos Relativos ao Comportamento Enzimático</b> .....	68
7.4	<b>Aspectos Relativos ao Lactato</b> .....	70
7.5	<b>Aspectos Relativos à Concentração de Glicose</b> .....	72
7.6	<b>Concentração Sérica de Bicarbonato</b> .....	74
7.7	<b>Aspectos Relativos à Uréia</b> .....	74
7.8	<b>Aspectos Relativos à Concentração de Creatinina</b> .....	76
7.9	<b>Variação na Concentração de Sódio</b> .....	76
7.10	<b>Variação na Concentração de Potássio</b> .....	78
7.11	<b>Variação na Frequência Cardíaca</b> .....	79
8	<b>CONCLUSÕES</b> .....	81
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	82

## 1 INTRODUÇÃO

O cavalo possui uma reconhecida habilidade para a prática esportiva, conhecida desde a Antigüidade. As raças de salto despertam o interesse de milhares de criadores e praticantes de hipismo do mundo todo, além de mobilizarem especial atenção por se tratar de uma modalidade esportiva básica dos Jogos Olímpicos.

Como atletas que são, a avaliação da performance destes animais se torna fundamental para o reconhecimento de suas habilidades, de suas capacidades e da intensidade de exercício mais adequada aos indivíduos em diferentes fases de treinamento.

A demanda pelo diagnóstico de diversos distúrbios que podem afetar o desempenho atlético, bem como a necessidade de conhecimentos acerca do treinamento mais adequado, tornou-se imperativa. A avaliação de alguns parâmetros durante o treinamento pode direcionar a intensidade e tipo de esforço apropriado à capacidade atlética de cada animal. Também, através desta avaliação, pode-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.

Com o advento da esteira funcional, tornou-se possível avaliar as alterações fisiológicas produzidas em resposta ao treinamento em condições extremamente controladas, bem como adequar a intensidade do exercício à capacidade de cada animal. A esteira é de grande valia naqueles casos em que o animal apresenta queda de performance sem apresentar uma anormalidade aparente. Ela auxilia na determinação e na relevância de alterações produzidas pelo esforço da atividade física, uma vez que permite controlar a intensidade do exercício e avaliar o desempenho do animal frente às alterações dinâmicas.

O presente estudo foi motivado pela necessidade de avaliar técnicas correntes de treinamento em esteira e trabalho montado, bem como comparar as variações provocadas por estes tipos de atividade nos principais parâmetros hematológicos e bioquímicos, com as variações provocadas pelo esforço a que os cavalos são submetidos durante uma prova de salto.

Uma consequência deste estudo é a definição de parâmetros para determinadas variáveis de forma a definir uma referência regional e populacional.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Esteira Funcional

Em cavalos atletas, os testes de exercício são utilizados para avaliar a adaptação dos animais a um programa de treinamento específico, para modificar um programa de treinamento em resposta a um progresso atingido, para investigar as razões para quedas de performance em um determinado nível de atividade, para fazer uma avaliação clínica completa de atletas com inabilidades específicas (THORNTON, 1985).

Em medicina humana, as esteiras funcionais são utilizadas há anos para avaliar a bioquímica e fisiologia da locomoção durante o exercício físico de treinamento ou reabilitação. Uma das utilidades da esteira é verificar a resposta cardiovascular ao exercício. A primeira esteira de alta velocidade para equinos foi desenvolvida em Uppsala na década de 70. Foi utilizada pela primeira vez, em 1967 por Persson, e desde então tornou-se uma importante ferramenta em pesquisas com cavalos atletas (BUCHNER *et al.*, 1994).

A esteira possibilita a realização de exercícios em ambientes fechados, padronizando as condições ambientais, como temperatura, umidade, vento, além de permitir o controle sobre a velocidade e angulação em que a atividade física deve ser realizada. A esteira permite que sejam analisadas as respostas do organismo ao exercício através da utilização de equipamentos para a avaliação do equino durante a realização do mesmo (BUCHNER *et al.*, 1994).

Atualmente, as esteiras são instrumentos de pesquisa em fisiologia do exercício em medicina equina, uma vez que fornece condições experimentais padronizadas e facilidade na obtenção de amostras para análise durante o desenvolvimento da atividade física (BARREY *et al.*, 1993). Estes autores demonstraram que a locomoção em esteira favorece o aumento no comprimento do passo e reduz a frequência das passadas em comparação com o exercício em pista de areia. Verificaram também, não haver diferença significativa de passo quando a inclinação da esteira é aumentada de 0° para 3,5°.

A utilização de exercício monitorizado em esteira tornou possível a busca de causas para baixa performance através de técnicas sofisticadas de diagnóstico durante o

pico de exercício. Os testes de exercício normalmente são utilizados para avaliação clínica da andadura, balanceamento dinâmico dos membros locomotores, avaliação endoscópica da função das vias aéreas superiores e performance durante o exercício. Um protocolo de exercício sempre deve ser utilizado para o treinamento de eqüinos em esteira. O treinamento deve ser gradual, de forma a introduzir os cavalos aos procedimentos específicos necessários para a avaliação clínica (SEEHERMAN, 1991).

Buchner *et al.* (1994) demonstraram haver diferenças entre o exercício em esteira e o praticado em pista. Cavalos da raça Sela Francesa mostraram maior duração de passo quando exercitados em esteira do que em pista de areia (BARREY *et al.*, 1993). O tipo de material que compõem a superfície do piso, a familiarização dos animais a prática do exercício em esteira, a influência do cavaleiro são fatores que diferenciam os dois tipos de exercício.

## **2.2 Fontes de Energia para a Realização do Exercício**

A energia despendida para a realização de atividades físicas de alta intensidade em eqüinos é descrita por Eaton *et al.* (1995) como sendo 50 vezes maior do que em repouso. A energia necessária para a realização de exercício físico de alta intensidade é fornecida através combinação de via aeróbica e anaeróbica. 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, o fornecimento de energia via metabolismo anaeróbico vai se tornando progressivamente maior. Durante uma corrida, aproximadamente 30% dos requerimentos energéticos são fornecidos por via anaeróbica (HINCHCLIFF *et al.*, 2002).

Os fatores que dificultam a obtenção de oxigênio reduzindo o suprimento de energia via aeróbica, influenciam a capacidade atlética do animal de forma adversa. O condicionamento físico à atividade aumenta a capacidade aeróbica do animal, melhorando o desempenho atlético. A incapacidade de realização de glicólise anaeróbica por depleção dos estoques de glicogênio muscular afeta negativamente o desempenho atlético (LACOMBE *et al.*, 1999).

O metabolismo aeróbico, indicado através da taxa de consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) pode ser aumentado através da realização de exercícios crônicos e repetitivos. O metabolismo aeróbico é medido pela taxa de consumo de oxigênio. O metabolismo aeróbico máximo é medido através da taxa de consumo de oxigênio/minuto. Quantificar a energia fornecida via metabolismo anaeróbico é mais difícil. 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 via aeróbica (oxigênio consumido). Normalmente o metabolismo aeróbico máximo é expresso em equivalentes de oxigênio (EVANS *et al*, 1995).

O glicogênio muscular e hepático é o substrato energético utilizado durante o exercício. Os estoques de glicogênio são esgotados durante a atividade física e repostos durante o período de recuperação (HODGSON *et al.*, 1985). A depleção dos estoques de glicogênio é um importante causador de fadiga muscular em equinos que realizam provas de resistência e corrida. Os estoques de glicogênio muscular podem ser aumentados através da melhora do condicionamento físico (FOREMAN *et al.*, 1990).

Segundo Gaughan (1996), visando retardar a exaustão, tem-se tentado aumentar as concentrações de glicogênio no músculo antes do exercício. A tentativa de aumento das reservas de glicogênio tem sido utilizada por humanos para retardar a exaustão em maratonas. Os maratonistas normalmente esgotam as reservas de glicogênio muscular 4 a 6 dias antes da corrida. Em seguida, repõem os estoques de glicogênio em maiores quantidades durante 1 a 3 dias antes da corrida através da redução do nível de treinamento e dietas ricas em carboidratos. O aumento das reservas de glicogênio para melhorar a performance em equinos tem sido sugerido por alguns autores, muito embora não existam dados suficientes que comprovem sua eficiência nesta espécie.

A principal fonte de energia para a glicólise anaeróbica durante o exercício em humanos e cavalos é o glicogênio muscular. Lacombe *et al.* (2001) verificaram que a redução da concentração de glicogênio muscular em 22% não provoca um efeito mensurável na duração da atividade física de alta intensidade. Atividades que provoquem redução de pelo menos 55% das concentrações iniciais, foram associadas com redução da capacidade de geração de energia via anaeróbica durante a atividade física de alta intensidade. Em humanos, a fadiga está relacionada com a concentração de glicogênio

muscular. Nesta espécie, existe uma forte relação entre o estoque de glicogênio muscular, a duração da atividade física e o tempo para que ocorra a exaustão. O estoque de glicogênio muscular prévio a realização da atividade física se relaciona de forma inversa à frequência cardíaca e o  $VO_2$  durante a realização de exercício sub-máximo. Davie *et al.* (1999) correlacionaram a quantidade de glicogênio estocado antes do exercício com a concentração de lactato sanguíneo pós-exercício. O lactato sanguíneo pós-exercício pode ser quatro vezes superior em cavalos com grandes estoques de glicogênio, quando comparados a cavalos com estoques reduzidos de glicogênio muscular inicial. A depleção dos estoques de glicogênio reduz a capacidade atlética, através da redução das reservas energéticas na fibra muscular e alterações cardiovasculares e metabólicas que contribuem para a fadiga.

O exercício extenuante provoca uma substancial depleção do glicogênio muscular. Exercícios de baixa intensidade promovem esgotamento das reservas glicogênicas mais pronunciadas nas fibras musculares de contração lenta e fibras musculares oxidativas de contração rápida. Em exercícios de alta intensidade, a depleção de glicogênio é maior nas fibras musculares glicolíticas (ESSÉN-GUSTAVSSON; KRLSTROM; LINDHOLM., 1984).

Lacombe *et al.* (2001) demonstraram que a depleção de glicogênio muscular está associada com redução no tempo para que ocorra a fadiga, redução do déficit máximo de oxigênio e redução na concentração sanguínea de lactato durante um teste de alta velocidade. O restabelecimento dos estoques de glicogênio após uma depleção substancial está associada à restauração do déficit de oxigênio, ao tempo para fadiga e a concentração de lactato para valores semelhantes àqueles obtidos antes da depleção. Entretanto, a depleção e subsequente restabelecimento dos estoques de glicogênio muscular não foram associados com variações no  $VO_{2max}$ . Verificaram uma redução nas concentrações de lactato sanguíneo pós-exercício em cavalos que possuem baixas reservas de glicogênio pré-exercício.

Miller e Lawrence (1986) exercitaram cavalos até a fadiga. Verificaram depleção de glicogênio em apenas 25% dos animais e concentrações de lactato de 10,5 mmol/l. Essén-Gustavsson e Valberg (1987) entretanto, não verificaram aumento significativo da



concentração de lactato durante 105 minutos de exercício de baixa intensidade a 6 m/s em esteira. A concentração de lactato só aumentou quando se intensificou a atividade física.

As concentrações de lactato sanguíneo são mais baixas em humanos quando utilizam dietas com baixos teores de carboidratos antes da realização da atividade física de alta intensidade e maiores após dietas hipercalóricas. A queda de performance observada quando os níveis de glicogênio são baixos, pode ser atribuída à alterações do equilíbrio ácido-básico sanguíneo (LACOMBE *et al.*, 2001).

### 2.3 Lactato

A avaliação da concentração sanguínea de lactato é comumente utilizada em equinos para acessar performance atlética. A velocidade em que se atinge a concentração de 4 mmol/l (V4) é um importante índice da forma física. O exercício de baixa intensidade realizado por um período de tempo mais longo é considerado mais efetivo para aumentar a resistência do que exercícios de alta intensidade realizados por um curto período de tempo (TRILK *et al.*, 2002)

Quando comparados a outras espécies de potencial atlético, os equinos ocupam lugar de destaque principalmente devido a sua grande capacidade de consumo de oxigênio, a reserva esplênica de hemácias e a grande quantidade de energia acumulada na forma de glicogênio muscular (PÖSÖ, 2002).

Os sistemas muscular e sanguíneo possuem propriedades que aumentam a tolerância ao ácido láctico. A capacidade tamponante da musculatura de cavalos treinados é maior do que de outras espécies com potencialidade atlética. A regulação do efeito acidificante produzido pelo ácido láctico na musculatura exercitada é fundamental uma vez que este efeito é o principal causador de fadiga muscular (POOLE; HALESTRAP, 1993).

Eaton, (1994), calculou que durante uma corrida de cavalos da raça Quarto de Milha, com percurso de 400m, aproximadamente 60% da energia é gerada via metabolismo anaeróbico, enquanto em corridas de longa distância (1600m a 2100m), como as provas de cavalos Puro Sangue de Corrida, o metabolismo anaeróbico contribui com 10% a 30%.

A capacidade aeróbica varia com a raça dos cavalos 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 são espécie específicas e dependentes do treinamento (PÖSÖ, 2002). As diferenças na proporção de 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 (LINDHOLM; SALTIN, 1974; VALBERG *et al.*, 1985; VALBERG, 1986; ESSÉN-GUSTAVSSON; VALBERG, 1987; RONÉUS *et al.*, 1994). 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, redundando em elevação de lactato plasmático.

A disponibilidade de oxigênio e a capacidade de utilização do mesmo são os fatores limitantes para o metabolismo aeróbico. A função cardio-respiratória, a concentração de hemoglobina no sangue, o tempo de trânsito sanguíneo no músculo, a capilarização, a concentração de mioglobina e o número de mitocôndrias nas fibras musculares são fatores limitantes para o metabolismo aeróbico. O consumo máximo de oxigênio de aproximadamente 160 ml/Kg de peso x min indica que os equinos possuem uma capacidade oxidativa muito grande (EVANS; ROSE, 1988a) que chega a duas vezes o consumo de oxigênio dos atletas humanos. Se considerarmos que durante o exercício intenso, 90% do oxigênio é consumido pelos músculos exercitados e que, aproximadamente 40% do peso corpóreo é composto por músculo, podemos calcular que a produção de ATP via aeróbica pelos músculos deve ser próximo a 2  $\mu\text{mol/g/s}$ , e a diferença entre os dois fatores deve ser suprida via glicólise anaeróbica. Em atletas humanos, a produção de ATP via glicólise é de 3  $\mu\text{mol/g}$  de peso vivo/s. A atividade das principais enzimas glicolíticas dos músculos equinos, indica que a produção anaeróbica de ATP é tão importante em cavalos quanto em humanos. Durante o exercício de alta intensidade, há uma imensa demanda de ATP pelas fibras musculares. A pequena quantidade de ATP intramuscular é rapidamente consumida tanto por via metabólica aeróbica quanto anaeróbica para suprir esta demanda energética. Isto se reflete em alto consumo de oxigênio durante o exercício, baixa concentração de ATP, creatina fosfato e glicogênio muscular aliado a altas concentrações de ácido láctico no músculo e no sangue após a realização do exercício intenso em esteira ou montado (LINDHOLM; SALTIN, 1974; VALBERG, 1987; VALBERG *et al.*, 1989). Em cavalos de trote após atividade física, a concentração de ATP é

mais baixa nas fibras tipo IIB e a concentração de ATP difere entre os tipos de fibras (VALBERG, 1987).

As fibras musculares contêm a enzima lactato desidrogenase. Sua atividade é maior em fibras que possuem menor volume de mitocôndria e menor número de capilares por área de fibra. Em eqüinos, normalmente as fibras de contração rápida tipo IIB são as que possuem maior atividade desta enzima. Além disso, a atividade da lactato desidrogenase nas fibras tipo IIB é desenvolvida quase que exclusivamente por uma isoenzima que favorece a produção de lactato, enquanto nas fibras de contração lenta, a ação da isoenzima que favorece a oxidação de lactato a piruvato ganha importância. Brooks *et al.* (1999) demonstraram que a atividade da lactato desidrogenase também está presente nas mitocôndrias, sugerindo que parte da oxidação do lactato ocorra nestas organelas.

O acúmulo de lactato nas células musculares inicia uma cascata de eventos que culminam com a fadiga. Em cavalos, após a realização de exercício máximo intermitente, a concentração de lactato no músculo glúteo médio pode aumentar para níveis superiores a 200 mmol/Kg de peso. Em outros testes de exercício máximo, foram relatados valores de lactato próximos a 100 mmol/Kg de peso (SNOW; HARRIS; GASH, 1985). Em humanos exercitados, a concentração de lactato muscular chega a alcançar 100 mmol/Kg de peso. O ácido láctico aumenta a pressão osmótica da célula muscular, o que permite a entrada de água do espaço extracelular para o espaço intracelular, aumentando o volume da célula. O aumento de volume celular atua diretamente no metabolismo energético reduzindo a glicogenólise.

O ácido láctico é um ácido relativamente forte com  $pK_a$  de 3,86. Em pH celular ele encontra-se dissociado em ânion lactato e um próton, ambos exercendo efeito no metabolismo celular. A acidificação do meio celular impede o funcionamento da bomba de  $Ca^{+2}$  e dos canais de  $Ca^{+2}$  no retículo sarcoplasmático, aumentando o tempo de relaxamento dos sarcômeros musculares. Os prótons também tem um efeito sobre a conformação da ATPase que é necessária para a contração muscular. Além disso, há redução da produção de energia por inibição da atividade celular, limitação da fosfofrutoquinase e inibição da fosforilação glicogênica. O lactato possui ação inibitória na função do sarcômero. Estes eventos fazem o músculo trabalhar de forma lenta, caracterizando a fadiga (PÖSÖ, 2002).

A capacidade tamponante do músculo e sua capacidade de exportar o ácido láctico são os principais responsáveis pela prevenção da fadiga. O bicarbonato, as proteínas, fosfatos e carnosina são os sistemas tampão utilizados para manutenção do pH na célula. O sistema bicarbonato é o mais eficiente, pois é um sistema aberto, via circulação e respiração. A capacidade tamponante da musculatura de equinos treinados é até 50% maior do que a de atletas humanos. Mesmo assim, não é suficiente para prevenir a acidificação. Em cavalos submetidos a esforço intenso, o pH pode baixar para 6,5 e 6,4, enquanto em atletas humanos os valores relatados variam entre 6,2 e 6,9 (JUEL, 1997).

Visando retardar a acidificação e conseqüentemente retardar o tempo para a exaustão, o lactato é transportado para o espaço intersticial e plasma sanguíneo. A forma não dissociada pode se difundir para o plasma, cruzando as membranas biológicas através dos fosfolípidos. A difusão não aniônica de ácido láctico aumenta com o aumento de sua concentração e com a redução do pH. Em pH fisiológico (7.4), 99,97% do ácido láctico encontra-se dissociado enquanto em pH 6 é ainda próxima a 99,3%. A difusão não aniônica é maior que a proporção de ácido láctico não dissociado, pois sua permeabilidade através das membranas é maior. Os prótons originados da dissociação do ácido láctico, podem ser transportados através de transportadores monocarboxilados (TMC) ou através da bomba  $\text{Na}^+/\text{H}$ . À medida que a concentração de lactato no espaço extracelular se aproxima da concentração intramuscular, o fluxo de lactato diminui (JUEL, 1996).

No plasma, o lactato é transportado para eritrócitos, fígado, coração músculos e demais tecidos. A direção do fluxo de lactato para os tecidos depende principalmente do gradiente de concentração entre estes tecidos, visando à redução da concentração plasmática para dar continuidade a passagem de lactato do músculo em atividade para o plasma. A queda de pH também é um fator ativador dos transportadores nas membranas dos eritrócitos (SKELTON *et al.*, 1995).

Em equinos, a concentração de lactato nos eritrócitos é variável e está relacionada com a capacidade atlética do animal. Pösö, Lampinem e Räsänen (1995) e Räsänen, Lampinem e Pösö (1995) constataram que os cavalos com melhor performance atlética individual são os que possuem maiores concentrações de lactato em seus eritrócitos. A oxidação do lactato é a forma mais eficiente de manter o gradiente de concentração entre o músculo e o plasma. A utilização do lactato é diferente entre os tecidos muscular e

hepático. No músculo, o lactato é usado para a oxidação e produção de energia, enquanto no fígado, especialmente durante o exercício, o lactato é metabolizado em glicose e retorna a circulação. Durante a fase de recuperação, parte do lactato pode ser utilizada para a síntese de glicogênio (STEVENSON *et al.*, 1987; RYAN; RADZIUK, 1995).

A concentração de lactato plasmático aumenta exponencialmente com a velocidade durante o exercício de alta intensidade, principalmente quando a frequência cardíaca alcança 200 batimentos/minuto. O aumento do lactato plasmático é rápido e, pequenas variações no tempo de coleta da amostra ou duração do exercício podem provocar diferenças nas concentrações detectadas (SCHUBACK; ESSÉN-GUSTAVSSON, 1998). Outro fator que provoca diferença nas concentrações de lactato é o grau de treinamento dos equinos. Cavalos bem treinados apresentam concentrações de lactato mais baixas após a realização de exercício sub-máximo do que cavalos não-treinados (ROSE *et al.*, 1983). Donovan e Brooks (1983) relataram taxas semelhantes de produção de lactato em ratos treinados e não-treinados durante o repouso, exercício de baixa intensidade e exercício de alta intensidade. Os níveis mais baixos de lactato verificados durante o exercício em animais treinados deve-se a maior “clearance” do mesmo. Nos ratos treinados, houve maior conversão de lactato em glicose e redução da oxidação de lactato durante o exercício intenso.

Os valores de referência para o lactato são de 2.5-15.5 mg/dl para equinos da raça Puro Sangue Inglês (ROBINSON, 2003). Art *et al.* (1990a), encontraram uma média de  $0.52 \pm 0.03$  mmol/l para cavalos Sela Belga, em repouso. Compararam com os níveis de lactato obtidos imediatamente após cinco provas de salto que compunham um campeonato, verificando uma variação na ordem de  $6.7 \pm 0.7$  mmol/l. A frequência cardíaca e o lactato têm sido correlacionados à velocidade do exercício. O ponto em que começa a haver acúmulo de lactato é definido como o limite alcançado quando os cavalos atingem a velocidade de 350 a 400 m/min: nesta velocidade o acúmulo de lactato atinge valores superiores a 4 mmol/l e os batimentos cardíacos 150 a 160 batimentos/min (ART *et al.*, 1990a).

Hamlin, Shearman e Hopkins (2002), verificaram um decréscimo substancial na concentração de lactato sanguíneo após 24 semanas de exercício de baixa intensidade que precederam 8 semanas de um teste de sobre-carga de exercício. Após este período inicial, a

concentração de lactato aumentou para 2,9 mmol/l e reduziu 0,7 mmol/l após 2 semanas de recuperação. Em atletas humanos e eqüinos submetidos a sobre-carga de exercício, ocorre redução da concentração sanguínea de lactato. Em humanos, a queda na concentração de lactato é atribuída à depleção de glicogênio ou a baixa intensidade de exercício.

Johnson *et al.* (1969) verificaram que a atletas humanos apresentavam menores aumentos na concentração de lactato pós-exercício quando comparados a indivíduos não-atletas após 30 minutos de corrida.

O treinamento promove algumas mudanças que afetam a concentração de lactato. Uma delas é o aumento do número de mitocôndrias na fibra muscular, aumentando a capacidade oxidativa do músculo em exercício e reduzindo a produção de lactato durante tal atividade. O treinamento também induz o aumento de proteínas de transporte monocarboxiladas, aumentando o fluxo de lactato do músculo para a corrente sanguínea (VÄIHKÖNEN *et al.*, 1998).

Outro fator promovido pelo treinamento que influencia a taxa de lactato sanguíneo é a velocidade de metabolização do mesmo. Estudos em humanos demonstram que a “clearance” de lactato é aumentada pelo treinamento (DONOVAN; BROOKS, 1983; PHILLIPS *et al.*, 1995). A “clearance” aumentada durante e após o exercício tendem a produzir menores concentrações de lactato no sangue.

O lactato é um bom indicador de performance, através do qual pode-se estimar a capacidade aeróbica do atleta. Cavalos bem treinados para um determinado tipo e intensidade de exercício produzem menos lactato do que cavalos não treinados (PERSSON, 1983).

Para o desempenho do salto, a energia requerida é provida não somente por processos oxidativos, mas em grande parte por via anaeróbica com formação de lactato. No trabalho realizado por Art *et al.* (1990b) com cavalos de salto que competiam em um campeonato, o tempo médio para a realização do percurso foi  $71,91 \pm 1,01$  segundos; a velocidade média foi de aproximadamente  $384,4 \pm 5,4$  m/min. A concentração de lactato alcançou valores médios de  $9,04 \pm 0,9$  mmol/l.

Os efeitos do exercício sobre os níveis de metabólitos sanguíneos foram avaliados por Anderson *et al.* (1975a). Em todos os tratamentos (diferentes atividades) os níveis de lactato e piruvato elevaram-se, particularmente durante o galope. Ao avaliarem o

efeito do treinamento nas variações medidas os autores concluíram que o condicionamento físico induz pequenas alterações tanto na concentração de lactato como na sua relação com o piruvato. Eles sugeriram que esta mudança de comportamento deveu-se ou a uma menor produção ou a uma remoção mais rápida do lactato sanguíneo. Esta redução da produção de lactato estaria ligada a indução de uma maior capacidade aeróbica através do exercício, levando a uma menor dependência da via glicolítica anaeróbica.

Durante a avaliação do treinamento de equinos para corrida, a concentração de lactato foi mensurada, revelando valores que oscilaram entre 2,8 e 7,35 mg/dl, considerados dentro da normalidade (MULLEN; HOPES; SEWELL, 1979). Voss, Mohr e Krzywanek (2002), avaliaram os efeitos do exercício em esteira submersa em água. Verificaram não haver diferenças significativas nas concentrações de lactato, com valores variando entre  $0,83 \pm 0,09$  mmol/l durante o repouso e  $1,01 \pm 0,17$  mmol/l após trote a  $2,9 \pm 0,13$  m/s por 5 min.

Sob exercício em intensidade máxima (100%  $\text{VO}_2$ ), seres humanos avaliados por Beaumont, Underflokter e Beaumont. (1981), registraram uma elevação na concentração de lactato plasmático após 3 minutos de atividade máxima e, decorridos 25 minutos posteriores ao exercício, os valores sofreram uma queda significativa. Shuback e Essén-Gustavsson (1998) verificaram que a concentração de lactato plasmático atingiu valores entre 13,2 e 29,4 mmol/l após um período de exercício máximo em esteira com velocidade progressivamente maior até que os animais não pudessem manter o passo. O pico de lactato plasmático foi alcançado após 5 minutos de recuperação e, as concentrações mais baixas foram detectadas 30 minutos após o exercício.

Em um estudo desenvolvido para avaliar o déficit de oxigênio em cavalos atletas, os animais foram submetidos a diferentes intensidades de exercício em esteira. Os pesquisadores verificaram ao dosar as concentrações plasmáticas de lactato, que independente da intensidade do exercício, o pico de concentração ocorreu após 5 minutos de atividade. As concentrações verificadas variaram entre 26,1 e 29,5 mmol/l (EATON *et al.*, 1995).

Farris *et al.* (1995) desenvolveram um estudo onde utilizaram a infusão de glicose na tentativa de prolongar o tempo de exercício em esteira. A coleta no período basal registrou uma concentração de lactato de 0,76 mmol/l e glicose 5,1 mmol/l.

Foram dosadas as concentrações de íons plasmáticos em cavalos não condicionados atleticamente, antes de serem submetidos a exercício de alta intensidade em esteira. A concentração detectada no sangue venoso (jugular) foi de 0,8 mmol/l para o lactato. Após um período de aquecimento de 5 minutos a trote (velocidade de 4 a 5 m/s), a concentração de lactato foi de 0,8 mmol/l. Após 5 minutos de recuperação, a concentração encontrada foi de 19,5 mmol/l. O pico de lactato ocorreu após 4,5 minutos de exercício. O lactato permaneceu elevado em relação ao pré-exercício durante todas as amostras colhidas durante o exercício e na recuperação (SCHOTT; BOHART; EBERHART, 2002).

Foreman *et al.* (1996) dosaram lactato em equinos durante um período de trote e galope em esteira. No período de galope houve uma elevação significativa na concentração plasmática. No entanto, chama a atenção que no período inicial do teste, com 10 minutos de trabalho com velocidade baixa, o lactato mostrou uma tendência de queda.

## 2.4 Glicose

Existem importantes recursos energéticos disponíveis para o desempenho da atividade física incluindo glicose, ácidos graxos livres, glicerol aminoácidos e lactato. Durante o exercício, a demanda de energia aumenta para sustentar a contração muscular. A energia suprida anaerobicamente pelo ATP e fosfocreatina durante a atividade física de alta intensidade é suficiente para aproximadamente 30 segundos de exercício. Depois desse período, o fator limitante para o desempenho da atividade física é a disponibilidade de glicose para a geração de energia via metabolismo anaeróbico ou aeróbico (LACOMBE; HINCHCLIFF; TAYLOR, 2003).

Foreman *et al.* (1996) verificaram redução da concentração de glicose após um período de exercício em esteira, consistindo em 10 minutos de trote a 3,7 m/s, galope a velocidade de 11 m/s por 4 minutos e trote a 3,7 m/s por 30 minutos.

Trilk *et al.* (2002) constataram que a concentração de glicose durante o início da atividade física sofre redução. À medida que a intensidade do exercício aumenta, a glicemia tende a aumentar. A utilização de glicose pelos músculos aumenta com o treinamento.

Os carboidratos sobre a forma de glicogênio muscular são a fonte primária de energia para metabolização via glicólise anaeróbica ou fosforilação oxidativa durante o



exercício extenuante em humanos e eqüinos. À medida que o exercício sub-máximo progride, aumenta a participação dos ácidos graxos como substrato para o fornecimento de energia via aeróbica. Após o treinamento, o uso de carboidratos como fonte de energia diminui, enquanto a contribuição dos lipídeos aumenta. (LACOMBE; HINCHCLIFF; TAYLOR, 2003).

Durante a atividade física sub-máxima de longa duração, a depleção dos estoques de glicogênio intramuscular ou a hipoglicemia, secundária a depleção de glicogênio hepático é a principal responsável pela fadiga (PAGAN *et al.*, 2002).

O efeito do exercício sobre os níveis de glicose sangüínea é variável em eqüinos. A glicose sangüínea por si só não fornece muitas informações sobre o metabolismo dos carboidratos durante o exercício, uma vez que reflete tanto o balanço entre a glicose sangüínea mobilizada para o suprimento energético durante a atividade física, como àquela suprida pela glicogenólise hepática (LINDHOLM; SALTIN, 1974).

Para eqüinos da raça Sela Belga, Art *et al.* (1990a) encontraram valores médios de glicose sangüínea de  $5,63 \pm 0,23$  mmol/l em repouso. Os níveis de glicose apresentaram redução com valores médios de  $4,29 \pm 0,23$  mmol/l após as cinco provas pertencentes ao campeonato de salto.

Johnson *et al.* (1969) verificaram que em atletas humanos treinados ocorre aumento dos níveis de glicose sangüínea enquanto em indivíduos não treinados há um leve decréscimo dos níveis desse substrato. Em eqüinos, a concentração de glicose plasmática aumenta durante o exercício. Em muitas espécies, o treinamento provoca várias alterações na utilização de substratos energéticos durante o exercício sub-máximo (GEOR *et al.*, 2002).

Donovan e Brooks (1983) verificaram altos níveis de glicose em ratos treinados durante um teste de exercício de alta intensidade e maior conversão de lactato em glicose. Sugeriram que em animais não-treinados, o estresse provocado pelo exercício de alta intensidade, desencadeia respostas autônomas que limitam a gliconeogênese.

Harris, Marlin e Snow (1987) encontraram aumentos de  $4,7 \pm 0,6$  para  $5,2 \pm 0,9$  mmol/l nos níveis de glicose sangüínea após galope de 800 m e de  $5,1 \pm 0,7$  para  $6,7 \pm 1,0$  mmol/l após galope de 2000 m. Andrews *et al.* (1995) constataram que os aumentos na concentração de glicose em eqüinos submetidos às provas que compõem o Concurso

Completo de Equitação (CCE) eram superiores em comparação ao grupo de equinos submetidos a prova de enduro. Rose *et al.* (1980) reportaram previamente aumento da concentração de glicose sérica em provas de enduro durante CCE. A variação na concentração de glicose foi de 5.6 para 7.2 mmol/l para os cavalos submetidos à prova de enduro e de 5.6 para 9.4 mmol/l para os equinos que participaram do Concurso Completo de Equitação. Este aumento é decorrente do aumento da taxa de glicogenólise, provavelmente pelo aumento da demanda por glicose, além dos efeitos do estresse que estimula a liberação de glicose por estímulo adrenocortical. O aumento da glicogenólise e do estresse ocorre em consequência duração prolongada da prova. O aumento do cortisol plasmático verificado por Rose *et al.* (1980) secundário a estimulação adrenocortical pode ser resultado da redução de utilização periférica de glicose.

A fadiga durante a realização de exercício sub-máximo prolongado é resultado da depleção dos estoques de glicogênio (SNOW *et al.*, 1982) ou de hipoglicemia secundária a depleção hepática de glicogênio (DERMAN; NOAKES, 1994).

O efeito do exercício sobre a concentração de glicose é variável dependendo da intensidade e duração do exercício. Anderson (1975a) verificou um leve aumento na concentração de glicose durante exercício de 10 Km (4 Km de trote, 2 Km ao passo e 4 Km de galope). A concentração de insulina reduz em humanos e equinos durante o exercício.

Em humanos, existe uma relação direta entre a intensidade do exercício e o fluxo de glicose. Esta relação não varia após um treinamento de resistência. Em equinos, verificou-se um aumento de duas vezes nos níveis de glicose em cavalos após a transição de exercício a 33% de  $VO_2$  max. para 58% de  $VO_2$  max. (DERMAN; NOAKES, 1994).

Fatores endócrinos como insulina, glucagon, epinefrina e norepinefrina são importantes reguladores do fluxo de glicose durante o exercício (COGGAN, 1991). A redução na relação molar de insulina/glucagon é o estímulo primário para a glicogenólise hepática, promovendo aumento da glicose durante o exercício de baixa intensidade em humanos e cães. Da mesma forma, a epinefrina pode estimular a produção de glicose hepática durante o exercício.

Dybdal, Gribble e Madigan (1980) verificaram variação da concentração de insulina plasmática e de corticosteróides e presumidamente aumento de catecolaminas plasmáticas, indicando que a utilização de glicose é mantida pela gliconeogênese. A

variação das concentrações de glicose foram de  $4,5 \pm 1,1$  mmol/l para  $3,4 \pm 0,5$  mmol/l na metade do percurso de 160 Km de uma prova de enduro e  $4,0 \pm 0,7$  mmol/l ao fim da prova.

Diferentemente dos humanos e dos cães, a glicose plasmática tende a aumentar nos cavalos não alimentados durante o exercício de intensidade moderada (ROSE; HODGSON, 1994; FARRIS *et al.*, 1995; PAGAN; HARRIS, 1999). Em humanos, quanto mais longo o período de exercício, maior a liberação de glicose pelo fígado (ROWELL; MASORO; SPENCER, 1965). Os músculos em atividade utilizam uma quantidade maior de glicose com o aumento do período de atividade física (WAHREN *et al.*, 1973).

A concentração de glicose plasmática aumenta após um curto período de exercício máximo ou próximo ao máximo e não se altera ou reduz após exercício prolongado de resistência, como enduro. A velocidade e a duração do exercício influenciam a concentração sanguínea de glicose. Durante um enduro de 160 Km, a concentração sanguínea de glicose correlaciona-se negativamente com a velocidade (ROSE *et al.*, 1983).

## 2.5 Eletrólitos

A partir da concepção da técnica de dosagem fotométrica, a concentração sérica de sódio tornou-se uma das mais freqüentemente utilizadas. Por outro lado, a interpretação destes dados nem sempre é clara. A possibilidade de alterações na concentração de sódio pode ser consistente com diferentes estados funcionais. Somente quando estas dosagens são confrontadas com outras informações clínicas, seu significado pode ser considerado. Em um indivíduo sadio, a concentração normalmente varia entre 136 e 143 mEq por litro de soro, independente de grandes variações na ingestão de sal e água. A constância na concentração sérica de sódio está relacionada ao fato de que os sais deste íon compreendem os solutos com maior atividade osmótica no soro. Uma elevação na concentração sérica de sódio acima de 145 mEq sempre indica um déficit de água em relação a quantidade de solutos corporais. Hiponatremia é um achado clínico freqüente, apesar de ser uma manifestação clínica secundária (LEAF, 1962).

Durante o exercício são perdidos água, sódio, potássio e cloro tanto pela urina como pelo suor. O aumento na concentração plasmática de sódio a despeito da

manutenção dos níveis de cloro pode ser devido a uma saída de sódio das células e ou a uma redução proporcional na taxa de excreção do sódio pela urina e suor. A elevação na concentração de cloro tanto nas células como no meio extracelular, independente do acúmulo de fluido no interstício, demonstra que não ocorre troca deste íon através da membrana celular. O potássio do meio extracelular eleva-se durante o exercício alterando-se a partir do início do trabalho. A elevação da concentração de fósforo no plasma indica que há uma perda a partir da musculatura durante o trabalho (AHLBORG *et al.* 1967).

A concentração de potássio aumenta durante o trabalho muscular e pode elevar-se na ordem de 25% no final do exercício, sofrendo uma rápida redução após o final do trabalho retornando ao valor basal em 10 a 15 minutos. O pH pode cair a níveis de 7,2 ao término do exercício e, permanecer por 4 a 5 minutos. Ao término do exercício, de uma maneira geral, os eletrólitos elevam-se não só em função da redução do volume plasmático como também em decorrência de uma elevação efetiva nos constituintes, como constataram Coester, Elliott e Luft (1973). Os autores observaram que o sódio e o cloro elevaram-se discretamente durante o exercício em esteira a alta intensidade, retornando ao valor basal durante o período inicial do repouso. O potássio, por outro lado, após elevar-se durante o exercício, caiu rapidamente após cessar o trabalho, atingindo níveis inferiores aos iniciais, estabilizando-se a partir dos 10 minutos. O cálcio e o fósforo também se elevaram substancialmente durante o exercício, mas diferentemente do potássio, a redução pós-exercício não foi rápida e aguda.

Um estudo desenvolvido por Williamson (1974) visando elucidar problemas de performance, forneceu parâmetros para valores de concentração de eletrólitos séricos. A média obtida para o  $\text{Na}^+$  foi de 141 mg/dl, para o potássio 3,8 mEq/l, 101 mEq/l para o cloro; 27 mEq/l como referência para o bicarbonato.

Carlson e Mansmann (1974) dosaram os níveis e eletrólitos plasmáticos em equinos utilizados para enduro. Obtiveram reduções significativas entre as concentrações iniciais e pós-atividade nos íons sódio, potássio, cloro, cálcio e magnésio. O único valor a elevar-se significativamente foi o de fósforo. As oscilações em alguns íons como sódio e magnésio, apesar de estatisticamente diferentes, foram consideradas como de pouca relevância. O achado considerado mais consistente foi a importante redução na concentração de cloro, ligado diretamente a eliminação pelo suor.

A influência da nutrição e treinamento de equinos de corrida foi avaliada durante 12 meses por Mullen, Hopes e Sewell (1979). Os eletrólitos dosados oscilaram entre os meses considerados, mas a média estabelecida foi a seguinte: o cálcio oscilou entre 12 e 15 mg/dl; o fosfato inorgânico oscilou dentro de uma faixa estreita, com média de 3,0 mg/dl; a concentração de magnésio foi considerada baixa em comparação com outras espécies, oscilando entre 1,82 e 2,88 mg/dl, o sódio variou entre 125,1 e 144,9 mg/dl; o potássio teve como valor mínimo 3,75 e máximo 5,06 mEq/l; a concentração média de cloro esteve entre 90,0 e 103,9 mEq/l.

Cavalos de salto foram avaliados por Art *et al.* (1990a) após participarem de competições. Os valores basais de eletrólitos foram 136,1 mmol/l ( $\text{Na}^+$ ); 3,92 mmol/l ( $\text{K}^+$ ); 105,0 mmol/l ( $\text{Cl}^-$ ); 23,1 mmol/l ( $\text{HCO}_3^-$ ); 3,27 ( $\text{Ca}^{++}$ ). Após participarem em cinco competições, as médias obtidas foram as seguintes: 139,36 ( $\text{Na}^+$ ); 4,0 ( $\text{K}^+$ ); 103,75 ( $\text{Cl}^-$ ); 19,87 ( $\text{HCO}_3^-$ ); 3,23 ( $\text{Ca}^{++}$ ). Os autores concluíram não terem ocorrido diferenças significativas influenciadas pelas competições nos valores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{++}$ , e observaram variações individuais importantes na concentração de  $\text{Ca}^{++}$ .

Fatores como temperatura, furosemda, sexo e temperatura ambiente podem estar relacionadas a variações de sódio, bicarbonato e pH em cavalos de corrida. Autores detectaram a influência do calor, do exercício e da interação entre os dois parâmetros na concentração de íon bicarbonato. Com a elevação da temperatura houve aumento no bicarbonato mesmo nos cavalos não exercitados e uma redução quando os cavalos foram exercitados sob temperatura elevada. A concentrações de bicarbonato oscilaram entre 30,7 e 32,4 mmol/l. A concentração de sódio foi significativamente elevada pelo aumento da temperatura. As análises demonstraram uma elevação de 0,05 mmol/l a cada °C elevado. A média de concentração obtida foi de 142,4 mmol/l. Sumarizando, os animais não exercitados apresentaram uma concentração superior de bicarbonato pré-exercício e inferiores após o trabalho, enquanto a dosagem sérica de sódio sofreu uma leve elevação pós-exercício. Quando os animais foram exercitados antes da corrida, para aquecimento, o íon bicarbonato sofreu uma redução significativa, alteração não observada em relação ao sódio. A redução do bicarbonato após aquecimento foi atribuída ao tamponamento provocado pela acidose leve que ocorre em exercícios sub-máximos e também pela

compensação promovida pela alcalose respiratória ao balancear a perda de íons bicarbonato por filtração renal (FREY; KLINE; FOREMAN, 1995).

Cavalos de esporte tem alterações do equilíbrio ácido-básico ligadas à acidose metabólica devido ao exercício e alcalose respiratória ligada a hiperventilação. Os estudos com avaliação em esteira são bastante frequentes em equinos, no entanto há variações promovidas pela prova de salto que devem ser consideradas. O estudo do balanço ácido-básico durante o exercício é complicado pelo fato que muitas variáveis oscilam ao mesmo tempo e por vezes em sentido oposto. Análises realizadas com cavalos de salto após provas mostraram uma elevação significativa no lactato (de  $0,9 \pm 0,2$  a  $4,7 \pm 0,6$  mEq/l), uma redução no bicarbonato (de  $32,6 \pm 0,5$  para  $28,9 \pm 0,8$  mEq/l). Por outro lado foram observadas elevações significativas nas concentrações de  $\text{Na}^+$  (de 134,6 para 137,6 mEq/l) e  $\text{K}^+$  (de 3,7 a 4,6 mEq/l). Opostamente, o íon  $\text{Cl}^-$  teve sua concentração reduzida (de 101,7 para 99,6 mEq/l). A concentração de fosfatos não se alterou. O  $\text{Ca}^{2+}$  sofreu uma redução moderada após o exercício. A atividade física também redundou na elevação da hemoglobina, proteínas plasmáticas, albumina e globulinas. O aumento do lactato plasmático, apesar de mais sutil que em outras atividades mais intensas e mais longas, reflete a presença de atividade anaeróbica. Devido às variações no lactato, ocorreram alterações nos níveis de bicarbonato que revelam reciprocidade. A elevação da hemoglobina é um mecanismo de resposta ao exercício que visa aumentar a capacidade de carrear oxigênio, fenômeno ligado à contração esplênica e mobilização de eritrócitos. A elevação do nível de sódio detectada após o exercício pode ser explicada pela perda de água, fato corroborado pela concentração de albumina. No entanto, estas duas variações não são proporcionais, possivelmente pela perda de sódio pelo suor o que não ocorre com a proteína. A elevação do  $\text{K}^+$  plasmático poderia estar ligado a saída do íon do meio intra para o meio extra-celular (AGUILERA-TEJERO *et al.*, 2000).

Bayly *et al.*, (1989), consideram que a hipoxemia em cavalos de esporte ocorre devido à ausência de um efetivo mecanismo de compensação hiperventilatória. Entre outros parâmetros, os autores registraram a concentração de íon bicarbonato venoso basal na ordem de 24,4 mEq/l.

Mc Keever *et al.* (1993) dosaram os efeitos do exercício de curta duração em esteira na concentração de proteínas plasmáticas e teores de  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ . Os autores

detectaram alterações substanciais nestes constituintes mesmo sem a ocorrência de suor aparente. O exercício causou uma elevação significativa no hematócrito. A elevação na concentração de proteínas plasmáticas demonstrou que esta modalidade de exercício causa uma redução no volume plasmático. A manutenção na concentração de sódio indicou que a redução no volume plasmático foi devido a uma migração isotônica de fluídos para o tecido intersticial, possibilidade consistente com observações em humanos. A concentração de potássio elevou-se em 46%, que apesar de em parte originada na alteração volumétrica, foi observado um acréscimo real do eletrólito na corrente sanguínea.

Equínos submetidos a exercício em esteira em velocidades crescentes, foram avaliados em relação às variações na concentração de eletrólitos plasmáticos. Antes do exercício os valores encontrados foram de (136,0 mmol/l) para sódio, potássio (4,0 mmol/l), cloro (103,0 mmol/l). A partir da velocidade de 3,7 m/s durante 10 minutos, foram demonstradas elevações no sódio que permaneceram semelhantes durante as outras velocidades. O potássio elevou-se com o exercício ao trote e manteve-se elevado nos outros tempos e no período de recuperação. A concentração de cloro foi inferior durante o exercício quando comparado ao valor detectado na coleta prévia (FOREMAN *et al.*, 1996). Foram dosadas as concentrações de íons plasmáticos em cavalos não condicionados athleticamente, antes de serem submetidos a exercício de alta intensidade em esteira. As concentrações detectadas no sangue venoso (jugular) foram 3,36 mmol/l para o potássio ( $K^+$ ) e 138,9 mmol/l de sódio ( $Na^+$ ). Após um período de aquecimento de 5 minutos a trote (velocidade de 4 a 5 m/s), as concentrações foram 4,61 ( $K^+$ ) e 138,9 mmol/l ( $Na^+$ ). Após 5 minutos de recuperação as concentrações encontradas foram de 4,0 e 142,2 respectivamente. O pico de ( $K^+$ ) e ( $Na^+$ ) ocorreu com três minutos de exercício. A concentração de ( $K^+$ ) foi superior ao valor basal em todos os estágios do exercício, inclusive no aquecimento. O mesmo foi observado em relação ao lactato, o qual permaneceu elevado em relação ao pré-exercício durante todas as amostras colhidas durante o exercício e na recuperação. Espera-se uma redução na disponibilidade de ( $Na^+$ ) devido ao afluxo do íon junto com a água para o músculo em atividade. Neste estudo houve um aumento aproximado de 6% na concentração, revelando uma perda superior de água em relação ao sódio (SCHOTT; BOHART; EBERHART, 2002).

Harris e Snow (1988), avaliaram os efeitos do exercício de alta intensidade (de 8 a 12 m/s por 6 min) em esteira sobre as concentrações plasmáticas de lactato, potássio e outros eletrólitos. Após um período de aquecimento ao passo (4 min. de caminhada a 1,6 m/s) seguido por 4 min de trote a 3,2 m/s, os equinos foram exercitados a velocidades entre 8 e 14 m/s. Foram observadas elevações estatisticamente significativas na concentração de potássio durante o passo e trote tanto no sangue arterial como venoso. Estas alterações oscilaram com a intensidade do exercício e também com variações individuais. Durante o trote também foi detectada uma diferença significativa no lactato. A correlação extremamente alta entre o pico de lactato e o de potássio plasmáticos apontam para a relação entre o metabolismo anaeróbico e as alterações de potássio. Foi sugerido que o acúmulo de lactato e íons hidrogênio elevam a osmolaridade das células musculares e isto retardaria o resgate do potássio liberado durante a contração muscular. Neste estudo foi demonstrado que exercícios prolongados podem resultar em elevações no potássio, ou como descrito em outras espécies, ocorre um platô de potássio. A concentração de sódio não se alterou durante período de aquecimento, ocorrendo, entretanto um progressivo aumento no final o exercício.

## **2.6 Equilíbrio Ácido-básico**

O exercício físico de alta intensidade induz a ocorrência de hipoxemia em atletas equinos e humanos. A hiperventilação alveolar é a resposta usual para o aumento de  $PCO_2$  que ocorre com o aumento da intensidade do exercício. Há o desenvolvimento de uma alcalose respiratória compensatória, visando manter o equilíbrio ácido-básico (EVANS *et al.*, 1994).

O exercício físico desenvolvido durante o salto, promove alterações significativas no status ácido-básico. Ocorre elevação da concentração de lactato como reflexo do metabolismo anaeróbico das células musculares. Mecanismos compensatórios são ativados para prevenir as variações de pH como consumo de bicarbonato e redução de  $PCO_2$ . Existe uma relação de reciprocidade entre as variações na concentração de lactato plasmático e bicarbonato (AGUILERA-TEJERO *et al.*, 2000).



O pH sangüíneo médio de cavalos de corrida (PSC) medidos durante um período de 12 meses de treinamento oscilou entre 7,31 e 7,38. Foi detectada uma elevação na concentração de bicarbonato com o desenvolvimento do treinamento, sugerindo que na espécie equina haja uma reserva alcalina. O pH sangüíneo por sua vez, apresentou declínio durante o período de treinamento que foi atribuído a uma compensação limitada ou a acidose respiratória crônica (MULLEN; HOPES; SEWELL, 1979).

O exercício em esteira foi avaliado utilizando equinos Puro Sangue de Corrida que receberam bicarbonato de sódio durante o exercício. Foram desenvolvidas medições que objetivavam medir o equilíbrio ácido-básico. Previamente ao exercício, foi detectada uma concentração de 24,2 mmol de bicarbonato sangüíneo, a qual se manteve até a intensidade máxima do exercício, onde foi verificada uma redução na concentração (LLOYD *et al.*, 1993).

O pH da fibra muscular em repouso é regulado pelo sistema  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , enquanto o sistema  $\text{HCO}_3^-$  tem função secundária. Durante a atividade muscular intensa, tanto o  $\text{H}^+$  quanto o lactato se acumulam na célula. O pH durante a fadiga pode cair para 6,5. Somente o sistema lactato/ $\text{H}^+$  remove lactato do interior da fibra muscular enquanto o  $\text{H}^+$  pode ser removido pelos sistemas  $\text{HCO}_3^-$ , lactato/ $\text{H}^+$  e  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ . A atividade destes sistemas é dependente do tipo de fibra, da idade e do treinamento físico. A capacidade do sistema  $\text{HCO}_3^-$  é específica para o tipo de fibra (JUEL, 1994).

A avaliação de pôneis exercitados ao passo e ao galope em esteira demonstrou que o pH venoso diminuiu significativamente durante o exercício intenso (PARKS; MANOHAR, 1984). Em um trabalho com exercício semelhante ao anteriormente citado, o pH sangüíneo medido reduziu-se a 7,2. Durante exercício a 5 m/s, o pH manteve-se em torno de 7,4. (EVANS *et al.*, 1994).

Jablonska *et al.* (1991) relataram concentrações de lactato de  $25,8 \text{ mmol/l} \pm 3,5$  em cavalos da raça Puro Sangue Inglês em repouso e  $27,4 \pm 4,3 \text{ mmol/l}$  após um período de atividade física (5 minutos ao passo, 10 minutos ao trote e 5 minutos a 350 m/minuto).

Craig *et al.* (1985) descreveram uma leve redução de bicarbonato imediatamente após o desempenho de uma partida de pólo com valores subindo levemente acima dos níveis basais 15 minutos após o término da partida.

Foreman *et al.* (1996) relataram as variações de pH em equinos submetidos a diferentes modalidades e intensidades de exercício. Verificaram que o pH sofria quedas após galope a 11 m/s por 2-4 minutos e aumentava após trote a 3,7 m/s por 10 minutos. O bicarbonato revelou elevação superior aos níveis em repouso após trote a 3,7 m/s por 10 minutos e após 4 minutos a velocidade de 11 m/s e 30 minutos ao trote a velocidade de 3,7 m/s. Durante o galope, os cavalos desenvolveram uma acidose respiratória caracterizada por elevação de  $PCO_2$  arterial e venoso, com compensação metabólica inadequada de retenção renal de bicarbonato. Como consequência da prática do galope, houve aumento de lactato a partir dos músculos em atividade, resultando em acidose metabólica. Na recuperação do galope, os cavalos desenvolvem uma alcalose respiratória caracterizada por redução de  $PCO_2$  e mínima variação das concentrações de bicarbonato.

Bayly *et al.* (1989), não verificaram variações significativas nas concentrações venosas de bicarbonato, após uma série de protocolos de exercício realizados em diferentes intensidades.

Art *et al.* (1990a) constataram que as concentrações de bicarbonato eram reduzidas significativamente após provas de salto realizadas a velocidade de 600 m/minuto. Provas realizadas em velocidade moderada (350 m/minuto), não afetavam a concentração de bicarbonato.

## **2.7 Enzimas**

A atividade das enzimas musculares aumenta durante o treinamento (GUY; SNOW, 1977). O treinamento torna as membranas celulares menos sensíveis às agressões promovidas durante o exercício ou reduz os malefícios produzidos no meio extra-celular que são prejudiciais às membranas celulares (MULLEN; HOPES; SEWELL, 1979).

Muñoz *et al.* (2002), avaliando a variações enzimáticas produzidas pelo exercício nas raças Andaluz, Árabe e Anglo-árabe, demonstraram que a concentração plasmática das enzimas musculares sofre influência da raça e do tipo de treinamento.

### 2.7.1 Creatina Quinase (CK)

A creatina quinase conhecida como creatina fosfoquinase, existe na forma de dímeros, cujas subunidades pesam 40 kD. As subunidades correspondem as formas M (muscular) ou B (cerebral), havendo 3 isoenzimas (MM, MB e BB). A principal atividade de CK é fosforilar de forma reversível a creatina às expensas do ATP, como uma forma adicional de conservação de energia. Encontra-se principalmente no tecido muscular (esquelético e cardíaco) e em menor quantidade no rim, cérebro, diafragma, trato gastrointestinal, útero e bexiga. (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 1997).

A CK é amplamente usada para diagnosticar problemas musculares. A enzima é citosólica ou associada às estruturas das miofibrilas. Requer  $Mg^{2+}$  como co-fator e, portanto, sua atividade pode estar inibida na presença de compostos quelantes (EDTA, citrato, oxalato). Em problemas musculares é conveniente dosar CK e AST. A CK eleva-se antes da AST e também desaparece primeiro. Assim, o padrão dessas enzimas pode indicar o estágio do problema. CK aumentada com baixa AST indica lesão recente, níveis persistentemente altos indicam lesão continuada, enquanto níveis baixos de CK e altos de AST indicam processo de recuperação (GONZÁLEZ; SILVA, 2003). Em geral, a atividade plasmática de CK apresenta um pico 4 a 6 horas após a realização do exercício. A meia-vida de CK em eqüinos é de aproximadamente 90 minutos. Em eqüinos saudáveis, cães e humanos, o exercício físico pode aumentar a atividade plasmática ou sorológica de CK de 2 a 4 vezes e exceder os valores de referência para o indivíduo em repouso. A magnitude do aumento depende da intensidade do exercício, da duração e é influenciado primariamente pelo condicionamento físico do animal, pela idade, sexo e dieta (MacLEAY *et al.*, 2000).

Os valores de referência para CK são de 2-147 UI/l para eqüinos da raça Puro Sangue Inglês e 18-217 UI/l para eqüinos de trote (ROBINSON, 2003). A média da concentração de CK em cavalos de salto da raça Sela Belga foi de 51.2 UI/l em repouso (ART *et al.*, 1990b).

A CK é um indicador da intensidade do exercício. Em muitas espécies, incluindo os eqüinos, o exercício intenso provoca aumento da concentração plasmática de muitos marcadores, incluindo a creatina quinase. Conforme o tipo e a duração do exercício esta enzima citosólica é liberada em conseqüência da alteração na permeabilidade da membrana

plasmática e/ou lesão na célula muscular esquelética (VOLFINGER *et al.*, 1994). Murakami e Takagi (1974) apresentaram evidências de que o aumento de CK durante o exercício é diretamente relacionado à carga de trabalho.

Hamlin, Shearman e Hopkins (2002) verificaram que os valores médios de CK no sangue venoso durante um período de sobre-carga de exercício excedia a concentração verificada na fase imediatamente anterior em que os cavalos eram submetidos a exercício de baixa intensidade.

A medida da atividade plasmática de enzimas musculares especialmente de CK tem sido utilizada como indicador de lesão muscular durante e após a realização de exercício prolongado. O aumento de CK está correlacionado com lesão muscular e condicionamento físico em eqüinos. Uma interpretação fisiológica do aumento de CK deve considerar a quantidade de CK liberada na corrente sangüínea e a quantidade total de CK circulando (VOLFINGER *et al.*, 1994).

A creatina quinase aumenta no plasma com o exercício muscular severo e alcança altas concentrações após a ocorrência de lesões musculares. Valores extremamente altos de CK foram encontrados em sete cavalos que percorreram 80 Km no primeiro dia de uma prova de enduro. No entanto, somente um deles apresentou sinais clínicos compatíveis com rabdomiólise. A magnitude do aumento de CK é maior nos eqüinos com menor condicionamento físico (GROSSKOPF; VAN RENSBURG; BERTSCHINGER, 1982).

Keenan (1979) avaliou a concentração das enzimas CK e AST em cavalos de corrida, antes de uma prova de 1100 metros e após. As variações na concentração destas enzimas não foram significativas após a prova. No entanto, foi detectado um aumento significativo na concentração sérica de CK, 3 horas após o término da corrida. De acordo com Anderson (1975a), os níveis de CK apresentam aumento máximo 5 horas após a realização da atividade física. A extensão do aumento nos níveis de CK pós- exercício é considerada inversamente proporcional ao preparo físico do eqüino e diretamente proporcional a duração da atividade física.

Segundo Harris, Marlin e Gray (1998) o efeito do exercício físico na atividade enzimática de CK em cavalos saudáveis, depende do condicionamento físico do animal, da intensidade do exercício, da duração e do ambiente. Os aumentos na atividade plasmática de AST não foram verificados após diferentes tipos de exercício.

Volfinger *et al.* (1994) constataram que em cavalos jovens e saudáveis, a quantidade de CK liberada na circulação não é significativa para corridas de 60 Km. Aumentos de três a cinco vezes na atividade plasmática de CK corresponde a aproximadamente 20 g de músculo lesado. Foi verificado que cavalos que apresentaram altos níveis de CK (~30.000 UI/l) após o primeiro dia de prova em eventos de 3 dias, percorrendo a distância total de 210 Km, estavam aptos para continuar e finalizar a prova. Isto significa que o aumento de CK não corresponde diretamente a quantidade de músculo lesado. Deve-se considerar que o aumento de CK condizente com miopatia associada ao exercício apresenta valores altos, superiores a 120.000-167.000 UI/l (JANSSEN *et al.*, 1989). O tempo para a liberação de CK na circulação durante uma prova de 60 Km merece especial atenção: o aumento só foi observado muitas horas depois de cessar a atividade física com o retorno aos níveis basais 2 dias após a realização da atividade. Isto ocorre porque o aumento da permeabilidade da membrana muscular requer 2-3 horas de exercício. Além disso, após a liberação pelas células musculares, a CK (molécula grande de aproximadamente 80,000 Da) não penetra na circulação sanguínea diretamente, mas transita via linfática através do fluido intersticial.

A atividade da creatina fosfoquinase (CK) variou de  $120.3 \pm 141.9$  UI/l para  $15.98 \pm 8.1$  UI/l em oito meses de treinamento (MULLEN; HOPES; SEWELL, 1979).

Rose *et al.* (1980) avaliaram a variação da concentração de CK em cavalos durante e após o segundo dia (enduro, percurso com obstáculos e corrida) de um evento de 3 dias. Verificaram que a atividade de CK variou de 192,7 UI/l pré-evento para 460,5 UI/l após a corrida com obstáculos, 684,2 UI/l após enduro e 874,4 UI/l após 30 minutos de recuperação. As enzimas musculares CK e AST aumentaram significativamente e apresentaram valores acima dos verificados antes do evento em todos os tempos de coleta.

### 2.7.2 Aspartato Aminotransferase (AST)

A AST (GOT) catalisa a transaminação reversível de aspartato e 2-cetoglutarato em oxalacetato e glutamato. Tem como co-fator o piridoxal-fosfato. Existe em muitos tecidos como duas isoformas, no citosol e na mitocôndria, sendo mais abundante no fígado

e nos músculos. É utilizado como indicador de danos nesses tecidos (KANEKO; HARVEY; BRUSS, 1997).

A aspartato aminotransferase é padrão para determinar os efeitos promovidos pelo exercício físico contínuo (MURAKAMI; TAKAGI, 1974). A aspartato aminotransferase (AST) apresentou variação mensal de  $253 \pm 155$  UI/l para  $102 \pm 20.8$  UI/l em oito meses de treinamento apresentando algumas flutuações individuais durante o período.

Os valores de AST para cavalos Sela Belga em repouso foram de  $107.9 \pm 4.9$  UI/l (ART *et al.*, 1990b).

Freestone *et al.* (1989) verificaram aumentos de 35% na atividade de AST após um galope de 1500 m e de 50% após exercício extenuante.

Os valores de referência para AST são de 141-330 UI/l para equinos da raça Puro Sangue (ROBINSON, 2003).

A permeabilidade da membrana mitocondrial dos equinos está associada com a intensidade da atividade física. A relação entre a extensão do aumento das enzimas plasmáticas e o grau de condicionamento físico do animal, o grau de exigência atlética ou a suscetibilidade das fibras musculares à lesões provocadas pelo exercício ainda devem ser esclarecidas. O treinamento provoca aumento de atividade das aminotransferases de até 30 % em comparação com animais não-treinados (SZWAROCKA-PRIEBE; GILL, 1984).

O aumento nos níveis de AST superiores a 100 % pós-exercício devem ser considerados anormais independentemente do grau de treinamento do animal ou da intensidade do exercício (HARRIS; MARLIN; GRAY, 1998).

Mullen, Hopes e Sewell (1979) verificaram redução da atividade das enzimas AST e CK à medida que o organismo vai se adaptando ao treinamento físico. As variações de pH sanguíneo não são responsáveis pelas alterações de membrana celular durante o exercício físico. Hamlin, Shearman e Hopkins (2002), detectaram aumento da atividade de AST acima dos valores de referência no início de um período de sobre-carga de trabalho. A atividade das enzimas CK e AST elevada é um indicativo de estado de sobre-carga de exercício, no entanto, neste trabalho só houve aumento no início da atividade com concentrações retornando aos valores basais quando da fase de treinamento excessivo. Os autores concluíram que a atividade destas enzimas não é um indicador real de sobre-carga de exercício.

Snow *et al.* (1983) verificaram aumento significativo nos níveis de AST e CK em dezanove cavalos após uma corrida de 1200 m. Os valores de AST variaram de  $342 \pm 128$  UI/l em repouso para  $424 \pm 120$  UI/l após a corrida de 1200 m. Os autores atribuíram tal elevação a alterações momentâneas na permeabilidade do sarcolema sem que ajam lesões nas fibras musculares (KERR; SNOW, 1983).

Rose *et al.* (1980) verificou aumentos de AST de 192,7 UI/l em repouso para 460,5 UI/l após a fase de corrida com obstáculos, 475,1 UI/l após enduro e 423,4 UI/l após 30 minutos de recuperação. Anderson (1975a) e Rose, Purdue e Hensley (1977) detectaram aumento de enzima CK após vários programas de exercício de pequena distância e após um percurso de enduro. Nestes estudos, os aumentos de AST não foram significativos. Anderson (1975a) propôs que os aumentos de AST só ocorrem quando há variação da permeabilidade de membrana, uma vez que esta enzima encontra-se no citoplasma.

### 2.7.3 Fosfatase Alcalina (FA)

A fosfatase alcalina catalisa a hidrólise de ésteres de ácido fosfórico em condições alcalinas, tendo um pH ótimo de atividade *in vitro* de 10. Existem várias isoenzimas de ALP em praticamente todos os tecidos, estando localizada na membrana celular. Todas as isoformas da fosfatase alcalina são dímeros cujas cadeias pesam de 40 a 70 (GONZÁLEZ; SILVA, 2003).

Judson, Frauenfelder e Mooney (1983) constataram alterações nos valores de fosfatase alcalina de cavalos submetidos a exercício sub-máximo (caminhada em esteira a velocidade de 10m/s durante 2 minutos) e exercício máximo (galope em esteira a velocidade de 16.6 m/s por 1 minuto). A fosfatase alcalina variou de 217 UI/l em repouso para 243 UI/l, 1 minuto após exercício sub-máximo e de 221 UI/l em repouso para 286 UI/l, 1 minuto após a realização de exercício máximo. Após 60 minutos de realização da atividade os valores desta enzima retornaram aos basais.

Mullen, Hopes e Sewell (1979) detectaram que a atividade sorológica da fosfatase alcalina variou de  $114 \pm 29$  UI/l para  $77 \pm 13$  UI/l em seis meses de treinamento. Em humanos, Markiewicz *et al.* (1982) verificaram variação de  $453.7 \pm 118.8$   $\mu\text{mol/l}$  para  $385.1 \pm 109.4$   $\mu\text{mol/l}$  em coletas realizadas antes do exercício e 30 min após a realização de

exercício físico em esteira ergométrica. A fosfatase alcalina é transportada no plasma em complexo com albumina.

Rose *et al.* (1980) verificaram aumento na concentração plasmática de fosfatase alcalina em todos os tempos de coleta após as provas pertencentes a evento de 3 dias. Os valores encontrados variaram de 180,8 UI/l pré-evento para 202,4 UI/l após a corrida com obstáculos, 237,0 UI/l após o enduro e 208,4 UI/l após 30 minutos de recuperação.

#### 2.7.4 Lactato Desidrogenase (LDH)

A lactato desidrogenase catalisa a oxidação reversível do lactato para piruvato com co-fator  $\text{NAD}^+$ . Existem no mínimo 5 isoenzimas, estando compostas por tetrâmeros cujos protômeros são de 2 tipos (H e M) com pesos moleculares aproximados de 35 kD. A concentração de LDH nos eritrócitos é 150 vezes maior do que no plasma. Foi utilizada anteriormente como indicador de lesão muscular (esquelética ou cardíaca) (GONZÁLEZ; SILVA, 2003).

Os valores encontrados para cavalos Sela Belga em repouso, foram de  $245.5 \pm 25.8$  UI/l (ART *et al.*, 1990b).

Judson, Frauenfelder e Mooney (1983) detectaram variações de lactato desidrogenase após a realização de exercício sub-máximo e máximo. Os valores variaram de 306 UI/l em repouso para 325 UI/l após um minuto de exercício sub-máximo e 231 UI/l em repouso e 311 após a realização de exercício máximo. As alterações dos níveis de lactato desidrogenase foram semelhantes à magnitude do aumento observado nos níveis de proteínas totais e, portanto foram atribuídas a hemoconcentração. Alterações passageiras nos níveis de LDH foram detectadas em atletas humanos cujos aumentos foram proporcionais a intensidade do exercício e consequência da hemoconcentração.

McGowan *et al.* (2002) analisaram o comportamento da enzima LDH frente a um programa de treinamento prolongado (em esteira de alta velocidade com inclinação de  $10^\circ$  e intensidade de  $\sim 60\%$  de  $\text{VO}_2$  máximo). Os autores comprovaram não haver alterações significativas nas concentrações plasmáticas de LDH.



## 2.8 Uréia

Uma molécula de uréia é produzida no fígado a partir de dois íons amônio liberados durante o catabolismo dos aminoácidos. Para cada molécula de uréia, o átomo de carbono é derivado do bicarbonato. Um íon amônio é clivado de um aminoácido por meio de uma transaminação dependente de  $\alpha$ -cetogluturato acoplada à desaminação oxidativa de glutamato. O segundo íon amônio é derivado do aspartato no ciclo da uréia. A uréia sintetizada no fígado é liberada no sangue, e a depuração pelos rins representa a principal (75 a 100%) via de excreção. A excreção extra-renal de uréia inclui perdas no suor e pelo trato gastrointestinal. Com função intestinal normal, a excreção entérica é mínima em razão da recirculação êntero-hepática (reabsorção de amônia a partir da degradação de uréia por ureases bacterianas e, subsequente reformação de uréia no fígado) (SCHOTT, 2000).

Não foi descrita elevação pós-prandial de uréia em eqüinos ou outros herbívoros. O jejum provoca aumento do catabolismo protéico para satisfazer as demandas de energia e aumenta a concentração de uréia em eqüinos. Com rodadas curtas de exercício moderado a intenso, os níveis de uréia não costumam se alterar, mas durante exercício prolongado ele pode aumentar 50% ou mais em face dos efeitos combinados de menor fluxo sangüíneo renal e catabolismo protéico (SNOW *et al.*, 1982).

A maior parte da excreção renal de nitrogênio ocorre na forma de uréia na urina. A excreção de uréia é completamente passiva e, altas concentrações na urina são consequência da tonicidade medular produzida pela função multiplicadora em contracorrente da alça de Henle. A excreção diária total de uréia em geral varia entre 100 e 300 g/dia em eqüinos com função renal normal (BREWER, 1990).

Os valores de referência para as concentrações sangüíneas de uréia em cavalos da raça Puro Sangue Inglês são 11-24 mg/dl ou 4.0-8.6 mmol/l (ROBINSON, 2003).

A avaliação de cavalos de corrida com dois anos de idade, por um período de um ano, permitiu dosar a variação na concentração de uréia sangüínea nestes animais, com médias oscilando entre 18,8 e 27,6 mg/dl, dentro dos parâmetros de normalidade, abaixo de 30 mg/dl (MULLEN; HOPES; SEWELL, 1979).

Andrews *et al.* (1995) avaliaram as variações nas concentrações plasmáticas de uréia em cavalos que participaram de provas de enduro. Observaram não houve variação

nos níveis de uréia que apresentou valores de 6,2 mmol/l em repouso e 5,8 mmol/l 10 minutos após a realização da atividade física.

Hoffman *et al.* (2002) encontraram valores médios de uréia de 5,32 mmol/l em cavalos da raça Puro Sangue Árabe ou mestiços Árabes, em repouso. Após uma prova de enduro com percurso de 80 km, com velocidade média de  $12,29 \pm 0,25$  km/h efetuaram uma nova coleta aproximadamente 1 min após o término do percurso, obtendo um valor médio de 6,93 mmol/l para uréia.

A uréia continua sendo filtrada pelos rins durante o enduro (SNOW *et al.*, 1982) e é excretada pelo suor, o que supera os efeitos da hemoconcentração e permite que não ocorram alterações de seus níveis (KERR; SNOW, 1983).

Rose *et al.* (1983) verificaram aumento na concentração de uréia durante e após o exercício na ordem de  $7,4 \pm 1,6$  mmol/l em repouso para  $7,6 \pm 1,6$  mmol/l após 15 minutos de trote em esteira. Este aumento é reflexo do aumento do catabolismo protéico associado ao treinamento.

## 2.9 Creatinina

A creatinina é produzida por ciclização não-enzimática irreversível e desidratação da creatina. A creatina é produzida indiretamente a partir de três aminoácidos no rim, fígado e pâncreas e subseqüentemente é transportada para outros órgãos como o músculo e o cérebro onde é fosforilada para armazenar energia na forma de fosfocreatina. Em seres humanos, 1,5 a 2,0% do montante de creatina é convertido em creatinina diariamente (SCHOTT, 2000).

A creatinina é excretada principalmente pela urina, mas o suor e o trato gastrointestinal são vias secundárias de excreção. Um dos fatores não-renais que podem influenciar a concentração de creatinina é o desgaste muscular produzido pelo exercício. O aumento de creatinina associado à vários tipos de exercício, provavelmente seja resultante da combinação do aumento da liberação de creatina muscular e redução da excreção urinária da creatinina durante a atividade muscular (SCHOTT, 2000). Anderson (1975a) considerou que o exercício provoca uma alteração na permeabilidade da membrana das células musculares que persiste após o término da atividade física.

A creatinina é livremente filtrada no glomérulo e se concentra em valores de 100 a 300 mg/dl na urina do equino. Isto resulta em excreção urinária total diária de 15 a 25 g de creatinina. Em comparação com a uréia, a excreção de creatinina é responsável por apenas um décimo da excreção urinária de nitrogênio (SCHOTT, 2000).

Os valores de referência para concentração plasmática de creatinina em equinos da raça Puro Sangue Inglês é de 0.9 a 2.1 mg/dl ou 80 a 185  $\mu\text{mol/l}$  (ROBINSON, 2003).

Andrews *et al.* (1995) observaram aumento na concentração de creatinina em animais que realizaram prova de enduro. A concentração sérica de creatinina variou de 121,3 mmol/l para 190,5 mmol/l, 60 segundos após o término da prova e para 181,6 mmol/l, 10 minutos após o término da prova.

Rose *et al.* (1980) já haviam descrito aumentos de concentração sérica de creatinina em cavalos competindo em eventos de três dias. O aumento pode ser devido a redução de filtração glomerular e fatores pré-renais como aumento de produtos resultantes do metabolismo muscular (fosfocreatina) e aumento da hemoconcentração. A hemoconcentração é descrita como sendo o principal fator responsável pelo aumento na concentração de creatinina em cavalos que realizaram atividade física. Snow *et al.* (1982) observaram redução significativa da excreção de creatinina na urina de cavalos durante a atividade de enduro.

O exercício máximo e sub-máximo provocam aumento imediato da concentração de creatinina a qual não retorna a valores pré-exercício antes de 60 minutos. Os aumentos verificados após exercício máximo foram de maior intensidade (JUDSON; FRAUENFELDER; MOONEY, 1983). As concentrações verificadas foram de 0.12 mmol/l pré-exercício para 0.14 mmol/l 15 minutos pós-exercício sub-máximo e 0.17mmol/l para 0.21 mmol/l, 15 minutos pós exercício máximo. Dados semelhantes já haviam sido descritos em humanos por Hamilton, Garner e Penn (1972) e em equinos após a realização de exercício máximo por Keenan (1979) e sub-máximo por Rose *et al.* (1980). O aumento da concentração de creatinina parece ser resultado da combinação de aumento da utilização de fosfocreatina pelas células musculares aliada a hemoconcentração. É considerada decorrente de alterações temporárias na fisiologia muscular e não relacionada a patologias renais.

## 2.10 Hematologia

As variações no perfil hematológico são utilizadas para avaliação de treinamento ou estado clínico. A avaliação hematológica de equinos em repouso tem sido objeto de estudo visando estabelecer uma relação com treinamento ou capacidade atlética (ROSE *et al.*, 1983).

Em um estudo desenvolvido em locais diferentes do mundo foram registradas diferenças nos valores basais de certos parâmetros (SNOW *et al.*, 1983). Os valores médios obtidos de animais em repouso em Hong Kong, foram hematócrito (Ht) = 42 %, eritrócitos  $8,50 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ , hemoglobina (Hb) = 14,86 g/dl e contagem de leucócitos =  $7,40 \cdot 10^9/\text{l}$ . Já em Newmarket (Inglaterra) os valores pré-exercício foram Ht = 41%, eritrócitos =  $11,25 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ , Hb = 14,65 g/dl e contagem de leucócitos =  $9,5 \cdot 10^9/\text{l}$ . Este trabalho demonstra uma variação importante quando comparados duas regiões distintas. Castro Jr. (1996), registrou em um estudo desenvolvido no Hospital Veterinário Dr. Joaquim Araújo (Porto Alegre - Brasil) os seguintes dados: Ht = 40%, eritrócitos =  $9,00 \cdot 10^6/\mu\text{l}$  e Hb = 13,9 g/dl.

Tyler *et al.* (1987) estabelece como parâmetros hematológicos Ht (%) = 30-50; Hb = 10-18 g/dl, eritrócitos entre 6,0 e  $12,5 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ , e contagem de leucócitos de 5500 a  $14000 \cdot 10^9/\text{l}$ . Schalm (1979) avaliou os principais parâmetros hematológicos de equinos Puro Sangue com idades superiores a 5 anos de idade. Os valores médios obtidos foram: hematócrito (%) = 40,8, Hb = 14,4 g/dl, proteínas totais = 7,0 g/dl.

Aguilera-Tejero *et al.* (2000), verificaram aumento na concentração de hemoglobina (de  $11,8 \pm 0,5$  g/dl para  $18,0 \pm 0,6$  g/dl) e proteínas totais (de  $7,5 \pm 0,2$  g/dl para  $8,3 \pm 0,2$  g/dl) quando comparados os valores pré-exercício e pós-exercício.

Os valores hematológicos basais de equinos da raça Andaluz foram registrados por Muñoz *et al.* (1996) ao estudarem a relação entre o lactato plasmático e os eritrócitos. Com os animais em repouso obtiveram os seguintes valores: a contagem de eritrócitos oscilou entre 7,04 e 9,01, com média de  $8,264 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ ; Ht = 41,5; Hb = 15,79 g/dl. Os valores de lactato plasmático oscilaram de acordo com a fração sangüínea utilizada. Os valores mais altos detectados em repouso foram observados nos eritrócitos (6,46 mmol/l). O menor valor foi obtido no plasma (0,785 mmol/l) enquanto a média foi detectada no sangue hemolisado (3,12 mmol/l). As diferenças entre este estudo e outros autores foram atribuídas à

manipulação das amostras. Como técnica de inibição da glicólise, foi utilizada apenas a hipotermia. Os valores baixos observados no plasma indicam uma relação estreita entre o eritrócito e o lactato, estando este transporte vinculado ao hematócrito.

Hinchcliff *et al.* (2002) descreveram 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 plasmática de proteínas totais durante o repouso, no final do período de aquecimento e durante os 30 primeiros minutos de atividade de alta intensidade. Não altera, entretanto, a concentração de proteínas plasmáticas após o exercício de alta intensidade nem afeta o percentual de hematócrito. Harris e Snow (1988, 1992) verificaram um aumento de hematócrito de 0,405 l/l antes do exercício para 0,50 l/l após o período de aquecimento e para 0,63 l/l após a realização de atividade física em esteira com inclinação de 5° e velocidade de 10 m/s por 6 minutos. A concentração de proteínas plasmáticas totais apresentou um leve aumento durante o período de aquecimento, variando de 58,2 g/l em repouso para 60,5 g/l pós-aquecimento e 70,6 g/l pós-exercício.

Judson, Frauenfelder e Mooney (1983) constataram elevação na concentração plasmática de proteínas após exercício sub-máximo e máximo, embora a elevação tenha sido superior após o exercício máximo. A elevação relatada foi de 74 g/l para 80 g/l após exercício sub-máximo e de 67 g/l para 77 g/l pós-exercício máximo. A elevação dos níveis de proteínas plasmáticas totais após um curto período de exercício é considerada resultado da redistribuição de fluidos e eletrólitos do compartimento vascular para o espaço extracelular.

Snow *et al.* (1983) constataram que o aumento de hematócrito e proteínas plasmáticas totais são resultado da contração esplênica e redução do volume plasmático por redistribuição do volume vascular, perda de fluido através do suor e da respiração. Rose, Purdue e Hensley (1977) verificaram variações nas concentrações de proteína plasmática total de 6,0 g/l em repouso para 7,6 g/l após uma prova de enduro. Rose *et al.* (1980) detectaram aumento de proteínas plasmáticas totais de  $68,0 \pm 4,7$  g/l para  $73,1 \pm 6,2$  g/l após a prova.

Yashiki, Kusunose e Takagi (1995) detectaram variações significativas em vários parâmetros hematológicos de equinos quando considerados diferentes períodos do dia. No

entanto, nos parâmetros contagem de eritrócitos, de leucócitos e hematócrito não houve variações significativas. A glicose sérica variou ( $\alpha < 0,01$ ), sendo as maiores diferenças observadas no início da manhã quando os valores atingiram os níveis mais altos.

McKeever *et al.* (1993) descreveu o aumento de hematócrito em cavalos submetidos a diversas intensidades de exercício. O hematócrito apresentou elevação rápida durante a primeira fase de um teste de exercício em esteira realizado a velocidade de 4 m/s. Na segunda etapa do teste de exercício em esteira, a velocidade de 5, 6 e 7 m/s o aumento no hematócrito ocorreu mais lentamente, em consequência da redução do volume plasmático.

Rose *et al.* (1983) verificaram que a resposta hematológica ao exercício físico em esteira era semelhante a encontrada em cavalos de enduro após a realização de provas: extensa mobilização de eritrócitos do baço, leucocitose com neutrofilia e linfocitose. Esta resposta é considerada como efeito dos níveis plasmáticos aumentados de cortisol, decorrente de estresse e está correlacionada com a concentração de adrenalina, com a velocidade e com a frequência cardíaca. O exercício provoca aumento transitório da concentração plasmática de catecolaminas, ACTH e cortisol em resposta ao estímulo do eixo hipotálamo-hipófise-suprarrenal. As catecolaminas promovem mobilização de eritrócitos e linfócitos provenientes do baço, enquanto o ACTH e o cortisol estimulam a produção de neutrófilos e migração de granulócitos para os tecidos. A contagem de leucócitos totais pode aumentar entre 10 e 30 % dependendo da intensidade e duração do exercício. O grau de variação não é tão dramático para o número de leucócitos quanto para o número de eritrócitos, hematócrito e concentração de hemoglobina. A elevação de hematócrito está relacionada com o aumento da intensidade do exercício e é decorrente da perda de fluidos do plasma. Os parâmetros hematológicos podem ser influenciados não somente pelo exercício físico, mas também pela raça, sexo, idade e alimentação (PICCIONE *et al.*, 2001).

A atividade física provoca alterações dos parâmetros hematológicos por aumento do número de eritrócitos circulantes (JABLONSKA *et al.*, 1991). O baço equino estoca aproximadamente 33% da massa eritrocitária circulante. O exercício físico e/ou a excitação podem provocar contração esplênica, aumentando a concentração de hemácias circulantes. Andrews *et al.* (1995), relataram o aumento de hematócrito e albumina em cavalos

submetidos a provas de enduro. O aumento do hematócrito pode se dar por perda de água do compartimento extracelular ou por troca transitória de fluidos entre o compartimento extra e intracelular. A perda de líquidos é atribuída ao suor, principalmente quando as condições ambientais são de calor e umidade alta. A contração esplênica também é responsável pelo aumento observado no hematócrito destes animais. Durante o exercício, o hematócrito pode aumentar em 40% devido à combinação da contração esplênica e redistribuição do volume de fluido circulante através do aumento da pressão sanguínea arterial. O aumento de hematócrito previne a queda da concentração de oxigênio sanguíneo durante o exercício intenso (SEEHERMAN; MORRIS; O'CALLAGHAN, 1990).

Voss, Mohr e Krzywanek. (2002) verificaram que há diferença significativa na concentração de hemoglobina após um período de exercício físico em esteira submersa em água.

Antes de se considerar variações de concentração de constituintes sanguíneos, é apropriado considerar as alterações de hematócrito e proteínas plasmáticas, parâmetros que são utilizados como índices de hidratação. Avaliando animais utilizados em enduro, Carlson e Mansmann (1974) detectaram valores de hematócrito pré-atividade considerados baixos (35%) para animais de raças sanguíneas como o Puro Sangue de Corrida. A concentração de proteínas plasmáticas pré-exercício ficou na média de 6,7 g/dl, significativamente diferente da coleta realizada durante o exercício onde o valor obtido foi de 7,2 g/dl.

Mullen, Hopes e Sewell (1979) dosaram as proteínas plasmáticas de cavalos Puro Sangue de Corrida, com 2 anos de idade, durante um ano de treinamento. Foi observada uma hipoproteinemia (abaixo de 6,0 mg/dl), com a relação albumina/globulinas dentro do normal. Esta concentração poderia ser considerada anormal, no entanto, clinicamente os animais apresentavam-se normais. Castro Jr. (2003) registrou valores de proteína plasmática de 6,6 g/dl para eqüinos em repouso.

Jablonska *et al.* (1991) verificaram concentração de hemoglobina variando de  $158 \pm 26$  g/l em repouso para  $156 \pm 24$  g/l após 5 minutos de caminhada, 10 minutos de trote e 3 minutos de galope a 350 m/min. O hematócrito variou de  $0,44 \pm 0,06$  l/l em repouso para  $0,42 \pm 0,06$  l/l e proteínas totais variando de  $72,8 \pm 5,0$  g/l para  $74,4 \pm 4,0$  g/l. Os autores atribuem as variações de hematócrito e hemoglobina a baixa intensidade de exercício, uma

vez que a frequência cardíaca durante o exercício permaneceu abaixo de 150 batimentos por minuto, ou seja, inferior a requerida para que ocorra a máxima contração esplênica. O aumento de proteínas plasmáticas totais é justificado pela perda de fluidos do compartimento vascular. O grau de variação depende da duração e da intensidade do exercício. Um aumento de 5% nos níveis de proteínas plasmáticas totais durante o exercício reflete uma pequena variação no volume plasmático.

Sakurai, Yamaoka e Murakami, (1967), relataram aumento progressivo da fragilidade osmótica dos eritrócitos de cavalos Puro Sangue Inglês à medida que a velocidade da corrida aumenta em provas de curta distância. Murakami (1974) observou hemólise intravascular em cavalos da mesma raça durante corridas de longa distância. Smith *et al.*, (1995) relataram que exercício de alta velocidade em esteira (10 m/s por 2 minutos com 3,3% de inclinação), reduz significativamente a fragilidade eritrocitária de equinos Quarto de Milha e Puro Sangue Inglês. Hanzawa e Watanabe (2000) observaram que o exercício aeróbico (a 9 ou 10 m/s) reduz significativamente a hemólise mensurável dos eritrócitos, enquanto o exercício anaeróbico (a 13 ou 15 m/s) aumenta significativamente a fragilidade osmótica em equinos atletas.

O exercício anaeróbico normalmente aumenta a pressão parcial de dióxido de carbono ( $P_{CO_2}$ ) e a concentração de lactato na corrente sanguínea, mas reduz a concentração de bicarbonato, reduzindo o pH sanguíneo. Bayly *et al.* (1995) e PAN *et al.* (1983) sugeriram que o exercício aeróbico aumente o pH do sangue, através do aumento da resposta ventilatória que ocorre durante o exercício sub-máximo de longa duração em esteira como resposta ao aumento da temperatura sanguínea. O exercício aeróbico afeta os eritrócitos sanguíneos através de alterações na composição lipídica e na estrutura protéica da membrana celular, que acabam reduzindo a fragilidade osmótica dos eritrócitos, enquanto o exercício anaeróbico afeta a composição lipídica e a estrutura protéica da membrana celular, tornando os eritrócitos suscetíveis às variações osmóticas (HANZAWA *et al.*, 1999).



## 2.11 Freqüência Cardíaca

O sistema de transporte de oxigênio está intimamente envolvido na realização de atividade física. Em diferentes espécies, tem-se verificado que a freqüência cardíaca aumenta de forma linear à medida que aumenta a intensidade do exercício (aumento do consumo de energia ou do consumo de oxigênio). A freqüência cardíaca em diferentes espécies é inversamente proporcional ao peso do animal. O conhecimento acerca da freqüência cardíaca máxima que pode ser atingida é muito limitado (ASHEIM *et al.*, 1970).

A resposta cardíaca ao exercício pode ser prevista, através do aumento da freqüência cardíaca dos atletas durante o repouso. A freqüência cardíaca aumenta rapidamente no início do exercício, alcançando um pico máximo em aproximadamente 30 a 45 segundos e depois diminui antes de atingir um platô durante o estado de equilíbrio. O primeiro pico varia conforme o nível de esforço exigido pela atividade, a temperatura do cavalo, o grau de experiência ou treinamento do animal para a atividade e do tipo de aquecimento realizado anteriormente. Os aumentos da freqüência cardíaca tendem a ocorrer de forma mais gradual quando a atividade é contínua e de longa duração ou com aumento da carga de esforço durante a atividade. A descarga simpática, responsável pela taquicardia durante o exercício também provoca mobilização esplênica de plasma e hemácias (FREGIN; THOMAS, 1982).

A freqüência cardíaca decresce rapidamente após os primeiros minutos de término do esforço físico. A taxa de redução da freqüência cardíaca pós-exercício e o tempo necessário para que sejam alcançados níveis pré-exercício dependem da duração e intensidade da atividade física, da capacidade física do animal e de alguns fatores extrínsecos, como temperatura e umidade ambiental. A freqüência cardíaca em cavalos atletas adultos é em média 35 batimentos/min. Freqüências cardíacas de 240 batimentos/minutos ou mais foram relatadas durante exercício máximo ou próximo ao esforço máximo em cavalos de corrida. Durante a natação foram registradas freqüências cardíacas máximas mais baixas tanto em atletas humanos como em atletas equinos (THOMAS *et al.*, 1980).

A freqüência cardíaca está fortemente relacionada ao esforço físico em cavalos de corrida. A resposta cardíaca parece ser linear para corridas em piso plano com velocidade

variando de 200 a 800 m/min. A relação entre frequência cardíaca e velocidade em cavalos de correndo com 10% de inclinação, aumenta linearmente até 480 m/min e depois tende a estabilizar (FREGIN; THOMAS, 1982).

Asheim *et al.* (1970) registraram frequências cardíacas de 30 a 40 batimentos/minuto. Durante o trabalho de trote rápido, foram verificadas frequências cardíacas de 200 batimentos/minuto e durante o galope foram detectadas frequências entre 210 e 238 batimentos/minuto.

Art *et al.* (1990a) registraram valores de frequência cardíaca de  $43,9 \pm 1,9$  batimentos/minuto em cavalos de salto em repouso. Durante a prova obtiveram picos de frequência cardíaca de  $191,4 \pm 3,8$  batimentos/min. A frequência cardíaca mostrou um aumento progressivo, desde o início até o final da prova, variando de  $178,7 \pm 4,5$  batimentos/minuto para  $191,4 \pm 3,8$  batimentos/minuto. Após 2 minutos, a frequência cardíaca caiu para  $101,5 \pm 7,0$  batimentos/minuto.

A avaliação dos efeitos de exercício físico realizado em esteira ergométrica submersa em água mostrou diferenças significativas na frequência cardíaca medida antes e após a realização do exercício. Os valores oscilaram entre  $32 \pm 1,6$  b.p.m. em repouso para  $69 \pm 15,4$  b.p.m. após caminhada a  $1,56 \pm 0,08$  m/s por 30 min e  $96 \pm 11,8$  b.p.m. após trote a  $2,9 \pm 0,13$  m/s por 20 min com os membros submersos (VOSS; MOHR; KRZYWANEK, 2002).

Os cavalos apresentaram aumento de 50% na frequência cardíaca após o trabalho, assim como descrito em cavalos de corrida e em humanos (ART *et al.*, 1990a). Em animais desempenhando exercício sub-máximo, a frequência cardíaca aumenta rapidamente, apresentando um pico aproximadamente 30 a 40 segundos após o início da atividade, seguida de uma queda antes de atingir um platô durante o equilíbrio dinâmico “steady state”.

A frequência cardíaca e o lactato correlacionam-se a velocidade (PERSSON, 1983). O ponto de acúmulo de lactato é definido como o limite alcançado quando a corrida atinge 350 a 400 m/min: neste ponto o lactato e a frequência cardíaca devem subir para valores superiores a 4 mmol/l e 150 a 160 batimentos/min. respectivamente.

Rose *et al.* (1983) encontraram frequências cardíacas médias de  $176 \pm 8$  batimentos/min após 15 minutos de trote na primeira semana de treinamento (trote a 200

m/min durante 5 minutos) e frequência cardíaca média de  $178 \pm 9$  batimentos/minuto na sétima semana de treinamento (trote a 200 m/min por 12 minutos).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Gerais**

Avaliar as variações bioquímicas e hematológicas produzidas por diferentes tipos exercícios físicos, em cavalos de salto.

#### **3.2 Específicos**

O presente estudo teve por objetivos específicos:

Determinar os valores hematológicos de eqüinos submetidos a exercício físico em esteira, trabalho montado e prova de salto.

Determinar os valores sanguíneos de glicose, lactato, creatinina, uréia, sódio, potássio e bicarbonato de cavalos submetidos a exercício físico em esteira, trabalho montado e prova de salto.

Determinar as variações nos níveis das enzimas creatina quinase, aspartato aminotransferase e lactato desidrogenase de eqüinos submetidos a exercício em esteira, trabalho montado e prova de salto.

Verificar as alterações de frequência cardíaca em eqüinos submetidos a exercício físico em esteira, trabalho montado e prova de salto.

Determinar valores basais para parâmetros bioquímicos e hematológicos de eqüinos de raças de salto.

Comparar as variações produzidas pelos três protocolos de exercício nos parâmetros hemato-bioquímicos de eqüinos de salto.

## **4 HIPÓTESES**

### **4.1 Hipótese Conceitual**

Os diferentes tipos de exercício físico produzem no equino, alterações que ocasionam variações nos constituintes sanguíneos.

### **4.2 Hipóteses Operacionais**

Os parâmetros hematológicos e bioquímicos sanguíneos e fisiológicos variam após um ciclo de exercício.

A alteração nas concentrações dos parâmetros bioquímicos e hematológicos não é igual para equinos de salto submetidos a diferentes tipos de exercício utilizados neste estudo.

O exercício altera as concentrações séricas de glicose, lactato, uréia, creatinina, sódio, potássio, bicarbonato.

A dosagem sérica das enzimas creatina quinase, aspartato aminotransferase e lactato desidrogenase se altera com o exercício.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Animais Experimentais**

Foram utilizados 17 animais da raça Brasileiro de Hipismo (BH), de ambos os sexos, com idades variando de 5 a 12 anos foram avaliados em três situações distintas de exercício e uma de repouso (grupo controle).

Os animais foram mantidos em cocheiras de alvenaria, na Sociedade Hípica Porto Alegrense, recebendo uma dieta composta de ração comercial, na frequência de duas vezes ao dia, feno de gramínea e água a vontade.

Os equinos foram pesados e examinados com 24 horas de antecedência ao início do experimento. O exame consistiu na avaliação da temperatura retal, frequência cardíaca e ausculta cardíaca, coloração das mucosas e tempo de preenchimento capilar.

Os animais pertencentes à amostragem estavam habituados a prática do exercício em esteira, trabalho montado e prova de salto.

### **5.2 Tamanho da Amostra**

Para  $\alpha=0,05$  e poder estatístico de 80%, o tamanho mínimo da amostra (n) foi calculado em 13 animais (KIRKWOOD, 1988).

Foram utilizados 04 animais a mais do que a quantidade calculada para suprir eventuais perdas durante os procedimentos experimentais.

### **5.3 Grupos e Protocolos de Exercício**

Grupo Controle: animais mantidos em repouso na baia por período mínimo de 24 horas sem realização de exercício físico.

Grupo Esteira: os animais foram submetidos a exercício em esteira com inclinação de 0° por 20 e 40 minutos, a velocidade constante de 5 m/s.



Esteira ergométrica para eqüinos - Haras Joter - Porto Alegre RS

Grupo Treinamento: os animais foram submetidos a 40 minutos de exercício físico, 10 minutos ao passo, 20 minutos de trote e 10 minutos de galope em pista plana de areia.

Grupo Prova: os animais foram submetidos a uma prova de salto, com velocidade média de 350 m/min. e obstáculos com altura de 1,20 m, extensão do percurso de 430 m.

O tempo decorrido entre a realização dos protocolos e subsequente coleta das amostras de sangue e parâmetros foi de aproximadamente 12 dias. A coleta das amostras foi realizada durante os meses de agosto e setembro com condições climáticas de temperatura variando de 11 a 15°C e umidade relativa do ar variando de 65 a 80 %.

## **5.4 Amostragens, Tempos de Coletas e Análises**

### **5.4.1 Tempos de Coleta e Verificação de Parâmetros**

As coletas e verificação de parâmetros ocorreram de acordo com cada grupo. Previamente à realização do exercício foram coletadas amostras de sangue e medida a frequência cardíaca em repouso com os animais na cocheira.

No grupo Esteira, foram realizadas coletas de amostras de sangue com 20 minutos de atividade física e após 40 minutos de exercício, com exceção das amostras de sangue para hemograma que foram colhidas em repouso e após os 40 minutos de exercício. A frequência cardíaca foi aferida após o término da atividade física.

No grupo Treinamento, foi realizada uma coleta de sangue imediatamente após o término da atividade física. A frequência cardíaca foi verificada imediatamente após o término da sequência de treinamento.

No grupo Prova, as coletas foram realizadas imediatamente após o término da prova de salto, juntamente com a verificação da frequência cardíaca.



### 5.4.2 Amostragens

Para as análises hematológicas foram feitas coletas de sangue venoso (veia jugular) em tubos de ensaio de 5 ml contendo EDTA (K<sub>3</sub>) líquido a 10% em todos os grupos. As coletas foram realizadas em tubos de ensaio contendo fluoreto de sódio para a dosagem de lactato e glicose e sem aditivos para as dosagens enzimáticas, de eletrólitos, bicarbonato, uréia e creatinina. As amostras foram coletadas antes do exercício (Controle), após a realização do exercício físico em esteira (grupo Esteira), após 40 minutos de trabalho montado (grupo Treinamento) e após a realização de prova de salto (grupo Prova).

A partir da coleta de sangue venoso em repouso, foi realizada uma segunda coleta aos 20 minutos de atividade física em esteira a velocidade constante de 5 m/s e após 40 minutos de atividade em esteira. Nos demais grupos a coleta ocorreu após a realização da atividade física.

### 5.4.3 Processamento das Amostras

Para as determinações hematológicas, as amostras foram processadas segundo técnica descrita por Schalm (1986) e os valores avaliados foram o hematócrito (Ht), contagem de eritrócitos (Er), a concentração de hemoglobina (Hb) e contagem total de leucócitos. Estas determinações foram realizadas no Laboratório de Análises Clínicas do Jockey Club do Rio Grande do Sul (JCRGS).

O plasma foi extraído para a dosagem de glicose e lactato. As amostras foram congeladas para posterior análise no Laboratório de Análises Clínicas da Fundação Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul.

Para as demais análises, foi extraído o soro por centrifugação das amostras a 5000 rotações por minuto durante 5 minutos e o soro foi separado em alíquotas de 100 µl, envasado em tubos de *Eppendorf* e congelado para a dosagem das enzimas creatina quinase (CK), aspartato aminotransferase (AST), lactato desidrogenase (LDH) e fosfatase alcalina (FA), sódio, potássio, bicarbonato, uréia e creatinina.

#### 5.4.4 Análises Bioquímicas

A determinação das proteínas plasmáticas totais foi realizada por refratometria.

Com exceção da dosagem de bicarbonato, todas as demais foram realizadas em aparelho INTEGRA 400 da ROCHE.

A dosagem de lactato foi realizada por método enzimático colorimétrico com lactato oxidase e 4-aminoantipirina, através do kit COBAS INTEGRA LACTATE da ROCHE.

A glicose foi determinada por método enzimático (hexoquinase), no aparelho INTEGRA 400, com o kit COBAS INTEGRA GLUCOSE HK LIQUID da ROCHE.

A dosagem de CK foi realizada com o kit COBAS INTEGRA CREATINE KINASE (CKL) da ROCHE, por metodologia enzimática (CK, HK, G6PDH).

A enzima AST foi dosada através de método enzimático malato desidrogenase (MDH) com o kit COBAS INTEGRA ASPARTATO AMINOTRANSFERASE da ROCHE.

A LDH foi determinada por método enzimático padrão ( $\text{NAD}^+$  oxidoreductase), através do kit COBAS INTEGRA LACTATE DEHYDROGENASE (P-L) da ROCHE.

A dosagem de fosfatase alcalina foi determinada através de método cinético colorimétrico (4-nitrofenóxido) com o kit COBAS INTEGRA ALKALINE PHOSPHATASE IFCC da ROCHE.

A uréia foi determinada por método cinético com uréase e glutamato desidrogenase, através do kit COBAS INTEGRA UREA/BUN da ROCHE.

As concentrações de sódio e potássio foram analisadas por meio de eletrodos seletivos no aparelho INTEGRA 400 da ROCHE.

Para a determinação da concentração de creatinina foi utilizado kit COBAS INTEGRA Creatinine Jaffé da ROCHE, por método reação cinética de Jaffé tamponada sem desproteinização (picrato).

A concentração de bicarbonato foi determinada por gasometria em aparelho RAPIDLAB 348 da BAYER.

#### 5.4.5 Freqüência Cardíaca

A frequência cardíaca (FC) foi verificada em repouso e após a realização da atividade física determinada para cada grupo. Foi realizada auscultação da região cardíaca através de estetoscópio juntamente com a aferição do pulso para a verificação da frequência durante 1 minuto.

## **5.5 Análise Estatística**

Os dados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Foram utilizados os testes de ANOVA para Medidas Repetidas para as comparações entre grupos.

As variáveis obtidas e relacionadas como correspondentes aos valores dentro do grupo testado foram testadas pelo teste  $t$  de Student.

Foram consideradas significativas as diferenças cuja probabilidade de erro  $\alpha$  fosse menor do que 5% ( $P < 0,05$ ).



## 6. Resultados

### 6.1 Parâmetros Hematológicos

**Tabela 1** – Número de eritrócitos ( $\cdot 10^6/\mu\text{l}$ ), concentração plasmática de hemoglobina (g/dl), e número de leucócitos ( $/\mu\text{l}$ ) de equinos em repouso (controle) e submetidos a 20 e 40 minutos de exercício em esteira ergométrica em uma velocidade constante de 5 m/s, treinamento montado (10 minutos ao passo, 20 minutos ao trote e 10 ao galope) e após prova de salto (350 m/minuto, 1,20 m de altura, 430 metros). Os valores são representados pela média  $\pm$  desvio padrão, com n= 17 animais por grupo.

Parâmetros hematológicos	Repouso (controle)	Esteira 40 minutos	Treinamento	Prova
Eritrócitos $\cdot 10^6/\text{ml}$	8,18 <sup>a</sup> $\pm$ 0,73	8,55 $\pm$ 0,54	8,84 <sup>b</sup> $\pm$ 0,69	9,54 <sup>c</sup> $\pm$ 1,26
Hematócrito %	32,64 $\pm$ 3,02	35,88 <sup>b</sup> $\pm$ 3,48	39,29 <sup>c</sup> $\pm$ 3,80	43,23 <sup>d</sup> $\pm$ 6,56
Hemoglobina g/dl	12,3 $\pm$ 1,43	11,24 $\pm$ 1,32	12,91 $\pm$ 1,16	14,07 <sup>a</sup> $\pm$ 1,86
Leucócitos $/\mu\text{l}$	8217 $\pm$ 1216	8300 $\pm$ 1107	7988 $\pm$ 1462	8241 $\pm$ 1450

Letras sobrescritas diferentes indicam variação estatisticamente significativa entre os grupos (P<0,05)

## 6.2 Parâmetros Bioquímicos

**Tabela 2** – Concentração plasmática de proteínas totais (PPT) e concentrações séricas de creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), aspartato amino transferase (AST), fosfatase alcalina (FA), lactato, glicose, bicarbonato, uréia, creatinina, sódio e potássio de equinos submetidos a exercícios em esteira ergométrica (coleta 20 e 40 minutos), treinamento montado (Treinamento) e Prova de Salto. Os valores são representados pela média  $\pm$  desvio padrão, com n=17 animais por grupo.

Parâmetros bioquímicos	Repouso (controle)	Esteira 20 minutos	Esteira 40 minutos	Treinamento	Prova	
PPT	g/L	60,1 <sup>a</sup> $\pm$ 3,5	-	58,7 <sup>a</sup> $\pm$ 3,4	66,6 <sup>b</sup> $\pm$ 4,2	66,7 <sup>b</sup> $\pm$ 4,7
CK	UI/L	64,35 <sup>a</sup> $\pm$ 16,24	66,58 <sup>a</sup> $\pm$ 13,28	77,59 <sup>ac</sup> $\pm$ 30,61	103,06 <sup>b</sup> $\pm$ 34,15	91,70 <sup>bc</sup> $\pm$ 42,25
LDH	UI/L	224,24 <sup>a</sup> $\pm$ 75,39	225,70 <sup>a</sup> $\pm$ 68,51	249,06 <sup>a</sup> $\pm$ 142,78	262,00 <sup>b</sup> $\pm$ 78,99	201,29 <sup>a</sup> $\pm$ 47,28
AST	UI/L	144,53 $\pm$ 53,30	148,70 $\pm$ 55,51	143,71 $\pm$ 40,86	125,24 $\pm$ 17,78	128,76 $\pm$ 34,00
FA	UI/L	109,53 <sup>a</sup> $\pm$ 33,98	99,59 <sup>a</sup> $\pm$ 27,72	100,06 <sup>a</sup> $\pm$ 20,49	143,94 <sup>b</sup> $\pm$ 28,93	150,59 <sup>b</sup> $\pm$ 37,15
Lactato	mmol/L	0,60 $\pm$ 0,15	0,47 $\pm$ 0,09	0,63 $\pm$ 0,12	0,56 $\pm$ 0,17	3,14 <sup>a</sup> $\pm$ 1,93
Glicose	mmol/L	5,46 <sup>a</sup> $\pm$ 0,652	4,79 $\pm$ 0,652	4,81 $\pm$ 0,576	4,53 $\pm$ 0,741	4,98 $\pm$ 1,12
Bicarbonato	mmol/L	22,82 $\pm$ 1,81	23,82 $\pm$ 2,37	23,94 $\pm$ 2,81	22,00 $\pm$ 5,17	22,53 $\pm$ 4,18
Uréia	mmol/L	6,50 $\pm$ 1,93	6,64 $\pm$ 2,05	6,58 $\pm$ 1,92	6,29 $\pm$ 1,32	6,32 $\pm$ 1,15
Creatinina	$\mu$ mol/L	107,84 <sup>a</sup> $\pm$ 6,18	109,61 <sup>a</sup> $\pm$ 8,84	112,27 <sup>b</sup> $\pm$ 4,42	137,02 <sup>c</sup> $\pm$ 15,91	140,55 <sup>c</sup> $\pm$ 13,26
Sódio	mmol/L	136,29 $\pm$ 3,56	136,82 $\pm$ 3,35	136,4 $\pm$ 4,22	136,12 $\pm$ 2,64	136,29 $\pm$ 3,56
Potássio	mmol/L	3,55 <sup>a</sup> $\pm$ 0,29	3,75 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,32	3,81 <sup>ac</sup> $\pm$ 0,52	4,10 <sup>b</sup> $\pm$ 0,22	4,09 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,43

Letras diferentes indicam variação significativa (P<0,05) entre protocolos de trabalho

Os valores médios do número de eritrócitos ( $.10^6/\mu\text{l}$ ), concentração de hemoglobina (g/dl) e número de leucócitos ( $/\mu\text{l}$ ) de eqüinos submetidos a trabalho em esteira, por 20 e 40 minutos, a velocidade constante de 5m/s (Esteira), trabalho montado (Treinamento) e prova de salto (Prova), encontram-se relacionados na Tabela 1.

A contagem de eritrócitos mostrou-se significativamente diferente ( $P<0,05$ ) quando comparados todos os grupos de exercício e os valores obtidos na média dos animais em repouso. Os grupos Esteira e Treinamento não diferiram significativamente ( $P>0,05$ ), independente do fato de que no segundo grupo, o valor nominal mostrou-se mais elevado do que no primeiro. O grupo prova de hipismo mostrou uma contagem de eritrócitos superior às demais ( $P<0,05$ ).

Todos os grupos avaliados diferiram estatisticamente entre si quando comparados os percentuais de hematócrito. O valor médio do grupo Repouso foi inferior aos demais, o grupo Esteira foi inferior ao grupo Treinamento e no grupo Prova foi registrado um valor mais elevado do que nos demais grupos, com resultado estatisticamente significativo ( $P<0,05$ ). A oscilação entre o período de repouso e após prova foi próximo a dez pontos percentuais.

A concentração de hemoglobina plasmática manteve-se nos grupos Repouso, Esteira e Treinamento. Ocorreu uma variação significativa apenas no grupo Prova, onde a elevação registrada repercutiu estatisticamente ( $P<0,05$ ) e foi congruente com o ocorrido na contagem de hemácias, que também se elevou significativamente.

Não ocorreu variação significativa na contagem de leucócitos em nenhum dos grupos avaliados, com os valores permanecendo dentro dos limites referenciados como fisiológicos.

Todos os valores hematológicos dosados e avaliados no grupo Prova mostraram-se superiores aos registrados nos demais grupos e protocolos considerados.

Na Tabela 2 estão demonstradas as concentrações plasmáticas de proteínas totais e concentrações séricas das enzimas creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), aspartato amino-transferase (AST), fosfatase alcalina (FA), lactato, glicose, bicarbonato, uréia, creatinina, sódio e potássio de eqüinos, antes da atividade física e após os eqüinos serem submetidos a exercício em esteira a velocidade constante de 5m/s, trabalho montado (passo, trote, galope) e prova de salto (350 m/minuto, 1,20 m de altura, 430 m de extensão).

A concentração das proteínas plasmáticas (g/L) mostrou uma elevação significativa nos grupos Treinamento e Prova quando comparados com os outros dois grupos considerados no estudo (Repouso e Esteira). A média dos animais no grupo Esteira foi inferior ao obtido em repouso mas sem repercussão estatística.

As modalidades de exercício utilizadas nos grupos Esteira, Treinamento e Prova promoveram uma elevação nominal na concentração de CK. No entanto no grupo Esteira a elevação não foi suficiente para promover uma diferença estatisticamente significativa quando comparado com o grupo Repouso ou com o grupo Prova. O grupo Treinamento foi o que revelou a maior média de concentração, estatisticamente superior aos grupos Repouso e Esteira, no entanto sem diferir do grupo Prova.

A concentração de LDH diferiu significativamente apenas entre os grupos Treinamento e Prova. Sendo que no grupo Treinamento, assim como já ocorrera com o parâmetro CK, a média obtida foi superior a dos demais grupos.

As médias obtidas para a enzima AST não se alteraram estatisticamente em nenhum dos exercícios propostos para este estudo.

O comportamento observado na variação da enzima FA demonstrou que exercício em Esteira não promoveu uma diferença significativa ( $P > 0,05$ ) em relação a concentração sérica obtida com o animal em repouso. O tipo de exercício desenvolvido nos grupos Treinamento e Prova provocou uma elevação significativamente diferente do valor basal e do exercício em esteira ( $P < 0,05$ ), assim como pode ser observado quando analisado o valor de CK.

A concentração de lactato sérico foi semelhante com os animais em repouso e após os exercícios em esteira e trabalho montado ( $P > 0,05$ ). O grupo de animais avaliados após uma prova de salto revelou uma concentração de lactato em torno de 5 vezes a observada nos demais grupos, levando a uma diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ).

No grupo de equinos abordados em repouso, a concentração de glicose sérica foi estatisticamente superior ( $P < 0,05$ ) àquela mensurada após os três tipos de atividade física consideradas neste estudo (Esteira, Treinamento e Prova). Nominalmente, o grupo Treinamento demonstrou uma concentração média inferior aos demais e o grupo Prova revelou a concentração mais próxima do parâmetro basal.



A dosagem do bicarbonato redundou em estabilidade nos valores séricos para os três grupos considerados. As alterações foram discretas e não promoveram variações significativas.

Na análise das concentrações de uréia sérica, observa-se uma constância nos níveis. Os demais grupos revelaram valores próximos, mesmo quando comparadas às coletas em repouso e aquela realizada após uma prova de salto.

Todos os grupos demonstraram valores de concentração de creatinina sérica superiores aos obtidos com os animais sob condições basais. Em termos de análise estatística, o grupo Esteira foi significativamente superior ao grupo Repouso, enquanto os demais grupos mostraram-se estatisticamente semelhantes entre si e com valores mais elevados do que os anteriores. Desta forma, a média obtida no grupo Prova, que foi a mais elevada, foi semelhante à do grupo Treinamento, mas diferente ( $P < 0,05$ ) dos níveis basais e após o esforço depreendido em esteira ergométrica.

O íon sódio apresentou valores constantes entre os grupos, não variando significativamente ( $P > 0,05$ ).

Após trabalho em esteira ergométrica, não houve diferença estatística na concentração de potássio sérico, quando comparado com o valor em repouso. O grupo Treinamento e o grupo Prova promoveram uma média estatisticamente ( $P < 0,05$ ) superior àquela observada antes do início da atividade física.

### 6.3 Freqüência Cardíaca

Tabela 3 – Variação da freqüência cardíaca em batimentos por minuto em eqüinos em repouso, submetidos a exercício em esteira ergométrica em velocidade constante de 5 m/s, após treinamento montado (10 minutos ao passo, 20 minutos ao trote e 10 minutos ao galope) e após prova de salto (350 m/minuto, 1,20 m de altura, 430 m de extensão). Os valores são representados pela média  $\pm$  desvio padrão, com n=17 animais por grupo.

Grupo	Freqüência Cardíaca (bpm)
Repouso	35,6 <sup>a</sup> $\pm$ 3,5
Esteira	60,0 <sup>b</sup> $\pm$ 16
Treinamento	124,0 <sup>c</sup> $\pm$ 8
Prova	184,3 <sup>d</sup> $\pm$ 8,3

Letras diferentes sobrescritas indicam variação estatisticamente significativa entre grupos (P<0,05).

Os valores médios ( $\pm$  desvio padrão) da freqüência cardíaca (FC=b.p.m.), encontram-se relacionados na tabela 3. Está demonstrada a freqüência antes da atividade física e após os eqüinos serem submetidos a trabalho em esteira a velocidade constante de 5m/s, treinamento montado (passo, trote, galope) e prova de salto (350 m/minuto, 1,20 m de altura, 430 m de extensão).

Após todos os tipos de atividades físicas utilizadas neste estudo, ocorreu uma diferença estatisticamente significativa em relação ao período basal. O mesmo ocorreu quando foram comparados os grupos de atividade física entre si.

## 7 Discussão

### 7.1 Aspectos Relativos ao Uso da Esteira Ergométrica para Equinos

O treinamento de equinos, a despeito de toda evolução que ocorre mundialmente em termos de diagnóstico e monitoramento, segue de uma maneira geral um programa baseado em técnicas e protocolos concebidos há muito. O uso da esteira ergométrica para equinos trouxe várias vantagens adicionais, não só em termos diagnósticos, mas também como um importante auxiliar no treinamento (FREDRICSON *et al.*, 1983; EVANS; ROSE, 1988a; GEOR *et al.*, 2002; McGOWAN *et al.*, 2002; PRINCE *et al.*, 2002), principalmente quando a relação número de animais/cavaleiro está desequilibrada.

A automação do equipamento permitiu na concepção do presente estudo, estudar o nível do impacto promovido por um padrão de exercício pré-estabelecido e mensurável, do ponto de vista velocidade, constância e duração, características ressaltadas por Seeherman (1991).

O modelo do equipamento utilizado permitia a definição da velocidade (arbitrada em função do ritmo desejado, no caso trote, em 5 m/s, padrão também utilizado por Davie *et al.* (1999). A velocidade utilizada por Gansen *et al.* (1999) em avaliação do efeito do condicionamento sobre o lactato, variou a partir de 2,8 m/s, estabelecendo uma média de 3,8 m/s com uma duração variando entre 25 a 45 minutos.

A inclinação utilizada para o presente estudo foi de 0°, ou seja, o exercício era realizado nivelado ao solo.

A duração definida foi de 40 minutos, também a partir da experiência anterior que supriria a necessidade de exercício para aquele animal, naquele turno. Esta duração foi bem superior à utilizada por Davie *et al.* (1999), que também pretendia analisar alterações metabólicas.

A instalação do equipamento em um local adequado e especialmente construído para recebê-lo como é o caso da esteira utilizada é fator importante para a avaliação dos animais como também previne desconforto e acidentes. (SEEHERMAN, 1991).

Com o tempo definido e o treinamento prévio dos animais no uso da esteira ergométrica, não havia necessidade de permanecer alguém acompanhando o exercício.

Mesmo em caso de alguma irregularidade como reação do animal a estímulos externos ou queda, a preocupação era restrita devido a um dispositivo de segurança que interrompia o funcionamento do equipamento nestas situações.

As outras modalidades de exercício avaliadas como o trabalho montado e a avaliação pós-prova de salto foram evidentemente mais sujeitas a variações individuais de velocidade, intensidade e duração.

## **7.2 Aspectos Hematológicos**

Os parâmetros hematológicos verificados em repouso para equinos de salto foram compatíveis com os estabelecidos por Tyler *et al.* (1987). Encontravam-se dentro dos limites fisiológicos descritos por Robinson (2003), Schalm (1979) e semelhantes aos detectados por Art *et al.* (1990a) para equinos de salto em repouso.

A avaliação dos componentes hematológicos em equinos submetidos a exercício em esteira a velocidade constante de 5 m/s com 0% de inclinação por 40 minutos mostrou comportamento semelhante aos verificados por Jablonska *et al.* (1991) após utilizar um protocolo de treinamento de salto para cavalos Puro Sangue. O hematócrito, a hemoglobina e as proteínas plasmáticas totais apresentaram pequenas variações quando comparados os valores em repouso e obtidos após 40 minutos de atividade em esteira em uma velocidade constante de 5 m/s com 0% de inclinação. Os autores atribuíram a ausência de alterações à baixa intensidade do exercício, considerado abaixo do requerido para que a contração esplênica seja efetiva. Exercícios físicos realizados abaixo da frequência cardíaca de 150 batimentos/minuto não provocam contração esplênica máxima e, por isso provocam alterações amenas de hematócrito, número de eritrócitos e concentração de hemoglobina.

O aumento de hematócrito verificado após o exercício em esteira é resultante de mobilização de eritrócitos oriundos do baço e redistribuição do volume plasmático circulante. O aumento da concentração de proteínas plasmáticas totais embora não tenha atingido nível de significância estatística, ocorre possivelmente em função da perda de fluidos do compartimento vascular pelo suor, conforme relatado por Rose *et al.* (1983), Jablonska *et al.* (1991), Mc Keever *et al.* (1993) Andrews *et al.* (1995).

McKeever *et al.* (1993) descreveram o aumento de hematócrito em cavalos submetidos a diversas intensidades de exercício. O hematócrito apresentou elevação rápida durante a primeira fase de um teste de exercício em esteira realizado a velocidade de 4 m/s.

Com exceção do número de leucócitos, a comparação dos elementos hematológicos (eritrócitos, hemoglobina, hematócrito) apresentou diferença estatística significativa em relação ao grupo repouso. A magnitude no aumento do número de eritrócitos, na concentração de hemoglobina, hematócrito e na concentração de proteínas plasmáticas totais foi superior para o grupo submetido à prova de salto (350 m/min, 1,20 m de altura, 430 metros), possivelmente em função da maior intensidade da atividade física, níveis de cortisol plasmático elevados, associados ao estresse a que os animais são submetidos durante uma prova de hipismo. Aguilera-Tejero *et al.* (2000), verificaram aumento na concentração de hemoglobina (de  $11,8 \pm 0,5$  g/dl para  $18,0 \pm 0,6$  g/dl) e proteínas totais (de  $7,5 \pm 0,2$  g/dl para  $8,3 \pm 0,2$  g/dl) quando comparados os valores pré-exercício e pós-exercício. A elevação da concentração de hemoglobina é uma resposta fisiológica do organismo ao exercício que serve para aumentar a capacidade de oxigenação do sangue. Os níveis de hemoglobina são influenciados tanto pela intensidade do exercício físico quanto pela excitação individual ocasionada pelo ambiente da prova conforme relatado por Rose *et al.* (1983) e Voss, Mohr e Krzywanek. (2001). Williamson *et al.* (1996) associaram as maiores elevações no número de eritrócitos e proteínas totais à maior intensidade do exercício sub-máximo realizado acima de 170 batimentos/minuto. Art *et al.* (1990a) verificaram aumento significativo de hematócrito e concentração de proteínas plasmáticas totais em equinos submetidos a provas de salto (altura dos obstáculos = 1,30m, extensão do percurso = 460 m), quando comparados os valores basais e pós-prova. Em provas de salto pertencentes a um campeonato de 3 dias, Rose *et al.* (1980) detectaram aumento de proteínas plasmáticas totais de  $68,0 \pm 4,7$  g/l para  $73,1 \pm 6,2$  g/l após a prova.

Os percentuais de hematócrito revelaram diferença estatisticamente significativa quando comparados os grupos entre si, revelando uma tendência de elevação à medida que a intensidade do exercício aumenta, conforme Lloyd *et al.* (1993), Harkins, Beadle e Kamerling. (1993), Harris e Snow (1992), Andrews *et al.* (1995), Hamlin, Shearman e Hopkins (2002). Seherman e Morris (1991) verificaram que o pico de aumento de hematócrito foi acompanhado pelo pico de  $VO_2$  e isto aconteceu quando a atividade física

aumentou de intensidade. Há uma relação de causa e efeito entre hematócrito e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$ ), para a disponibilização de oxigênio e manutenção do metabolismo aeróbico máximo.

A concentração de proteínas plasmáticas totais mostrou elevação significativa nos grupos Trabalho e Prova quando comparados com os grupos Repouso e Esteira. Harris e Snow (1992) relataram elevações sutis na concentração de proteínas plasmáticas totais quando o exercício físico é realizado em baixa intensidade. À medida que a intensidade do exercício aumenta, ocorre elevação da concentração de proteínas plasmáticas totais com o pico de elevação ocorrendo próximo ao pico de elevação do hematócrito. As variações na concentração de proteínas plasmáticas totais e hematócrito são similares às reportadas por Judson, Frauenfelder e Mooney (1983) e Snow *et al.*, (1983), Rose; Purdue e Hensley (1977), Snow *et al.* (1982). As variações de proteínas plasmáticas totais têm sido utilizadas como um indicador das variações de volume plasmático. Com o aumento de intensidade do exercício, há um aumento não linear de proteínas plasmáticas totais. Em humanos, há um ponto de máxima concentração de proteínas plasmáticas totais que coincide com o limite anaeróbico. (HARRIS; SNOW, 1988).

Hinchcliff *et al.* (2002) observaram a existência de uma interação significativa entre o condicionamento físico e o tempo de duração do exercício de alta intensidade para que ocorra elevação nos níveis de proteínas plasmáticas totais. O condicionamento promove uma redução na concentração plasmática de proteínas totais durante o repouso, no final do período de aquecimento e durante os 30 primeiros minutos de atividade de alta intensidade. Não altera, entretanto, a concentração de proteínas plasmáticas após o exercício de alta intensidade nem afeta o percentual de hematócrito.

Diferentemente do relatado por Rose *et al.* (1983), o número de leucócitos não variou significativamente em nenhum dos grupos avaliados no presente trabalho. Provavelmente em função de diferenças no protocolo de exercício utilizado (1 minuto ao passo em esteira a velocidade de 110 m/min, seguida por 12 minutos de trote a velocidade de 200 m/min, duas vezes ao dia) e na raça dos animais. Esses autores verificaram aumento do número de leucócitos com neutrofilia e linfocitose. O exercício provoca aumento transitório da concentração plasmática de catecolaminas, ACTH e cortisol em resposta ao estímulo do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. As catecolaminas promovem mobilização de

eritrócitos e linfócitos provenientes do baço, enquanto o ACTH e o cortisol estimulam a produção de neutrófilos e migração de granulócitos para os tecidos. A contagem de leucócitos totais pode aumentar entre 10 e 30 % dependendo da intensidade e duração do exercício. O grau de variação não é tão dramático para o número de leucócitos quanto para o número de eritrócitos, hematócrito e concentração de hemoglobina. As elevações de hematócrito está correlacionado com o aumento da intensidade do exercício e é decorrente da perda de fluidos do plasma. Os parâmetros hematológicos podem ser influenciados não somente pelo exercício físico, mas também pela raça, sexo, idade alimentação. (PICCIONE *et al.*, 2001).

### **7.3 Aspectos Relativos ao Comportamento Enzimático**

A concentração sérica de creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), aspartato aminotransferase (AST) e fosfatase alcalina (FA) de equinos submetidos a exercício em esteira ergométrica, não mostrou diferença estatística significativa entre as amostras colhidas em repouso, após 20 minutos de exercício e após 40 minutos de exercício. Os valores permaneceram dentro dos limites fisiológicos descritos por Robinson (2003), Art *et al.* (1990a), Art *et al.* (1990b), Szwarcoka-Priebe e Gill (1984).

Os resultados obtidos na avaliação do comportamento da enzima LDH durante a após o exercício em esteira foram semelhantes aos obtidos por Mc Gowan *et al.* (2002).

Quando comparados os grupos Repouso, Esteira, Treinamento e Prova verificou-se que a concentração de CK aumentou nominalmente à medida que se intensificou a atividade física. O grupo Treinamento revelou maior média de concentração, diferindo estatisticamente dos grupos Repouso e Esteira, mas sem diferir do grupo Prova, conforme relatado por Snow *et al.* (1982) e Andrews *et al.* (1995).

Segundo Harris, Marlin e Gray (1998) o efeito do exercício físico na atividade enzimática de CK em cavalos saudáveis, depende do condicionamento físico do animal, da intensidade do exercício, da duração e do ambiente.

Volfinger *et al.* (1994) submeteram equinos da raça Sela Francesa a corridas de 15, 30 e 60 km e verificaram as concentrações de CK após cada percurso. Somente detectaram aumento significativo de CK após a prova de 60 km. Judson, Frauenfelder e

Mooney (1983) analisaram a variação da medida das enzimas CK, LDH, AST, FA após a realização de exercício submáximo (realizado a velocidade de 10 m/s por 2 minutos) e exercício máximo (realizado a velocidade de 16 m/s por 1 minuto). Constataram que o exercício submáximo provocou variações significativas nas concentrações séricas de AST. O exercício máximo, por sua vez, ocasionou alterações nos teores de CK, LDH, FA. Os autores atribuíram o aumento na concentração de LDH e CK à hemoconcentração, uma vez que o grau de elevação da concentração foi semelhante ao verificado nas proteínas plasmáticas totais.

Keenan (1979) avaliou a concentração das enzimas CK e AST em cavalos de corrida, antes e após uma prova de 1100 metros. As variações nas concentrações destas enzimas não foi significativa após a prova. No entanto, foi detectado um aumento significativo na concentração sérica de CK, 3 horas após o término da corrida. De acordo com Anderson (1975a), os níveis de CK apresentam aumento máximo 5 horas após a realização da atividade física. A extensão do aumento nos níveis de CK pós-exercício é considerada inversamente proporcional ao preparo físico do equino e diretamente proporcional a duração da atividade física. Anderson (1975a) considerou que a extensão da variação dos níveis de CK apresenta uma relação inversa ao condicionamento físico do cavalo e uma relação direta com a duração do exercício.

A concentração de LDH apenas variou significativamente entre os grupos Trabalho e Prova. Art *et al.* (1990a) avaliaram a concentração enzimática de equinos de salto antes e após um campeonato de salto. Verificaram elevação significativa na atividade enzimática de CK, LDH e AST após a prova de salto. Rose, Purdue e Hensley (1977) constataram aumento da concentração de LDH 30 minutos após uma prova de enduro de 100 km. A elevação de LDH coincidia com a elevação na concentração de proteínas plasmáticas totais e foi atribuída à desidratação.

A média das concentrações da enzima AST não mostrou variação estatisticamente significativa entre os grupos de trabalho propostos neste estudo, o que vai ao encontro do que relataram Harris, Marlin e Gray (1998), Williamson *et al.* (1996), Rose, Purdue e Hensley (1977) e Milne *et al.* (1976). Andrews *et al.* (1995) por sua vez, verificaram aumento na atividade de AST após prova de salto pertencente a um evento de três dias, quando comparados os níveis obtidos com o animal em repouso e, imediatamente após a



prova e 10 minutos após o término da prova. Não houve diferença quando comparadas às concentrações enzimáticas obtidas após a prova. Snow *et al.* (1982) detectaram aumento moderado na concentração de AST após uma prova de enduro de 80 km a velocidade de 16 a 18 km /horas. Os autores atribuíram tal aumento ao decréscimo de volume plasmático e à hemólise intravascular.

As concentrações médias de FA não variaram significativamente entre os grupos Repouso e Esteira. Somente houve alteração significativa quando comparados os grupos Treinamento e Prova com os grupos Repouso e Esteira.

Rose *et al.* (1980) e Williamson *et al.* (1996) relataram aumento de fosfatase alcalina após um período de exercício de enduro. Possivelmente a diferença encontrada no presente trabalho seja resultante do aumento da intensidade do exercício e consequência da maior perda de fluidos ocorrida nestes grupos de Treinamento, uma vez que os níveis desta enzima permaneceram dentro dos limites fisiológicos.

#### **7.4 Variações na Concentração de Lactato**

Em sendo o lactato um marcador importante para a avaliação de desempenho (PÖSÖ, 2002), a estabilidade das concentrações séricas registradas neste estudo poderia depreender que a população avaliada estaria adaptada aos exercícios propostos. Atividades resultando em alterações extremas que levem à lesões ou mesmo fadiga dos animais testados (McGOWAN *et al.*, 2002), não foram registrados no presente estudo.

As dosagens séricas de lactato influenciadas pela técnica de coleta, conservação das amostras colhidas com fluoreto de sódio, com separação de hemácias e mantidas em temperaturas inferiores a 0°C, redundou em concentrações de lactato e glicose em repouso dentro de parâmetros normais. O método de mensuração utilizado neste trabalho forneceu dados compatíveis com os registrados em outros estudos (ANDERSON, 1975a; SNOW *et al.*, 1982; DAVIE *et al.*, 1999; FERRANTE; KRONFELD, 1994; HUBBELL *et al.*, 2000; GEOR *et al.*, 2002).

Em alguns estudos os valores basais mostraram-se levemente superiores aos obtidos no presente estudo (ESSÉN-GUATAVSSON; NYMAN; WAGNER, 1995; PRINCE *et al.*, 2002), assim como outros apresentaram valores inferiores no período basal (JABLONSKA

*et al.*, 1991), mas de qualquer maneira não diferiram de maneira a influenciar a análise dos dados. Os valores basais obtidos em animais treinados, segundo Donovan e Brooks (1983), não diferem daqueles registrados em equinos não condicionados.

A diferença observada apenas no grupo Prova, em relação ao período de repouso ou mesmo com as outras técnicas de treinamento e trabalho, pode ser justificada pela intensidade do treinamento. Guhl, Lindner e Von Wittke (1996), encontraram uma correlação altamente positiva entre a concentração de lactato e a intensidade das sessões de treinamento. No entanto, segundo Donovan e Brooks (1983), ocorre uma baixa concentração de lactato sanguíneo quando considerados animais treinados, característica da população utilizada no presente estudo. Em condições semelhantes de prova de salto, o trabalho desenvolvido por Art *et al.* (1990a), registrou níveis de lactato sanguíneo em torno de 9 mmol/l, bastante superior aos valores obtidos no presente estudo. Pela estimativa de velocidade deste trabalho (375 m/min), segundo Persson (1983), a concentração de lactato deveria elevar-se acima de 4 mmol/l. Ainda segundo as conclusões de Art *et al.* (1990a), embora a velocidade e duração mantidas neste tipo de competição sejam relativamente baixas, a energia fornecida não originou-se apenas de processos oxidativos mas também pelo metabolismo anaeróbico com conseqüente formação de lactato.

Em velocidades até 8 m/s, Thomassian *et al.* (2005) detectaram uma constância nas concentrações de lactato, o que também foi registrado neste trabalho, já que os animais submetidos a exercício em esteira foram mantidos a uma velocidade de 5m/s. Esta estabilidade foi também demonstrada por Davie *et al.* (1999) que submeteram equinos a exercício em esteira, a uma velocidade de 3,2 m/s durante 45 minutos, sem terem sido relacionadas alterações significativas na concentração de lactato sérico.

Mesmo não tendo sido estabelecida uma diferença significativa entre o período de repouso e o grupo trabalho, a redução observada pode ser atribuída a uma “clearance” exacerbada. Phillips *et al.* (1995) ao submeterem seres humanos a exercícios de baixa intensidade durante 15 e 30 minutos, detectaram uma redução nas concentrações de lactato. O treinamento poderia também induzir um balanço nas taxas de produção e remoção do lactato (ANDERSON, 1975a; DONOVAN; BROOKS, 1983). A não ocorrência de alterações na concentração de lactato em diferentes intensidades de exercício foi documentada por MacLeay *et al.* (2000).

Contraopondo aos dados aqui relacionados, Anderson (1975a), submeteu equinos a diferentes intensidades de exercício, obtendo elevações significativas em todos os tratamentos. Apenas a registrar, que no trote (5 m/s), a elevação foi de menor magnitude. Após 30 minutos de trote, foram registrados valores de lactato de até 2,8 mmol/l (ASHEIM *et al.*, 1970), bastante superiores aos registrados neste trabalho, porém sem explicitar se eram animais condicionados ou não no momento do estudo. Geor *et al.* (2002), também registraram após 30 minutos de exercício valores superiores aos aqui demonstrados (2,2 mmol/l) nos grupos Esteira e Treinamento, e em uma população de animais não treinados, a concentração foi marcadamente superior. Os resultados destes autores combinam com os obtidos por Milne *et al.*(1976).

### 7.5 Variações na Concentração de Glicose

No presente estudo, a concentração sérica de glicose apresentou redução estatisticamente significativa durante e após o exercício em esteira. Quando comparados os três protocolos de exercício com os níveis de glicose em repouso, verificamos que a concentração sérica de glicose sofreu redução significativa e mais acentuada no grupo Treinamento.

As variações dos níveis de glicose obtidas neste trabalho foram semelhantes às detectadas por Art *et al.* (1990a); Jablonka *et al.* (1991) e Foreman *et al.* (1996).

A tendência à redução dos valores sangüíneos de glicose apresentada no presente trabalho, provavelmente sejam consequência da intensidade do exercício praticado e do tempo de duração da atividade física. Exercícios físicos realizados em velocidade superior ou por um tempo mais longo como enduro, concurso completo eqüestre e corridas, provocam aumento na concentração de glicose sérica (GEOR *et al.*, 2002; FARRIS *et al.*, 1995; ROSE *et al.*, 1980).

Art *et al.* (1990a) avaliando o efeito de uma prova de salto (altura dos obstáculos = 1,30 m, percurso = 500 m) sobre os constituintes bioquímicos do sangue em cavalos de salto, observaram redução nos níveis de glicose de  $5,63 \pm 0,23$  mmol/l em repouso para  $4,29 \pm 0,23$  mmol/l após a prova.

O efeito do exercício sobre os níveis de glicose é variável com alguns animais apresentando aumento e outros redução. A glicemia durante o exercício não reflete de maneira fidedigna o metabolismo de carboidratos, pois, sua concentração, é resultado do consumo de glicose pelos tecidos e sua reposição hepática por glicogenólise e depende do balanço entre estes dois processos (ANDERSON, 1975a).

Art *et al.* (1990b) verificaram redução não significativa na concentração de glicose pré e pós-exercício em cavalos de salto após competição, com médias variando de  $5,43 \pm 0,20$  mmol/l para  $5,05 \pm 0,22$  mmol/l.

Jablonska *et al.* (1991) relataram que a concentração de glicose varia como conseqüência do balanço entre o consumo pelos músculos e a taxa de glicogenólise e gliconeogênese. As mudanças nos níveis de glicose dependem do tipo de atividade desempenhada. Verificaram redução da concentração de glicose imediatamente após o teste de exercício em esteira (5 minutos ao passo, 10 minutos de trote e 3 minutos a velocidade de 350 m/min.). O exercício físico é acompanhado por variações na regulação hormonal da glicemia. A elevação de catecolaminas e redução da glicemia durante o exercício reduz a secreção basal de insulina e estimulam a secreção de glucagon.

Após o exercício sub-máximo, foram reportadas elevações e reduções nos níveis de glicose (ANDERSON, 1975a; DYBDAL; GRIBBLE; MADIGAN, 1980; SNOW *et al.*, 1982).

Johnson *et al.* (1969) avaliaram em humanos o efeito de 30 minutos de exercício sobre a glicemia. Verificaram que a concentração de glicose apresentava valores inferiores aos basais em indivíduos atletas, enquanto em indivíduos não-atletas a concentração era igual ou levemente superior.

Foreman *et al.* (1996) verificaram redução na concentração de glicose em cavalos após um período de exercício em esteira consistindo de 10 minutos de trote a velocidade de 3,7 m/s, galope a 11 m/s por 4 minutos e trote a 3,7 m/s por 30 minutos.

Dybdal, Gribble e Madigan. (1980) detectaram redução da glicemia após um percurso de 160 km de enduro. Snow *et al.* (1982), por sua vez, verificaram aumento dos níveis de glicose plasmática durante a primeira metade de um percurso de 80 km de uma prova de enduro. Durante a segunda metade do percurso, os cavalos apresentaram redução nas concentrações de glicose.

## 7.6 Variações na Concentração Sérica de Bicarbonato

As concentrações séricas de bicarbonato apresentaram-se dentro dos parâmetros fisiológicos, compatíveis com os descritos na literatura (ROBINSON, 2003; VOSS; MOHR; KRZYWANEK, 2002; EVANS *et al.*, 1994). A comparação da dosagem sérica de bicarbonato em repouso e após os três protocolos de exercício não revelou variações estatísticas significativas.

Aguilera-Tejero *et al.* (2000) verificaram que a prática do salto resulta em alterações significativas do equilíbrio ácido-básico, com elevação significativa dos níveis de lactato após o exercício. Este aumento não é tão drástico como o descrito em equinos de trote ou galope em função da intensidade e duração do exercício de salto ser menor. As variações da concentração de lactato são compensadas por variações na concentração de bicarbonato.

No presente estudo, as concentrações séricas de bicarbonato mantiveram-se estáveis mesmo no grupo Prova, que revelou aumento significativo de lactato após o exercício. A estabilidade dos níveis de bicarbonato provavelmente seja resultante de compensação respiratória e adaptação física dos animais, com redução dos níveis de  $PCO_2$ , conforme descrito por Foreman *et al.* (1996), Bayly *et al.* (1989).

Art *et al.* (1990a) relataram que provas de salto realizadas a velocidade moderada (350 m/minuto) não promovem variações na concentração de bicarbonato.

## 7.7 Variações na Uréia

Na avaliação do exercício em esteira a 5 m/s com 0° de inclinação, não ocorreu variação estatística significativa, quando comparados os valores de uréia obtidos em repouso, após 20 minutos de exercício e após 40 minutos. As concentrações de uréia não variaram de forma significativa quando comparados os grupos Repouso, Esteira Treinamento e Prova.

Andrews *et al.* (1995) verificaram que a concentração plasmática de uréia não era alterada significativamente por um período de exercício a velocidade média de 579 m/min.

num percurso de 6200 metros. Da mesma forma, Keenan (1979) comprovou que os níveis de uréia permanecem estáveis após um período de atividade física de alta intensidade como uma corrida de 1100 metros a velocidade de 16-17 m/s. O autor concluiu que a estabilidade na concentração de uréia indica que a filtração glomerular não é afetada de forma drástica pela atividade física de alta intensidade.

Judson, Frauenfelder e Mooney (1983) não observaram variação na concentração de uréia após um período de exercício sub-máximo em esteira (2 minutos a 10 m/s).

Rose *et al.* (1983) verificaram estabilidade na concentração de uréia em cavalos submetidos à exercício sub-máximo em esteira (1 minuto a 110 m/s) seguido por 5 minutos ao trote a velocidade de 200 m/s duas vezes ao dia. Os valores obtidos em repouso foram de  $7,4 \pm 0,6$  mmol/l. Não houve variações significativas nos demais tempos de coleta realizadas após 5 minutos de trote e 15 minutos de trote. As variações na concentração de uréia somente tornaram-se significativas quando o tempo de realização do exercício foi prolongado. O aumento da concentração de uréia foi atribuído ao aumento do catabolismo protéico associado à atividade física.

Pösö, Essén-Gustavsson e Person (1993) não detectaram variações nas concentrações de uréia quando compararam os níveis obtidos em animais em repouso e após um teste de exercício que compreendia 2 minutos de caminhada a 2 m/s seguido por 2 minutos de trote nas velocidades de 6,7, 8 e 9 m/s.

Mullen, Hopes e Sewel *et al.* (1979) detectaram variações muito pequenas nas concentrações de uréia pós-treinamento. Rose *et al.* (1980) constataram elevação nos níveis de uréia após uma prova de enduro. Consideraram que esta elevação era consequência da hemoconcentração aliada ao aumento do catabolismo protéico.

Grosskopf, Van Rensburg e Bertschinger (1982) analisaram os níveis de uréia em animais durante um enduro de 3 dias. As amostras coletadas antes e após cada percurso revelaram aumento dos níveis médios de uréia. Este aumento foi atribuído à maior taxa de glicogênese e desaminação de aminoácidos.

## **7.8 Variações na Concentração de Creatinina**

As concentrações séricas de creatinina variaram significativamente após 40 minutos de exercício em esteira a 5 m/s com inclinação de 0°.

Quando foram comparados os níveis de creatinina em repouso e após exercício em esteira, trabalho montado e prova, o grupo Esteira demonstrou valores significativamente superiores ao grupo Repouso. O grupo Treinamento e Prova mostraram níveis de creatinina estatisticamente semelhantes, mas superiores ao grupo Esteira.

Elevação na concentração de creatinina foram relatados por vários autores após a realização de diferentes tipos de exercício (ROSE *et al.*, 1980; KEENAN, 1979; SNOW *et al.* 1982; KERR; SNOW, 1983).

O aumento na concentração de creatinina com o exercício é semelhante ao observado em humanos. O fato é considerado uma consequência da redução da taxa de filtração glomerular associado ao maior desgaste de células musculares (KEENAN, 1979).

Rose *et al.* (1980) atribuíram o aumento da concentração de creatinina a redução de volume plasmático e aumento do catabolismo protéico muscular. Segundo Kerr e Snow (1983) a elevação dos níveis de creatinina ocorre antes da elevação dos níveis de uréia pelo fato de que a excreção de uréia pelos rins não é reduzida de forma significativa durante o exercício físico, além do fato de que a uréia também é excretada pelo suor.

O exercício máximo e sub-máximo provocam elevação imediata e prolongada nas concentrações plasmáticas de creatinina. Estas concentrações permanecem elevadas até 60 minutos após cessar a atividade física (JUDSON; FRAUENFELDER; MOONEY, 1983). O aumento de creatinina é consequência da combinação da elevação do catabolismo da fosfocreatina nas células musculares e aumento da concentração plasmática.

## **7.9 Variações na Concentração de Sódio**

No presente estudo, não foram detectadas diferenças estatísticas nas concentrações séricas de sódio após a realização de diferentes atividade física nos grupos Esteira, Treinamento e Prova.

Os valores de sódio obtidos em repouso e após cada grupo de exercício encontravam-se dentro dos limites fisiológicos descritos por Foreman *et al.* (1996), Frey,

Kline e Foreman (1995), Art *et al.* (1990a), Carlson e Mansmann (1974), Williamson (1974), Leaf (1962).

De forma semelhante, McKeever *et al.* (1993) não detectaram alteração nas concentrações de sódio durante e após um período de exercício em esteira, com inclinação de 6° e avaliações realizadas nas velocidades de 4, 5, 6 e 7 m/s. Os autores sugeriram que a perda de volume plasmático se deve a uma troca isotônica de fluidos no espaço intersticial, consistente com as observações em humanos.

Carlson e Mansmann (1974) verificaram redução da concentração de sódio quando comparados os níveis séricos em repouso e pós-exercício em cavalos de enduro. O suor é rico em  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$ . A concentração de sódio reduziu de 139,6 em repouso para 136,6 mmol/L após o enduro.

Harris e Snow (1988) não constataram diferenças na concentração de sódio após um período de 2 minutos a uma velocidade de 8 m/s por um período de 2 minutos. Entretanto, à medida que se intensificou a atividade física, houve um aumento significativo na concentração de sódio. Este aumento não foi proporcional ao verificado nas concentrações de potássio e proteínas totais em função da perda deste íon pelo suor (VAN BEAUMONT *et al.*, 1973; KERR; SNOW, 1983; ROSE *et al.*, 1980; ANDREWS *et al.*, 1995).

Craig *et al.* (1985) atribuíram a leve elevação dos níveis de sódio observados após uma partida de pólo, à perda de fluidos.

Keenan (1979) verificou que a concentração de sódio elevou-se de 138 para 147 mmol/l após uma corrida de 1100 m. O aumento detectado na concentração de proteínas plasmáticas totais foi superior ao aumento da concentração de eletrólitos. A maior perda de fluidos e eletrólitos do plasma para os tecidos durante o exercício e a retenção de proteínas no espaço vascular são as responsáveis por este fato.

Aguilera-Tejero *et al.* (2000) observaram uma elevação dos níveis de sódio após uma competição de salto. O aumento na concentração de sódio plasmático, foi resultado da perda de água (confirmada pelo aumento da concentração de proteínas totais). Entretanto, a elevação dos níveis séricos de sódio foi inferior a esperada a partir da elevação de proteínas plasmáticas. Esta diferença é justificada pela perda de íons sódio pelo suor. No presente estudo, as diferenças estatísticas verificadas na concentração de proteínas totais nos grupos



Treinamento e Prova em relação aos grupos Repouso e Esteira, não foram acompanhadas por elevações nas concentrações séricas de sódio, provavelmente devido à perda deste íon pelo suor.

### **7.10 Variações na Concentração de Potássio**

A concentração sérica de potássio não revelou diferença estatisticamente significativa quando comparados os níveis em repouso e os valores obtidos após 20 e 40 minutos de exercício em esteira a velocidade constante de 5 m/s, com inclinação de 0°.

Entretanto, os valores de potássio foram significativamente maiores nos grupos Treinamento e Prova quando comparados ao grupo Repouso. De maneira geral, a concentração sérica de potássio revelou uma tendência de aumento à medida que se intensificou o exercício físico. O grupo Treinamento e Prova não demonstraram diferenças significativas provavelmente por se tratar de atividades físicas cuja intensidade seja semelhante. O aumento de potássio, provavelmente seja consequência da perda de fluidos plasmáticos uma vez que o ponto de aumento na concentração de potássio coincide com o momento de aumento de proteínas plasmáticas totais (grupo Treinamento e grupo Prova). (AGUILERA-TEJERO, 2000; HARRIS; SNOW, 1988, 1992).

Rose *et al.* (1980) e Rose *et al.* (1983) verificaram aumento de potássio durante o exercício. Os valores retornaram aos níveis detectados pré-exercício. Aumentos dos valores de potássio foram relatados em humanos (VAN BEAUMONT *et al.*, 1973) após a atividade física e em equinos após provas de enduro. O aumento de potássio induzido pela atividade física foi atribuído à perda de fluidos do compartimento vascular e saída de potássio do interior da célula muscular para o plasma.

Harris e Snow (1988) verificaram um aumento pequeno, mas significativo na concentração plasmática de potássio no sangue venoso e arterial durante um período de caminhada a velocidade de 1,6 m/s e trote realizado a velocidade de 3,2 m/s.

Harris e Snow (1992) detectaram aumentos na concentração de potássio no período de preparação para o exercício (caminhada em esteira a velocidade de 1,6 m/s). A medida que a atividade física foi intensificada (trote e galope), a concentração de potássio

também aumentou. A extensão da elevação dos níveis de potássio é relacionada diretamente à intensidade do exercício.

Exercício sub-máximo prolongado em humanos está associado a um aumento inicial na concentração plasmática de potássio seguida por um platô e, a seguir, um aumento secundário com um pico no momento da fadiga (AHLBORG *et al.*, 1967).

Aguilera-Tejero *et al.* (2000) verificaram aumento de potássio ( $3,7 \pm 0,2$  para  $4,6 \pm 0,1$  mmol/L) após uma prova de salto. A elevação dos níveis de potássio foi atribuída a saída deste íon do compartimento intra para o compartimento extra-celular.

Williamson *et al.* (1996) atribuíram o aumento na concentração sérica de potássio após o exercício físico em parte a redução do volume plasmático que ocorre durante a atividade física intensa. Outro fator é o fluxo de potássio transmembrana para fora da célula muscular durante o exercício intenso. Exercícios de alta intensidade estão associados a maiores taxas de efluxo de potássio para fora da célula muscular.

Schott, Bohart e Eberhart (2002) relataram que a concentração sérica de potássio elevou-se para valores superiores aos detectados pré-exercício nas amostras coletadas durante as fases de um teste de exercício extenuante desde o aquecimento até a fase de alta velocidade em esteira. Os autores estimaram que aproximadamente 10% do potássio é proveniente do espaço intracelular a partir de células musculares em atividade. A perda de fluidos provoca hemoconcentração e aumento das concentrações de vários constituintes plasmáticos, incluindo sódio e potássio. O potássio pode elevar-se em até 100% dos valores em repouso após uma atividade física extenuante. Este aumento não é resultante unicamente da redução de volume plasmático, mas também de saída deste íon do interior das células.

A saída de potássio do interior das células provoca redução do potencial de ação das membranas e perda de excitabilidade (GREEN, 1997).

### **7.11 Variações na Frequência Cardíaca**

As frequências cardíacas obtidas em repouso e após os protocolos de exercício revelaram valores compatíveis com os valores de referência para a espécie equina

(THOMAS *et al.*, 1980; ASHEIM *et al.*, 1970) e revelaram um aumento progressivo desde o repouso até o desenvolvimento dos diferentes tipos de exercício.

A frequência cardíaca apresentou valores superiores no grupo Prova. Este grupo foi o que apresentou elevação significativa nas concentrações de lactato. De acordo com Art *et al.*, (1990a), a frequência cardíaca e a concentração de lactato correlacionam-se diretamente com a velocidade. O ponto em que ocorre acúmulo de lactato sanguíneo (4 mmol/l) durante o exercício ocorre quando a velocidade do exercício atinge 350 a 400 m/minuto. Nesse momento a frequência cardíaca atinge 150 a 160 batimentos/minuto.

A frequência cardíaca está fortemente relacionada ao esforço físico. Asheim *et al.* (1970) registraram valores de frequência cardíaca superiores durante o trabalho de trote rápido e galope.

O progressivo aumento da frequência cardíaca com os três protocolos de exercício são semelhantes aos detectados por Voss, Mohr e Krzywanek, (2002).

## 8 CONCLUSÕES

O exercício físico provoca variações em alguns parâmetros hemato-bioquímicos em cavalos de salto. Estas variações dependem da intensidade do exercício aplicado.

Entre os parâmetros hematológicos avaliados, somente a contagem eritrocitária e o percentual de hematócrito variam após um ciclo de exercícios. Ambos se elevam à medida que o exercício se torna mais intenso. A contagem leucocitária não é influenciada por exercício de baixa intensidade ou mesmo provas de salto.

Dos parâmetros bioquímicos analisados, a enzima aspartato aminotransferase, sódio e uréia não são alterados por nenhum dos protocolos de exercício utilizados neste estudo. Os demais parâmetros variaram de forma distinta à medida que se intensifica a atividade física.

O exercício em esteira produz variações amenas em poucos dos parâmetros avaliados. As atividades desempenhadas no treinamento e prova produzem variações de magnitude superior.

A concentração sérica de glicose é reduzida pela atividade física desempenhada nos três protocolos de exercício aplicados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA-TEJERO, E. et al. Quantitative analysis of acid-base balance in show jumpers before and after exercise. **Research in Veterinary Science**, v. 68, n.2, p. 103-108, Apr. 2000.
- AHLBORG, B. et al. Muscle glycogen and muscle electrolytes during prolonged physical exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 70, n. 2, p. 129-142, 1967.
- ANDERSON, M.G. The effect of exercise on blood metabolite levels in the horse. **Equine Veterinary Journal**, v. 7, n. 1, p. 27-33, 1975a.
- ANDERSON, M.G. The influence of exercise on serum enzyme levels in the horse. **Equine Veterinary Journal**, v. 7, n. 3, p. 160-165, 1975b.
- ANDREWS, F. M. et al. Haematological and biochemical changes in horses competing in a 3 star horse trial and 3-day-event. **Equine Veterinary Journal**, suppl. 20, p. 57-63, 1995.
- ART, T. et al. Effect of show jumping on heart rate, blood lactate and other plasma biochemical values. **Equine Veterinary Journal**., suppl. 9, p. 78-82, 1990a.
- ART T. et al. A field study of post-exercise values of blood biochemical constituents in jumping horses : relationship with score, individual and event. **Journal of Veterinary Medicine Series A**, v. 37, n. 3, p. 231-239, 1990b.
- ART, T.; FRANCHIMONT, P.; LEKEUX, P. Plasma  $\beta$ -endorphin response of thoroughbred horses to maximal exercise. **Veterinary Record**, v. 135, n. 21, p. 499-503, 1994.
- ASHEIM, A. et al. Heart rates and blood lactate concentrations of Standardbred horses during training and racing. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 157, n. 3, p. 304-312, 1970.
- BARREY, E. et al. Stride characteristics of overground versus treadmill locomotion in the saddle horse. **Acta Anatomica**, v. 146, v. 2-3, p. 90-94, Feb./Mar., 1993.
- BAYLY, W.M. et al. Exercise-induced hypercapnia in the horse. **Journal of Applied Physiology**, v. 67, n. 5, p. 1958-1966, Nov. 1989.
- BAYLY, W.; SCHOTT, H.; SLOCOMBE, R. Ventilatory responses of horses to prolonged submaximal exercise. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 18, p. 23-28, 1995.

BEAUMONT, W.; UNDERFLOKER, S.; BEAUMONT, S. Erythrocyte volume, plasma volume and acid-base changes in exercise and heat dehydration. **Journal of Applied Physiology**, v. 50, n. 6, p. 1255-1262, Jun. 1981.

BREWER, B.D. The urogenital system. In: KOTERBA, A.M.; DRUMMOND, W.H.; KOSCH, P.C. (Eds.). **Equine clinical neonatology**. Philadelphia: Lea & Febinger, 1990. p. 446.

BROOKS, G.A. et al. Cardiac and skeletal muscle mitochondria have a monocarboxylate transporter MCT1. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 5, p. 1713-1718, nov. 1999.

BUCHNER, H.H.F. et al. Kinematics of treadmill versus overground locomotion in horses. **The Veterinary Quarterly**, v. 16, suppl. 2, p. S87-S90, 1994.

CARLSON, G.P.; MANSMANN, R.A. Serum electrolyte and plasma protein alterations in horses used in endurance rides. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.165, n. 3, p. 262-264, 1974.

CASTRO JR., J.F.C. **Avaliação da resposta hematológica, respiratória e cardiocirculatória de equinos submetidos a três diferentes protocolos de indução anestésica**. 1996. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

CASTRO JR, J.F.C. **Avaliação da influência da medicação pré-anestésica sobre os efeitos da anestesia geral intravenosa nos parâmetros endócrinos e metabólicos relacionados ao estresse em equinos**. 2003. 112 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COESTER, N.; ELLIOTT, J.C.; LUFT, U.C. Plasma electrolytes, pH, and ECG during and after exhaustive exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 34, n. 5, p. 677-682, May 1973.

COGGAN, A.R. Plasma glucose metabolism during exercise in humans. **Sports Med.**, v. 11, n. 2, p. 102-124, Feb. 1991.

CRAIG, L. et al. Changes in blood constituents accompanying exercise in polo horses. **Cornell Veterinarian**, v. 75, n. 2, p. 297-302, 1985.

DAVIE, A.J. et al. Effects of muscle glycogen depletion on some metabolic and physiological responses to submaximal treadmill exercise. **Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 63, n. 4, p. 241-247, Oct. 1999.

DERMAN, K.D.; NOAKES, T.D. Comparative aspects of exercise physiology. In: HODGSON, D. R.; ROSE, R. J. (Eds.). **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: Saunders, 1994. p. 13-25.

DONOVAN, C.M.; BROOKS, G.A. Endurance training affects lactate clearance not lactate production. **American Journal of Physiology**, v. 244, n. 1, p. 83-92, 1983.

DYBDAL, N.O. et al. Alterations in plasma corticosteroids, insulin and selected metabolites in horses used in endurance rides. **Equine Veterinary Journal**, v. 12, n. 3, p. 137-140, 1980.

EATON, M.D. Energetics and performance. In: HODGINS, D.R.; ROSE, R.J. (Eds). **The athletic horse**. Philadelphia: Saunders, 1994. p. 49-61.

EATON, M.D. et al. Maximal accumulated oxygen deficit in Thoroughbred horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 78, n. 4, p. 1564-1568, Apr. 1995.

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

EVANS, D. L.; ROSE, R. J. Cardiovascular and respiratory responses in thoroughbred horses during treadmill exercise. **Journal of Experimental Biology**, v. 134, p. 397-408, Jan. 1988a.

EVANS, D. L.; ROSE, R.J. Determination and repeatability of maximum oxygen uptake and other cardiorespiratory measurements in the exercising horse. **Equine Veterinary Journal**, v. 20, n. 2, p. 94-98, 1988b.

EVANS, D.L. et al. Gait and respiration in standardbred horses when pacing and galloping. **Research in Veterinary Science**, v. 57, n. 2, p. 233-239, Sept. 1994.

ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; NYMAN, G.; WAGNER, P. Muscle and blood metabolic responses to intense exercise during acute hypoxia and hyperoxia. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 18, p. 181-187, 1995.

ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; KRLSTROM, K.; LINDHOLM, A. Fiber types, enzyme activities and substrate utilisation in skeletal muscles of horses competing in endurance rides. **Equine Veterinary Journal**, v. 16, n. 3, p. 197-202, 1984.

ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; VALBERG, S. Blood and muscle ammonia concentrations in horses during treadmill work and after racing. In: GILLESPIE, J.R.; ROBINSON, N.E. (Eds.). **Equine exercise physiology**. 2. ed. San Diego: ICEEP, 1987. p. 456-463.

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

FERRANTE, P.L.; KRONFELD, D.S. Effect of sample handling on measurement of plasma glucose and blood lactate concentrations in horses before and after exercise. **American Journal of Veterinary Research**, v. 55, n. 11, p. 1497-1500, 1994.

- FOREMAN, J.H. et al. Muscle responses of Thoroughbreds to conventional race training and detraining. **American Journal of Veterinary Research**, v. 51, n. 6, p. 909-913, June 1990.
- FOREMAN, J.H. et al. Acid-base and electrolyte effects of shortening steeplechase in a three-day-event. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 22, p. 85-90, 1996.
- FREDRICKSON, I. et al. Treadmill for equine locomotion analysis. **Equine Veterinary Journal**, v. 15, n. 2, p. 111-115, 1983.
- FREGIN, G.F.; THOMAS, D.P. Cardiovascular response to exercise in the horse: a review. In: SNOW, D.H.; PERSSON, S.G.B.; ROSE, R.J. **Equine exercise physiology**. Cambridge: Burlington, 1982. p. 76-90.
- FREY, L.P.; KLINE, K.H.; FOREMAN, J.H. Effects of prerace exercise, frusemide, sex and ambient temperature on blood sodium, bicarbonate and pH values in Standardbred horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 27, n. 3, p. 170-173, May 1995.
- GANSEN, S. et al. Effects of conditioning horses with lactate-guided exercise on muscle glycogen content. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 30, p. 329-331, 1999.
- GAUGHAN, E.M. Exercise Intolerance. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 12, n. 3, p.495-513, 1996.
- GEOR, R.J. et al. Training-induced alterations in glucose metabolism during moderate-intensity exercise. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 34, p. 22-28, 2002.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 198p.
- GREEN, H.J. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 15, n. 3, p. 247-256, June 1997.
- GROSSKOPF, J.F.W.; VAN RENSBURG, J.J.; BERTSCHINGER, H.F. Haematology and blood biochemistry of horses during a 210 Km endurance ride. In: SNOW, D.H.; PERSSON, S.G.B.; ROSE, R.J. (Eds.). **Equine exercise physiology**. Cambridge: Granta Editions, 1982. p. 416-424.
- GUHL, A.; LINDNER, A.; VON WITTKE, P. Use of relationship between blood lactate and running speed to determine the exercise intensity of horses. **The Veterinary Record**, v. 139, n. 5, p. 108-110, Aug. 1996.
- GUY, P.S.; SNOW, D.H. The effect of training and detraining on muscle composition in the horse. **Journal physiology**, v. 269, n. 1, p. 33-51, 1977.



HAMILTON, R.W.; GARNER, L.B.; PENN, A.S. Acute tubular necrosis caused by exercise-induced myoglobinuria. **Annals of Internal Medicine**, v. 77, n. 1, p. 77-82, 1972.

HAMLIN, M.J.; SHEARMAN, J.P.; HOPKINS, W.G. Changes in physiological parameters in overtrained Standardbred racehorses. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, n. 4, p. 383-388, 2002.

HANZAWA, K. et al. Fragility of red cells during exercise is affected by blood pH and temperature. **Equine Veterinary Journal**, Suppl., 30, p. 610-611, 1999.

HANZAWA, K.; WATANABE, S. Changes in osmotic fragility of erythrocytes during exercise in athletic horses. **Journal of Equine Science**, v. 11, n. 3, p. 51-61, 2000.

HARKINS, J.D.; BEADLE, R.E.; KAMERLING, S.G. The correlation of running ability and physiological variables in thoroughbred racehorses. **Equine Veterinary Journal**, v. 25, n. 1, p. 53-60, Jan. 1993.

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**, v. 155, n. 3, p. 295-304, May 1998.

HARRIS, R.C.; MARLIN, D.J.; SNOW, D.H. Metabolic response to maximal exercise of 800 and 2000 m in the thoroughbred horse. **Journal of Applied Physiology**, v.63, n. 1, p. 12-19, July 1987.

HARRIS, P.; SNOW, D.H. Plasma potassium and lactate concentrations in Thoroughbred horses during exercise of varying intensity. **Equine Veterinary Journal**, v. 24, n. 3, p. 220-225, May 1992.

HARRIS, P.; SNOW, D.H. The effects of high-intensity exercise on the plasma concentration of lactate, potassium and other electrolytes. **Equine Vet. J.**, v. 20, n. 2, Mar. p.109-113, 1988.

HINCHCLIFF, K.W. et al. High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses. **Equine Veterinary Journal**, 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**, v. 75, n. 2, p. 366-374, 1985.

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

HUBBELL, J.A.E. et al. Anesthetic, cardiorespiratory, and metabolic effects of intravenous anesthetic regimens induced in horses immediately after maximal exercise. **American Journal of Veterinary Research**, v. 61, n. 12, p. 1545-1552, 2000.

JABLONSKA, E.M. et al. Changes in some haematological and metabolic indices in young horses during the first year of jump-training. **Equine Veterinary Journal**, v. 23, n. 4, p. 309-311, 1991.

JANSSEN, G.M.E. et al. Plasma activity of muscle enzymes: quantification of skeletal muscle damage and relationship with metabolic variables. **Internal Journal of Sports Medicine**, v. 10, suppl. 3, p. 60-108, Oct. 1989.

JOHNSON, R.H.; et al. Metabolic fuels during and after severe exercise in athletes and non-athletes. **Lancet**, v. 2, n. 7618, p. 452, 1969.

JUDSON, G.J.; FRAUENFELDER, H.C.; MOONEY, G.J. Biochemical changes in Thoroughbred racehorses following submaximal and maximal exercise. In: SNOW, D.H.; PERSSON, S.G.B.; ROSE, R.J. (Eds.). **Equine exercise physiology**: proceedings of the first international conference. Cambridge: Granta Editions, 1983. p. 408-415.

JAIN N. C. (Ed.). **Schalm's Veterinary Hematology**. 4<sup>th</sup> ed. London: Lea & Febinger, 1986. 1221 p.

JUEL, C. Lactate/proton co-transport in skeletal muscle: regulation and importance for pH homeostasis. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 156, n. 3, p. 369-374, Mar. 1996.

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

JUEL, C. Regulation of muscle pH after activity. In: INTERNACIONAL CONFERENCE, 9., 1994, Aberdeen. **Biochemistry of exercise**. Aberdeen: [s.n.], 1994. p.56-57.

KANEKO, J.; HARVEY, J.; BRUSS, M. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5<sup>th</sup> Ed. San Diego: Academic Press. 1997. 932p.

KEENAN, D.M. Changes of blood metabolites in horses after racing, with particular reference to uric acid. **Australian Veterinary Journal**, v. 55, p. 54-57, 1979.

KERR, M.G.; SNOW, D.H. Plasma enzyme activities in endurance horses. In: SNOW, D.H.; PERSSON, S.G.B.; ROSE, R.J. **Equine Exercise Physiology**: proceedings of the first international conference. Cambridge: Granta Editions, 1983. p. 432-440.

KIRKWOOD, B.R. **Essentials of medical statistics**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1988. 248 p.

LACOMBE, V.A. et al. Muscle glycogen depletion and subsequent replenishment affect anaerobic capacity of horses. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 4, p. 1782-1790, Oct. 2001.

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

LACOMBE, V.A.; HINCHCLIFF, K.W.; TAYLOR, L.E. Interactions of substrate availability, exercise performance, and nutrition with muscle glycogen metabolism in horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 223, n. 11, p. 1576-1585, Dec. 2003.

LEAF, A. The clinical and physiological significance of the serum sodium concentration. **New England Journal of Medicine**. v. 267, n. 2, p. 24-30, 1962.

LLOYD, D.R. et al. Effects of sodium bicarbonate on cardiorespiratory measurements and exercise capacity in Thoroughbred horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 25, n. 2, p. 125-129, Mar. 1993.

LINDHOLM, A.; SALTIN, B. The physiological and biochemical response of Standardbred horses to exercise of varying speed and duration. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 15, n. 3, p. 310-324, 1974.

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**, v. 61, n. 11, p. 1390-1395, Nov. 2000.

MARKIEWICZ, K. et al. Changes in the concentrations of certain biochemical parameters in the peripheral blood during exercise and restitution after bloodletting. **Acta Physiologica Polonica**, v. 33, n. 3, p. 199-208, May/June 1982.

McGOWAN, C. et al. Effects of prolonged training, overtraining and detraining on skeletal muscle metabolites and enzymes. **Equine Veterinary Journal**, suppl., 34, p. 257-263, 2002.

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

MILLER, P.A.; LAWRENCE, L.M. The effect of submaximal treadmill training on heart rate and ammonia in Quarter horses. In: GILLESPIE, J.R.; ROBINSON, N.E. (Eds). **Equine exercise physiology 2**, Davis: ICEEP, 1986. p. 476-484.

MULLEN, P.A.; HOPES, R.; SEWELL, J. The biochemistry, haematology, nutrition and racing performance of two-year-old thoroughbreds their training and racing season. **Veterinary Record**, v. 104, n. 5, p. 90-95, Feb. 1979.

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

- MUÑOZ, A. et al. Effect of training duration and exercise on blood-borne substrates, plasma lactate and enzyme concentrations in Andalusian, Anglo-Arabian and Arabian breeds. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 34, p. 245-251, 2002.
- MURAKAMI, M. Hemolysis observed in continuous long distance running exercise in horses. **Experimental Reports of Equine Health Laboratory**, v. 11, p. 120-127, 1974.
- MURAKAMI, M.; TAKAGI, S. Effects of continuous long distance running exercise on plasma enzyme levels in horses. **Experimental Reports of Equine Health Laboratory**, v. 11, p. 106-118, 1974.
- PAGAN, J.D. et al.. Effects of fat adaptation on glucose kinetics and substrate oxidation during low-intensity exercise. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 34, p.33-38, 2002.
- PAGAN, J.D.; HARRIS, P.A. The effects of timing and amount of forage and grain on exercise response in thoroughbred horses. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. v. 30, p. 451-457, 1999.
- PAN, L.G.; FORSTER, H.V.; BISGARD, G.E.; KAMINSKI, R.P.; DORSEY, S.M.; BUSCH, M.A. Hyperventilation in ponies at the onset of and during steady-state exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 54, n. 5, p. 1394-1402, 1983.
- PARKS, C.M. & MANOHAR, M. Blood gas tensions and acid-base status in ponies during treadmill exercise. **American Journal of Veterinary Research**, v. 45, n. 1, p. 15-19, 1984.
- PERSSON, S.G.B. Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. In: SNOW, D.H.; PERSSON, S.G.B.; ROSE, R.J. (Eds.). **Equine exercise physiology**. Cambridge: Granta, 1983. p. 441-457.
- PHILLIPS, S.M. et al. Increased clearance of lactate after short-term training in men. **Journal of Applied Physiology**, v. 79, n. 6, p. 1862-1869, Dec. 1995.
- PICCIONE, G. et al. Different periodicities of some haematological parameters in exercise-loaded athletic horses and sedentary horses. **Journal Equine Science**, v. 12, n. 1, p. 17-23, 2001.
- POOLE, R.C.; HALESTRAP, A.P. Transport of lactate and other monocarboxylates across mammalian plasma membranes. **American Journal of Physiology**, v. 264, n. 4, p. 761-782, Apr. 1993.
- PÖSÖ, A.R.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; PERSSON, S.G.B. Metabolic response to standardized exercise test in Standardbred trotters with red cell hypervolaemia. **Equine Veterinary Journal**, v. 25, n. 6, p. 527-531, Nov. 1993.
- PÖSÖ, A.R. Monocarboxylate Transporters and Lactate Metabolism in Equine Athletes: A Review. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 43, n. 2, p. 63-74, 2002.

- PÖSÖ, A.R., LAMPINEN, K.J., RÄSÄNEN, L.A. Distribution of lactate between red blood cells and plasma after exercise. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 18, p. 231-234, 1995.
- PRINCE, A. et al. Comparison of the metabolic responses of trained Arabians and Thoroughbred during high- and low-intensity exercise. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 34, p. 95-99, 2002.
- RÄSÄNEN L.A., LAMPINEN, K.J., PÖSÖ, A.R. Responses of blood and plasma lactate and plasma purine concentrations to maximal exercise and their relation to performance in Standardbred trotters. **American Journal of Veterinary Research**, v. 56, n. 12, p. 1651-1656, Dec. 1995.
- ROBINSON, E. N. **Current therapy in equine medicine**. 5<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Saunders, 2003. 960 p.
- RONÉUS, M.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B. Skeletal muscle characteristics and metabolic response to exercise in young standbreds. **American Journal of Veterinary Research**, v. 58, n. 2, p. 167-170, Feb. 1997.
- RONÉUS, M. et al. Skeletal muscle characteristics in red blood cell normovolaemic and hypervolaemic Standardbred racehorse. **Equine Veterinary Journal**, v. 26, n. 4, p. 319-322, July 1994.
- ROSE, R.J. et al. Responses to submaximal treadmill exercise and training in the horse: changes in haematology, arterial blood gas and acid base measurements, plasma biochemical values and heart rate. **The Veterinary Record**, v. 113, n. 26/27, p. 612-618, Dec. 1983.
- ROSE, R.J.; HODGSON, D.R. Hematology and biochemistry. In: HODGSON, D.R.; ROSE, R. J. (Eds.). **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. Philadelphia: Saunders, 1994. p. 63-78.
- ROSE, R.J. et al. Plasma biochemistry in the horse during 3-day event competition. **Equine Veterinary Journal**, v. 12, n. 3, p. 132-136, 1980.
- ROSE, R.J.; PURDUE, R.A.; HENSLEY, W. Plasma biochemistry alterations in horses during an endurance ride. **Equine Veterinary Journal**, v. 9, n. 3, p. 122-136, 1977.
- ROWELL, L.B. et al. Saturation of arterial blood with oxygen during maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 19, n. 2, p. 284-286, 1964.
- ROWELL, L.R.; MASORO, E.J.; SPENCER, M.J. Splanchnic metabolism in exercising man. **Journal of Applied Physiology**, v. 20, n. 5, p. 1032-1037, 1965.

RYAN, C.; RADZIUK, J. Distinguishable substrate pools for muscle glycogen synthesis in lactate-supplemented recovery from exercise. **American Journal of Physiology**, v. 269, n. 3, p. 538-550, Sept. 1995.

SAKURAI, N.; YAMAOKA, S.; MURAKAMI, M. Relationship between exercise and changes in blood characteristics in horses. . **Experimental Reports of Equine Health Laboratory**, v. 4, p. 15-19, 1967.

SCHALM, O.W. Equine Hematology: the erythrocytes and plasma. **Equine Practice**, v. 1, n. 2, p. 37-42, 1979.

SCHOTT, H.C. O Sistema urinário In: REED, S.M.; BAYLY, W.M. **Medicina interna equina**. Philadelphia: Saunders, 2000. p. 701-702.

SCHOTT, H.C.; BOHART, G.V.; EBERHART, S.W. Potassium and lactate uptake by noncontracting tissue during strenuous exercise. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 34, p. 532-538, 2002.

SCHUBACK, K.; ESSÉN-GUSTAVSSON, B. Muscle anaerobic response to a maximal treadmill exercise test in Standardbred trotters. **Equine Veterinary Journal**, v. 30, n. 6, p. 504-510, 1998.

SEEHERMAN, H.J. Treadmill exercise testing: treadmill installation and training protocols used for clinical evaluations of equine athletes. **Veterinary Clinics of North America: equine practice**, v. 7, n. 2, p. 259-269, Aug. 1991.

SEEHERMAN, H.J.; MORRIS, E. A. Comparison of yearling, two-year-old and adult Thoroughbreds using a standardized exercise test. **Equine Veterinary Journal**, v. 23, n. 3, p. 175-184, May 1991.

SEEHERMAN, H.J.; MORRIS, E.; O'CALLAGHAN, M.W. The use 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.

SMITH, J.A. et al. Changes in the susceptibility of red cells to oxidative and osmotic stress following submaximal exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 70, n. 5, p. 427-436, May 1995.

SNOW, D.H.; BAXTER, P.; ROSE, R.J. Muscle fiber composition and glycogen depletion in horses competing in an endurance ride. **Veterinary Record**, v. 108, n. 17, p. 374, 1981.

SNOW, D.H. et al. Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. **Veterinary Record**, v. 110, n. 16, p. 377-384, 1982.

SNOW, D.H. et al. Post-race blood biochemistry in Thoroughbred. In: SNOW, D.H.; PERSSON, S.G.B.; ROSE, R.J. (Eds.). **Equine exercise physiology**. Burlington: Cambridge, 1983. p. 389-399.

SNOW, D.H., HARRIS, R.C., GASH, S.P. Metabolic response of equine muscle to intermittent maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 58, n. 5, p. 1689-1697, 1985.

SNOW, D.H.; RICKETTS, S.W.; MASON, D.K. Haematological response to racing and training exercise in Thoroughbred horses, with particular reference to the leucocyte response. **Equine Veterinary Journal**, v. 15, n. 2, p. 149-154, 1983.

SKELTON, M.S. et al. Lactate influx into red blood cells of athletic and nonathletic species. **American Journal of Physiology**, v. 268, n. 5, p. 1121-1128, 1995.

STEVENSON, R.W. et al. Lactate as substrate for glycogen resynthesis after exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 62, n. 6, p. 2237-2240, 1987.

SZWAROCKA-PRIEBE, T.; GILL, J. Seasonal enzyme activity changes in two aminotransferases AspAT and AlAT, acid and alkaline phosphatases and aldolase in the serum of Thoroughbred horses during a racing season. **Acta Physiologica Polonica**, v. 35, n. 3, p. 249-256, 1984.

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

THOMASSIAN, A. et al. Blood concentration of lactate and determination of V4 in Arabian horses during a incremental exercise test performed at a high-speed treadmill. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p. 63-68, 2005.

THORNTON, J.R. Exercise testing. **Veterinary Clinics of North America: equine practice**, v. 1, n. 3, p. 573-595, 1985.

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

TYLER, R.D. et al.. Hematologic values in horses and interpretation of hematologic data. **Veterinary Clinics of North America: equine practice**, v. 3, n. 3, p. 461-484, Dec. 1987.

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

VALBERG, S. Glycogen depletion patterns in the muscle of Standardbred trotters after exercise of varying intensities and durations. **Equine Veterinary Journal**, v. 18, n. 6, p. 479-484, Nov. 1986.

VALBERG, S. Metabolic response to racing and fiber properties of skeletal muscle in Standardbred and Thoroughbred horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 7, n. 1, p. 6-12, 1987.

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

VALBERG, S. et al. Blood chemistry and skeletal muscle metabolic responses during and after different speeds and durations of trotting. **Equine Veterinary Journal**, v. 21, n. 2, p. 91-95, Mar. 1989.

VAN BEAUMONT, W. Changes in total plasma content of electrolytes and proteins with maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 34, n. 1, p. 102-106, Jan. 1973.

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

VOSS, B.; MOHR, E.; KRZYWANEK, H. Effects of aqua-treadmill exercise on selected blood parameters and on heart-rate variability of horses. **Journal of Veterinary Medicine: series A**, v. 49, n. 3, p. 137-143, Apr. 2002.

WAHREN, J.P. et al. Glucose and amino acid metabolism during recovery after exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 34, p. 838-845, 1973.

WILLIAMSON, L.H. et al. Biochemical changes in three-day-event horses at the beginning, middle and end of Phase C and after Phase D. **Equine Veterinary Journal**, Suppl. 22, p. 92-98, 1996.

WILLIAMSON, H. Normal and abnormal electrolyte levels in the racing horse and their effect on performance. **Journal of the South African Veterinary Association**, v. 45, n. 4, p. 335-340, 1974.

YASHIKI, K.; KUSUNOSE, R.; TAKAGI, S. Diurnal variations of blood constituents in young Thoroughbred horses. **Journal of Equine Science**, v. 6, n. 3, p. 91-97, 1995.



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)