

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EFEITO DE DIETAS COM A ADIÇÃO DE NÍVEIS  
CRESCENTES DE ÓLEO DE SOJA SOBRE A ATIVIDADE  
ENZIMÁTICA E A DIGESTIBILIDADE APARENTE EM  
EQÜINOS SUBMETIDOS A ENDURO DE 80 KM

Autora: Roberta Ariboni Brandi  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Furtado

Tese apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá-Área de Concentração Produção Animal

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Outubro- 2007

# **Livros Grátis**

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

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EFEITO DE DIETAS COM A ADIÇÃO DE NÍVEIS  
CRESCENTES DE ÓLEO DE SOJA SOBRE A ATIVIDADE  
ENZIMÁTICA E A DIGESTIBILIDADE APARENTE EM  
EQÜINOS SUBMETIDOS A ENDURO DE 80 KM

Autora: Roberta Ariboni Brandi  
Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Furtado

Tese apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá-Área de Concentração Produção Animal

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Outubro- 2007

**“O homem se completa pelo cavalo”**

**O cavalo sendo, juntamente com o cão, o mais nobre e evoluído de todos os animais, ter-se-á que ser tratado com consideração.**

**Commandant Licart**

## AGRADECIMENTO

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais Carlos Roberto Brandi e Maria Clara Ariboni Brandi, e meu irmão Bruno Ariboni Brandi, pela oportunidade e apoio de vencer mais esta etapa da minha vida.

Aos meus avôs Teresa e Paolo Ariboni por me apoiarem e incentivarem.

A minha avó Angelina Brandi (*in memória*), pelo seu exemplo de força e objetividade, estimulando-me a prosseguir nos momentos difíceis.

Ao professor Carlos Eduardo Furtado, meu eterno orientador, por ser meu exemplo de vida e de pesquisador, por me apoiar nos momentos difíceis e colher comigo o fruto do nosso trabalho. A grande amizade e atenção a mim destinadas.

Aos professores Antonio de Queiroz Neto e José Corrêa de Lacerda Neto por me darem a oportunidade e a honra de fazer parte do grupo de pesquisa, e pela valiosa orientação.

Ao professor Elias Nunes Martins por transformar nossos ideais científicos em dados estatísticos e pelo auxílio e amizade.

Ao Sr. Eduardo Villela Villaça Freitas pelo convite a trabalharmos juntos e pela oportunidade de compartilhar seu imenso conhecimento.

A minha “família Maringá”: Liliane Piano, Patrícia Faquinello, Daneila Baba, Pablo Thiel, Luciano de Bortolo, Eder Barboza, Leonir Bueno, Vanessa, Ilan, Wallacy, Ossival, Ana Ton, Karina, Patricia Gomes, Nancy pelos bons momentos compartilhados. Ao meu amigo Alexandre Leseur pela ajuda na fase final.

A equipe de Jaboticabal, Raquel Albernaz, Otavio Soares, Lina Gomide, Marco Antonio, Fabiana Christovão, Deco, Bruna, Vando, Andre, Tales, Andrey, Anelise, Adriana, pela amizade e auxílio.

Aos cavalos, Zanan, Latifa, Liphard, Hannya, Queen, Khadja, Jade, Thor, Xuxu, Matuta, Bacana, Boneca, Prudente, Janio, Cherry, Velox, Alzira (*in memória*), Maite, Estela e Janaina, pelo esforço e companheirismo na geração destes dados.

A todos aqueles que me acompanharam e apoiaram nesta conquista.

## **BIOGRAFIA**

ROBERTA ARIBONI BRANDI, filha de Carlos Roberto Brandi e Maria Clara Ariboni Brandi, nasceu em Campinas, SP, em 24 de Setembro de 1979.

Concluiu o ensino médio no Colégio Integral, Campinas, SP, em 1997.

Em Março de 1998 ingressou na Universidade Federal de Lavras, na qual, em Dezembro de 2002, obteve o título de Zootecnista.

Em fevereiro de 2003 iniciou o curso de Pós-graduação em Zootecnia na mesma universidade, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em 6 de dezembro de 2004 submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de Mestre em Zootecnia, área de concentração Nutrição de monogástricos.

Em março de 2005 iniciou o curso de Pós Graduação em Zootecnia, no Programa de Pós Graduação da Universidade Estadual de Maringá.

Em 15 de setembro de 2005, submeteu-se a defesa da monografia para obtenção do título de Especialista em Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos, no curso de Lato Senso, da Universidade Federal de Lavras.

Em 4 de Outubro de 2007, submeteu-se a defesa da tese para obtenção do título de Doutor em Zootecnia, no Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	11
ABSTRAT .....	13
INTRODUÇÃO .....	15
1.1 O ENDURO EQUÍSTRE .....	15
1.2 NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DO CAVALO ATLETA .....	17
1.2.1 Nutrição e Alimentação do cavalo de enduro .....	19
1.3 BIOENERGÉTICA DO EXERCÍCIO .....	22
1.4 TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES.....	23
1.5 ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS AO EXERCÍCIO.....	24
1.6 EFEITO DA RAÇA, DO SEXO E DO EXERCÍCIO SOBRE OS TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES DOS EQUÍNOS.....	25
1.7 INTENSIDADE DO EXERCÍCIO.....	26
1.8 EFEITO DA ADIÇÃO DE ÓLEO E DO EXERCÍCIO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES DA DIETA.....	26
1.9 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS COMO PARÂMETROS DE IDENTIFICAÇÃO DO PERFIL METABÓLICO DE EQUÍNOS DE ESPORTE.....	28
1.9.1 Creatina Quinase (CK).....	28
1.9.2 Aspartato Aminotransferase (AST).....	30
1.9.3 Lactato Desidrogenase (LDH).....	30
1.9.4 Lactato .....	31
1.9.5 Glicemia .....	33
1.9.6 Utilização das enzimas plasmáticas CK, AST e LDH na avaliação do desempenho de equinos em exercício .....	35
1.9.7 Mensuração de valores plasmáticos de CK, AST, sobre o dano muscular de equinos atletas. ....	37
1.9.8 Demais parâmetros que auxiliam na avaliação do desempenho e do metabolismo energético de cavalos atletas.....	38
Bibliografia .....	40
OBJETIVOS .....	45
Capítulo 1.....	46
EFEITO DA ADIÇÃO DE ÓLEO E DO TREINAMENTO SOBRE A ATIVIDADE MUSCULAR DE CAVALOS SUBMETIDOS À PROVA DE RESISTÊNCIA.....	46
EFFECT OF DIETS WITH SOYBEAN OIL LEVELS AND THE TRAINING OF RESISTANCE HORSES ON THE MUSCLE ACTIVITY.....	47



INTRODUÇÃO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
CONCLUSÃO.....	60
LITERATURA CITADA .....	61
Capítulo 2.....	63
UTILIZAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA COMO INDICATIVO DE METABOLISMO ENERGÉTICO EM EQÜINOS SUBMETIDOS À PROVA DE ENDURO.....	63
ENZYMATIC ACTIVITY USED AS ENERGETIC METABOLISM INDICATIVE OF EQUINES UNDERGONE TO AN ENDURANCE RACE.....	64
INTRODUÇÃO .....	65
MATERIAL E MÉTODOS.....	66
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	70
CONCLUSÃO.....	74
LITERATURA CITADA .....	75
Capítulo 3.....	77
ADIÇÃO DE ÓLEO DE SOJA NA DIETA DE EQÜINOS SUBMETIDOS A ENDURO SOBRE PARÂMETROS DE DESEMPENHO .....	77
DIFFERENT SOYBEAN OIL LEVELS ON EQUINES DIETS UNDERGONE TO AN ENDURANCE RACE ANALYZING SOME PERFORMANCE PARAMETERS.....	78
INTRODUÇÃO .....	79
MATERIAL E MÉTODOS.....	80
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	84
CONCLUSÃO.....	90
LITERATURA CITADA .....	90
Capítulo 4.....	92
DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES DE DIETAS COM ADIÇÃO DE ÓLEO DE SOJA PARA EQÜINOS CONDICIONADOS PARA PROVA DE ENDURO .....	92
DETERMINATION OF APPARENT DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS IN DIETS WITH SOYBEAN OIL ADDITION FOR EQUINES CONDITIONED FOR AN ENDURANCE RACE .	93
INTRODUÇÃO .....	94
MATERIAL E MÉTODOS.....	95
RESULTADO E DISCUSSÃO .....	98
CONCLUSÃO.....	103
LITERATURA CITADA .....	103
CONCLUSÕES GERAIS.....	106

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características das fibras musculares dos eqüinos.....22

### Capítulo 1

Tabela 1: Composição percentual dos concentrados experimentais..... 50

Tabela 2: Composição Química dos concentrados experimentais (base na matéria seca).....51

### Capítulo 2

Tabela 1: Composição percentual dos concentrados experimentais.....67

Tabela 2: Composição Química dos concentrados experimentais (base na matéria seca).....68

### Capítulo 3

Tabela 1: Composição percentual dos concentrados experimentais.....81

Tabela 2: Composição Química dos concentrados experimentais (base na matéria seca).....82

### Capítulo 4

Tabela 1: Composição percentual dos concentrados experimentais.....96

Tabela 2: Composição Química dos concentrados experimentais (base na matéria seca).....97

Tabela 3: Equações de regressão e coeficiente de variação da digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas testadas.....99

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processos de regeneração do ATP.....22

### Capítulo 1

Figura 1: Atividade estimada da AST (U/L) de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.....53

Figura 2: Atividade estimada da CK (U/L) de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.....54

Figura 3: Atividade estimada da AST no período de recuperação de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.....54

Figura 4: Atividade estimada da CK no período de recuperação de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos a prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.....55

### Capítulo 2

Figura 1: Atividade estimada da LDH (U/L) de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.....70

Figura 2: Atividade estimada da CK (U/L) de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira.....71

Figura 3: Atividade estimada da AST (U/L) de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante .....71

### Capítulo 3

Figura 1: Concentração estimada de Lactato de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante..... 84

Figura 2: Temperatura retal estimada de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.....85

Figura 3: Glicemia estimada de eqüinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.....85

Figura 4: Frequência cardíaca estimada de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.....86

#### **Capítulo 4**

Figura 1: Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes: Matéria seca (MS), Fibra em detergente neutro (FDN), Extrato etéreo (EE), Fibra em detergente ácido (FDA), Proteína bruta (PB) e Energia bruta (EB) de dietas para equinos com diferentes níveis de óleo de soja.....99

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência da adição de níveis crescentes de óleo sobre o metabolismo energético e muscular, bem como sobre a digestibilidade dos nutrientes da dieta, foram utilizados 20 eqüinos da raça Árabe, idades variáveis entre cinco e 14 anos e peso vivo aproximado de 400 kg, submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante. Durante período de 48 dias os animais foram alojados no Setor de Eqüinocultura do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP/Jaboticabal (SP). Neste período os animais foram adaptados ao treinamento em esteira rolante e às dietas experimentais formuladas para eqüinos de esporte de média intensidade. Ao final deste período, os animais foram submetidos ao protocolo experimental em esteira rolante. As dietas experimentais foram constituídas por cinco tratamentos: dieta controle (sem adição de óleo) e as demais contendo: seis, 12, 18 e 24% de óleo de soja no concentrado, sendo oferecidas na razão de 50: 50% entre volumoso (feno) e concentrado. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da FCAV/UNESP. O enduro foi dividido em quatro anéis de 20 km cada, com duração média de 1 hora e dez minutos. Ao final de cada anel a frequência cardíaca era aferida, sendo este um fator de eliminação da prova. Para a mensuração plasmática das enzimas CK, AST e LDH e dosagem de glicose e lactato o sangue foi colhido por venopunção da jugular esquerda em tudo vacutainer. Amostras de sangue foram colhidas antes do início do exercício (basal) e após o final de cada anel do enduro (20, 40, 60, 80 Km) e às seis, 24 e 48 horas após o exercício. A atividade enzimática e a glicemia foram determinadas através de kits bioquímicos e as leituras feitas em espectrofotômetro. Para a mensuração do lactato uma alíquota de sangue total foi colhida e imediatamente encaminhada para o lactímetro. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com

medidas pareadas repetidas no tempo. A análise estatística foi realizada pela metodologia de Modelos Lineares Generalizados. Observou-se efeito ( $p < 0,05$ ) da adição de óleo e da distância percorrida sobre as variáveis AST, CK, LDH e FC que apresentaram as respectivas expressões: AST  $e^{(7,045-0,2292x+0,007991x^2+0,008517z-0,0003282xz)}$ , CK  $e^{(8,06-.07020x+0,05546x^2-0,001262x^3+0,01204z+0,0006207xz)}$ , LDH  $e^{(6,624-0,3522x+0,03448x^2-0,0008382x^3+0,02401z-0,0007489xz)}$  e FC  $(e^{(3,636+0,002935z-0,00005501z^2+0,0000002825z^3)})$ . Para o período de recuperação ao exercício também foi observado efeito ( $p < 0,05$ ) da adição de óleo à dieta, bem como do tempo de recuperação pós-exercício para ambas as enzimas: AST recuperação  $e^{(7,688-0,2532x+0,007933x^2-0,009779z+0,00007415z^2+0,0002986zx)}$  e CK recuperação  $e^{(8,362-0,1206x+0,003463x^2-0,07501z+0,0008117z^2+0,0006261xz)}$ . Não foi observado efeito ( $p > 0,05$ ) da adição de óleo sobre as variáveis LA  $(e^{(-0,9856+0,006353z+0,0006695z^2-0,00000834z^3)})$ , TR  $(e^{(3,636+0,002935x-0,00005501z^2+0,0000002825z^3)})$  e GL  $(e^{(4,467+0,01449z-0,0001607z^2)})$ . Para determinar o coeficiente de digestibilidade aparente de dietas com níveis crescentes de óleo de soja os animais foram submetidos a um período 43 dias de adaptação a dieta e ao treinamento e um período de cinco dias de coleta parcial de fezes. Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB, FDN, FDA, EE e EB foram determinados por método indireto, utilizando como indicador interno a Cinza Insolúvel em Ácido (CIA). O delineamento estatístico utilizado foi inteiramento casualizado, com cinco tratamentos (níveis crescentes de óleo: controle, seis, 12, 18 e 24% de inclusão de óleo ao concentrado) e quatro repetições (cavalos), analisados por regressão pelo pacote estatístico SAEG (1982) ao nível de 5% de significância.

Foram observadas regressões quadráticas ( $p < 0,05$ ) para as variáveis EB, PB, FDA, FDN, EE e MS. A máxima digestibilidade aparente foi obtida com 21,5% de inclusão de óleo de soja para as variáveis PB e EB, e para FDA de 22,45%.

Conclui-se que o óleo é importante e bem aproveitada fonte de energia para os equinos em exercício. A adição de óleo à dieta de animais de enduro promoveu alteração metabólica que favorece a produção de energia através do ciclo da  $\beta$ -oxidação, poupando o glicogênio muscular, mantendo a normoglicemia e níveis aceitavelmente baixos de lactato. A menor atividade plasmática das enzimas AST, CK e LDH, com a adição do óleo, demonstrou o direcionamento do metabolismo energético para a  $\beta$ -oxidação. A atuação das isoenzimas favoreceu a constante reposição de ATP ao longo do exercício, prevenindo a ocorrência de lesões musculares. A adição de óleo de soja não foi deletéria à digestibilidade aparente dos parâmetros analisados, podendo ser recomendada (até 24% no concentrado) sua utilização em dietas para cavalos de enduro.

## **ABSTRAT**

In the order to evaluate the influence of increasing soybean oil levels on the muscle and energetic metabolism as well as the diet nutrient digestility, twenty Arabian horses, male and female, were used, with average ages between four and 15 years and average weight of 400 kg submitted to 80 km endurance rice in a treadmill. During 48 days the horses were allocated in the Equinoculture section of the Animal Science Department of FCAV-UNESP-Jaboticabal. During this period the animals were adaptated to the treadmill training and experimental diets, formulated to median intensity exercise horse. In the end of this period the animals were submitted to the experimental protocol in the treadmill. The experimental diets were constituted by five treatments: control (without oil) and the others containing six, 12, 18 and 24% of soybean oil in the concentrate, and being supplied at the ratio of 50:50 between concentrate and roughage. The treadmill experiment was conducted in the Exercise Physiology Laboratory of the Animal Physiology and Morphology Department at FCAV- UNESP-Jaboticabal. The endurance was divided in four rings of 20 km each one, with average duration of one hour and 10 minutes. At the end of each ring the cardiac frequency were gauged and used as an eliminatory critery. To the enzyme measuring of CK, AST, LDH, glucose and lactate, the blood was collected at the left jugular in vacutainer tubes. The blood sanples were gotten before the beginning of the exercise and after each ring (20, 40, 60 and 80 Km) and six, 24 and 48 hours after the exercise. The enzymatic active and the blood glucose were evaluated using biochemical kits and readed in the espectrophotometer. For the lactate measuring the total blood aliquot was immediately send to the lactimeter. The statistical design used were a completely randomized with split plot with repeated mesuares. The statistical analises were done by General Linear interactive modeling methods. A significative effect was observed ( $p < 0.05$ ) with the

soybean oil addition and the covering distance over the variables AST, CK, LDH and FC, with had the respective expressions:  $AST = e^{(7,045-0,2292x+0,007991x^2-0,008517z-0,0003282xz)}$ ,  $CK = e^{(8,06-0,07020x+0,05546x^2-0,001262x^3+0,01204z+0,0006207xz)}$ ,  $LDH = e^{(6,624-0,3522x+0,03448x^2-0,0008382x^3+0,02401z-0,0007489xz)}$  and  $FC = e^{(3,636+0,002935z-0,00005501z^2+0,0000002825z^3)}$ . To the exercise recovering period was also observed a significative effect ( $p < 0.05$ ) with the diets soybean oil addition as well as the recovering time post-exercise for both enzymes, showing the following equation  $AST \text{ recovering} = e^{(7,688-0,2532x+0,007933x^2-0,009779z+0,00007415z^2+0,0002986zx)}$  and  $CK \text{ recovering} = e^{(8,362-0,1206x+0,003463x^2-0,07501z+0,0008117z^2+0,0006261xz)}$ . It wasn't observed significative effect of soybean oil addition on the variables LA ( $e^{(-0,9856+0,006353z+0,0006695z^2-0,00000834z^3)}$ ), TR ( $e^{(3,636+0,002935x-0,00005501z^2+0,0000002825z^3)}$ ) and GL ( $e^{(4,467+0,01449z-0,0001607z^2)}$ ). To determinate the diets apparent digestibility coefficient with increasing soybean oil levels, the animals were submitted to an adaptation period of 43 days to diets and training and five days of partial feces collect. The apparent digestibility coefficient of DM, CP, NDF, ADF, EE and GE were determinate by indirect method using as inner marker the insoluble ash in acid (AIA). The statistical design was totally randomized, with five treatments (increasing soybean oil levels: control, six, 12, 18 and 24% of soybean oil in the concentrate) and four replications (horses) evaluated using regression in the SAEG statistic program with 5% of significance.

A significative quadratic ( $p < 0.05$ ) regression was observed to the variables: DM, CP, ADF, NDF, GE, EE. The maximum apparent digestibility was showed with 21.5% of soybean oil addition to the GE and CP and for ADF of 22.45%.

It was concluded that the oil is an important and well done source of energy to the exercises horses. The soybean oil addition to the endurance horse diets promote a metabolic alteration that favors the energy production by the  $\beta$ -oxidation cycle, sparing the muscle glycogen keeping the normaglucemy and acceptable low lactate levels. The lower plasmatic activity of AST, LDH and CK enzymes, with soybean oil addition, give evidence of energy metabolism conduction to the  $\beta$ -oxidation cycle. The isoenzymes action favors the constant ATP reposition during the work, avoiding muscle damage. The soybean oil addition wasn't harmful to the apparent digestibility for the analyzed parameters, so that can be recommended (until 24% of the concentrate) to the endurance horses.



# INTRODUÇÃO

## 1.1 O ENDURO EQÜESTRE

Segundo a Confederação Brasileira de Hipismo (CBH) a palavra enduro é uma abreviação de endurance, que em inglês é sinônimo de resistência. O enduro eqüestre de competição é uma modalidade esportiva originária do turismo eqüestre, onde cavalo e cavaleiro devem percorrer uma trilha com obstáculos naturais, demarcada em um tempo pré-determinado ou em velocidade livre. Vence a prova o cavalo que chegar ao final no menor tempo ou no tempo mais próximo do ideal, dependendo do tipo de regulamento utilizado. É praticado em quase todos os países da Europa, na Oceania, América do Sul, nos Estados Unidos, África e Oriente Médio.

O enduro eqüestre civil, praticado atualmente, foi criado por Wendell Robie, nos Estados Unidos, em 1955, através da Tevis Cup, a mais famosa prova do mundo. A intenção era simular as viagens do Pony Express (correio a cavalo americano), com o objetivo de cumprir 100 milhas em 24 horas, em um único cavalo. Existem também competições de até 300 km, realizadas em vários dias.

Esta modalidade assemelha-se ao raid de cavalaria, tática de guerra universalmente empregada pelas cavalarias hipomóveis. Trata-se de uma incursão rápida e surpreendente ao território inimigo, com um grande contingente de tropa, que retorna imediatamente após o ataque. Atualmente, raid e enduro são considerados sinônimos. Existem raids de até 750 km, que são disputados durante 15 dias.

Nos anos 60, o enduro eqüestre começou a ser praticado na Austrália, tornando-se um esporte muito popular. Atualmente, este país também é um importante centro de pesquisas na área da fisiologia desportiva eqüina. Inúmeros trabalhos de acompanhamento de competições de enduro são publicados periodicamente.

No Brasil a primeira prova de enduro eqüestre aconteceu em Tremembé, interior de São Paulo, em 8 de outubro de 1989, ocasião em que 25 conjuntos largaram para cumprir um percurso de 60 km com velocidade controlada de 12 km/h. Em 1994, uma competição em Campinas/SP, reuniu 522 conjuntos em um evento registrado no livro Guinness de recordes, como a maior competição eqüestre de uma mesma modalidade.

Tentativas de introdução deste esporte, anteriores a de 1989, não foram bem sucedidas, pois ocorreram acidentes fatais envolvendo animais que não estavam devidamente preparados. Outras razões destes acidentes foram o desconhecimento de normas organizacionais de segurança e a inexperiência dos veterinários da competição. Estes acidentes não mais ocorrem no Brasil, e tampouco no exterior. A Federação Francesa, durante alguns anos da década de 1970, proibiu as competições de enduro, pelos mesmos motivos citados.

Atualmente, o enduro eqüestre é regulamentado por rigorosas normas da FEI - Federação Eqüestre Internacional, com a premissa de preservar a integridade física do animal, que é controlada sistematicamente em postos veterinários denominados vet-checks, instalados ao longo do percurso. Nas competições internacionais oficiais, o percurso é de 160 km, dividido em quatro etapas de aproximadamente 40 km que devem ser cumpridas em velocidade livre.

Nos vet-checks vários parâmetros são avaliados, tais como: índice de recuperação cardíaca, grau de desidratação, claudicações, entre vários outros. Após o final de cada etapa, o competidor só recebe a autorização de re-largada se todos os parâmetros estiverem dentro da faixa de normalidade fixada pelo regulamento. Mesmo após o término da competição, que é realizada em velocidade livre, o exame veterinário é realizado para a confirmação do resultado. O tempo limite para este exame é de 30 minutos após a chegada, e a frequência cardíaca não pode superar o limite de 64 bpm.

O enduro é um esporte eqüestre fácil de ser praticado, pois não exige em suas categorias inferiores qualificação técnica do cavalo nem do cavaleiro, podendo participar cavalos de todas as raças, puros ou mestiços, desde que tenham no mínimo quatro anos de idade. Não há limite de idade para o cavaleiro, o que torna o enduro um esporte familiar.

No Brasil o regulamento de regularidade é semelhante ao regulamento francês, que prevê qualificações sucessivas em provas com trilha sinalizada e com velocidade controlada. As distâncias elevam-se gradualmente em função das qualificações, até

atingir distâncias maiores que são corridas a velocidade livre. A CBH promove anualmente o Campeonato Brasileiro da modalidade.

Existe no Brasil uma associação de enduristas, a Liga Nacional de Cavaleiros de Enduro Equestre, que organiza anualmente um campeonato brasileiro e o Campeonato Paulista.

O Brasil tem uma natural vocação para o enduro equestre, pois a enorme extensão territorial brasileira foi consolidada sobre dorso de cavalos. O País possui uma tradição equestre um pouco esquecida, um excelente criatório, abundância de trilhas naturais (na Europa praticamente todas as trilhas para competição e treinamento possuem trechos de asfalto), que nos proporciona condições ideais para a prática deste esporte, reservando um futuro promissor, segundo os próprios dirigentes internacionais que nos visitam periodicamente.

## 1.2 NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DO CAVALO ATLETA

Segundo Hintz (1997), para que um cavalo demonstre todo seu potencial genético no exercício, deve ser alimentado devidamente. Para tal, não se deve esperar um ingrediente mágico e sim utilizar uma dieta balanceada ou, em alguns casos, uma suplementação apropriada que melhore significativamente o seu desempenho. Um dos fatores que mais influenciam o desempenho dos animais atletas é a exigência energética, que varia diretamente com a necessidade de ATP requerida pelo músculo durante o exercício, sendo oxidados carboidratos e lipídeos. Quando o exercício passa a ser prolongado a oxidação de lipídeos supera a de carboidratos.

A adição de lipídeos na dieta de cavalos aumenta a densidade energética e, ao mesmo tempo, reduz a demanda de concentrado para manter o animal em balanço de energia positivo. Este é um ponto importante na alimentação de cavalos atletas, pois a quantidade de alimento não pode ser aumentada. Esta é uma forma de aumentar a densidade energética sem aumentar o incremento calórico, além de evitar a fermentação de grandes quantidades de amido no intestino grosso, o que pode causar desconforto e distúrbios digestivos. Alguns autores reportaram melhora no desempenho em animais alimentados com óleo. Harkins (1992) observou uma melhora dos tempos em cavalos de corrida, enquanto Eaton (1995) notou que os animais demoravam mais para entrar em fadiga.

A adição de óleo à dieta, aparentemente altera o metabolismo dos substratos energéticos nos exercícios aeróbico e anaeróbico. A oxidação de ácidos graxos fornece

a maioria da energia quando o exercício é submáximo e a energia inicialmente gasta é proveniente da glicose sangüínea e das reservas musculares e hepáticas de glicogênio. Um dos efeitos sugeridos da adaptação ao uso de lipídeos é o aumento na concentração plasmática de ácidos graxos não esterificados (AGNE), com subsequente aumento da oxidação de ácidos graxos e diminuição no recrutamento da glicose sangüínea e do glicogênio muscular como fonte de energia. Kronfeld (1994), citado por Hiney & Potter (1996), sugere que a taxa da glicólise pode ser diminuída após adaptação da dieta com óleo, atribuída a um aumento da produção de citrato pela oxidação de ácidos graxos. O aumento de citrato inibe a fosfofrutoquinase, enzima limitante da via glicolítica. A limitação da fosfofrutoquinase irá resultar em acúmulo de glicose-6-fosfato, que se converterá em glicose e glicogênio via “feedback “ negativo.

O glicogênio é a primeira fonte de energia a ser utilizada durante exercício intenso e as fontes adicionais de glicogênio, provenientes do efeito poupador promovido pelo óleo fornecido na dieta, são utilizadas no exercício anaeróbico e no retardo da fadiga. Oldham (1990), Jones (1992) e Harkins (1992), utilizando dietas com 10-12% de óleo, encontraram aumento do glicogênio muscular no repouso.

Se a adaptação ao óleo aumenta o glicogênio muscular e a sua utilização, isso deveria resultar em aumento de ácido láctico no sangue durante exercício intenso, resultado da glicólise anaeróbica. A oxidação de ácidos graxos também contribui para o aumento de ácido láctico sangüíneo. O aumento da oxidação de ácidos graxos causa aumento na produção de acetil CoA, que, por sua vez, irá inibir a enzima piruvato desidrogenase, causando aumento na concentração de piruvato. O piruvato, em condições de deficiência de oxigênio, será convertido em lactato. Oldham (1990), Taylor (1995) e Eaton (1995) encontraram resultados que concordam com esta afirmação. Oldham (1990) e Marqueze (2001) não observaram aumento significativo entre o ácido láctico antes e após o exercício. Quando as concentrações de ácido láctico são elevadas durante exercício intenso, pequenas diferenças entre as dietas são encontradas. Diferenças encontradas nas respostas dos animais suplementados com lipídeos podem ser atribuídas a fonte e ao tipo de protocolo experimental.

O uso de óleo na dieta de eqüinos pode influenciar também a glicemia do animal. Pagan (1995) observou concentrações baixas de glicose sangüínea três horas após a alimentação e aumento da glicemia seis horas após a alimentação. Dietas com óleo diminuem o pico de glicose e da concentração de insulina após a alimentação e

previnem o declínio da glicemia plasmática após exercício intenso. Ainda não é claro o mecanismo de resposta glicêmica à dieta contendo óleo para cavalos em exercício.

### 1.2.1 Nutrição e Alimentação do cavalo de enduro

O enduro eqüestre é uma modalidade onde os cavalos permanecem por várias horas em exercício árduo e com isso apresentam grande demanda energética. Para supri-la são recomendados alguns manejos alimentares específicos, descritos a seguir.

No enduro eqüestre os animais podem ser alimentados e hidratados durante a prova e com isso os nutrientes provenientes da dieta podem ser utilizados. Por ser uma atividade aeróbica predominante o animal apresenta menores concentrações de ácido láctico ao final da prova, assim considera-se que este fator não seja muito importante em promover fadiga muscular, mas sim o esgotamento das reservas de glicogênio e lipídios.

Segundo Frape (1994) todos os alimentos (ricos em fibras, amido, proteínas e lipídios) podem fornecer energia para o animal. As reservas energéticas, na forma de glicogênio hepático e muscular, de triglicerídeos intramusculares e do tecido adiposo são fontes de energia para o animal durante o exercício. Os ácidos graxos voláteis (acetato, butirato e propionato) provenientes da fermentação das fibras também são considerados.

Para este tipo de atividade física, não apenas o equilíbrio energético, mas também o equilíbrio hidroeletrólítico e a termorregulação são primordiais para a sua realização.

Segundo o NRC (1989) as demandas energéticas variam de médias a intensas, assim sendo existe uma demanda energética adicional de 70 a 100% quando comparado à demanda de manutenção. Segundo Bray & Wickler (1997) vários fatores podem influenciar a demanda energética do animal, dentre eles destacam-se a condição corporal, aptidão, peso corporal, nível de treinamento, protocolo de treinamento, peso e a habilidade do ginete, nível de precisão do treinamento, fadiga, condições ambientais (temperatura e umidade), composição da dieta, duração do exercício, condições do terreno, idade e a composição das fibras musculares.

As principais fontes energéticas são o amido e os lipídios. Meyer (1995) cita como demanda energética 35,9 Mcal ED/animal/dia. Como o limite físico de ingestão de matéria seca é de 2,5 kg/100 kg PV são necessárias 2,4 Mcal/Kg de concentrado para suprir a demanda energética. Assim demonstra-se a necessidade de fornecimento de

concentrados com alta densidade energética. Segundo Duren (2000) as principais fontes de amido fornecidas aos cavalos de enduro são as provenientes do milho, da cevada e da aveia. Após digestão e absorção da glicose, esta poderá ser oxidada ou armazenada na forma de glicogênio e lipídios. A principal preocupação é fornecer quantidades suficientes de amido visando à manutenção das concentrações de glicogênio e a manutenção da glicemia do animal.

Os lipídios constituem-se alternativa de fornecimento energético (2,25 vezes mais concentrado que o amido) para estes animais, sendo as fontes mais comuns de fornecimento o óleo de milho e o de soja, respectivamente. É uma forma menos versátil, pois poderá ser oxidado aeróbicamente ou permanecer armazenado no tecido adiposo. Vários estudos demonstraram os efeitos benéficos da adição de óleo na dieta, como maior mobilização e utilização de gorduras (Pagan et al., 1987) e o efeito poupador de glicogênio. A utilização de óleo nesta atividade permite fornecer uma dieta energeticamente mais concentrada, diminuindo a quantidade de concentrado a ser fornecida, prevenindo distúrbios metabólicos graves como cólicas, laminite e rabdomiólise.

Bray & Wickler (1997) citam que o óleo também tem efeito diluidor da proteína, sendo benéfico aos animais, e recomendado por estes autores níveis máximos de 10% de inclusão de óleo a dieta. O período de adaptação para uso de óleo em dietas de equinos atletas deve ser de seis a 11 semanas (Custalow et al., 1993, citado por Duren, 2000), considerando apenas o aproveitamento digestivo do óleo este período é de aproximadamente 21 dias (Bray & Wickler, 1997).

As fibras (volumosos) apresentam tanto função nutricional quanto física no trato digestório de equinos. A fermentação que apresenta como produtos finais o acetato, o propionato e o butirato são importantes, pois a dieta de cavalos de resistência propicia grande contribuição destas fontes de energia. Duren (2000) cita a existência de “superfibras” (polpa de beterraba, casca de soja, casca de amêndoa, casca de aveia), as quais contêm mais energia por apresentar menor concentração de lignina em sua composição. Estes ingredientes fornecem energia equivalente a aveia e a cevada e podem constituir alternativas viáveis uma vez que não provocam sobrecarga alimentar como freqüentemente observado quando se utiliza altas quantidades de carboidratos solúveis.

A fibra atua na manutenção da “saúde” do intestino por promover irrigação a este segmento durante a prova, aumento da retenção de água e eletrólitos e combatendo a

desidratação dos animais durante a prova de resistência. Duren (2000) sugere que o animal deve receber cerca de 2,5% PV/kg MS/dia, sugerindo dar preferência aos fenos de gramíneas, evitando sobrecarga protéica (fenos de leguminosas).

A exigência protéica dos cavalos de resistência não tem a mesma relevância comparativamente às de energia, de eletrólitos e de água. Em condições normais pode ser usada como fonte energética, contribuindo apenas com 5 a 15% do total de energia. Este nível de contribuição, entretanto, está diretamente relacionado ao suprimento energético da dieta. Em cavalos recebendo altas quantidades de concentrado e com grande taxa de sudorese a exigência protéica deve ser melhor avaliada. Dietas ricas em proteínas devem ser evitadas, pois aumentam a demanda de água e produzem acúmulo de amônia e uréia podendo causar toxicidade ao animal. O aumento da excreção de amônia na urina pode causar problemas respiratórios em animais estabulados (Meyer, 1995).

A demanda de água e de eletrólitos está íntimamente ligada às perdas destes elementos pelo suor, neste caso o sódio, o cloro, o potássio, o cálcio e o magnésio. Como o enduro é uma atividade que promove elevado gasto energético, muito calor é produzido e será dissipado na forma de suor. Os eletrólitos têm funções importantes na manutenção da pressão osmótica, do equilíbrio hidroeletrolítico e da atividade muscular. A perda destes eletrólitos é um dos fatores que pode levar o animal à fadiga. Animais em exercício podem ter a demanda de água aumentada em até 300% em relação à manutenção. Durante a prova o animal deverá ser hidratado e ingerir volumoso, favorecendo assim o fornecimento de eletrólitos. (Duren, 2000).

Segundo Raston (1997) o concentrado deve ser fornecido cerca de cinco horas antes do início do exercício para que a maior parte do conteúdo estomacal já tenha deixado o estômago e parte já tenha atingido o intestino grosso. O volumoso deve ser fornecido a vontade na noite anterior a competição, maximizando as reservas intestinais de água e eletrólitos, garantindo assim o influxo de água e eletrólitos para o intestino grosso evitando desidratação e fadiga durante o dia de prova.





No dia da competição a manutenção do balanço hidroeletrolítico é a principal preocupação. A energia é proveniente dos ácidos graxos absorvidos do intestino grosso e dos lipídios mobilizados ou fornecidos pela dieta. Segundo Ralston (1997), a dieta rica em grãos pode aumentar o risco de falha metabólica. Pode-se suplementar os animais com eletrólitos durante a prova, porém a quantidade e a forma a ser fornecida ainda é

controversa. Durante a competição, nas checagens veterinárias, devem ser fornecidos feno de gramíneas e água à vontade.

### 1.3 BIOENERGÉTICA DO EXERCÍCIO

Segundo Meyer (1995) animais de trabalho (tração, equitação, corrida, salto) realizam trabalho muscular e para isto apresentam demanda adicional de energia, de água e de eletrólitos. Para cada atividade equestre existe uma demanda nutricional específica e assim devem ser formuladas dietas, bem como estabelecer um correto manejo alimentar para cada segmento equestre.

Baldissera (1997) relata que a energia contida nos alimentos fica disponível aos animais sob a forma de trifosfato de adenosina (ATP). Segundo MacLeay & Valberg (1997), quando o ATP é clivado são formados adenina difosfato (ADP), fosfato inorgânico (PI) e energia para a contração muscular. Os processos de gliconeogênese, glicólise, ciclo de Krebs, fosforilação oxidativa, cadeia de transporte de elétrons,  $\beta$ -oxidação de ácidos graxos voláteis (AGV) e ciclo da purina nucleotídeo estão todos direcionados para suprir a demanda de ATP muscular (FIGURA 1). Alguns fatores podem influenciar nas possíveis rotas geradoras de energia, tais como a velocidade e a duração do exercício, a composição das fibras musculares, as propriedades de recrutamento das fibras musculares, incluindo a capilarização, a capacidade oxidativa e glicolítica e a disponibilidade de oxigênio e substrato.

Síntese de ATP	
Creatina fosfato	$CP \rightarrow C+P$ ADP  ATP
Glicólise	Glicogênio $\rightarrow$ Lactate ADP  ATP
Oxidação de AGV	FFA + acilCoA $\rightarrow$ CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O ADP  ATP
Fosforilação oxidativa	Piruvato $\rightarrow$ CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O ADP  ATP
Ciclo da Purina Nucleotídeo	$2ADP \rightarrow AMP \rightarrow IMP$ +ATP + NH <sub>3</sub>

Adaptado de MacLeay & Valberg (1997)

FIGURA 1: Processos de regeneração do ATP



Segundo Baldissera (1997), a fosfocreatina restabelece o ATP quando a atividade física é intensa e de curta duração, cerca de 10 segundos, por ser um processo sem gasto de oxigênio e sem produção de ácido lático é denominada potência anaeróbica alática. A glicólise anaeróbica gera dois ATPs e lactato, enquanto a glicólise aeróbica gera 38 ATPs provenientes de um mol de glicose. Já a oxidação de um mol de palmitato gera 129 ATPs. Este autor sugere que as células dos animais submetidos a exercício físico crescente metabolizam inicialmente grandes quantidades de lipídios com formação de muito ATP quando o oxigênio é abundante.

#### 1.4 TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES

Diferentes formas de miosina podem ser encontradas em diferentes tipos de fibras musculares e esta diferença afeta a velocidade de contração do músculo. Cada tipo de fibra apresenta um metabolismo energético diferenciado (Tabela 1). As fibras do Tipo I apresentam contração lenta, são especializadas em manter a contração muscular sem fadiga e tetania por longos períodos, ideal para cavalos de enduro. Esta resistência à fadiga é atribuída a maior densidade de mitocôndrias do tecido o que confere uma maior capacidade aeróbica ou oxidativa. Este tipo de fibra apresenta também uma maior reserva lipídica, maior irrigação capilar, menor reserva de glicogênio e menor atividade de enzimas glicolíticas. As fibras do Tipo II B apresentam a contração mais rápida, maior reserva de glicogênio, maior capacidade glicolítica e menor capacidade oxidativa. São predominantes em animais de exercício curto e de explosão, como corridas curtas. Fibras do Tipo IIA são intermediárias em velocidade de contração e propriedades metabólicas. A maioria dos músculos apresenta uma mistura dos dois tipos de fibras. A proporção entre as fibras não é constante, o treinamento pode alterar a composição e o tamanho da fibra no mesmo músculo a qualquer hora (Valberg, 1997).

TABELA 1: Características das fibras musculares dos equinos

Tipo de fibra muscular	Tipo I (CL) <sup>1</sup>	Tipo IIA (CRA) <sup>2</sup>	Tipo IIB (CR) <sup>3</sup>
Velocidade de contração	Lenta	Rápida	Rápida
Capacidade de uso de oxigênio	Mais alto	Alta	Baixa
Cor	Vermelha $\alpha$	Vermelha $\beta$	Branco
Teor de mioglobina	Mais alto	Alto	Mais baixo
Tamanho das fibras	Menor	Médio	Maior
Teor e armazenamento de glicogênio	Moderado	Alto	Mais alto
Esgotamento do glicogênio no exercício	Mais rápido	Intermediário	Mais lento
Teor de armazenamento de lipídeos	Mais alto	Moderado	negligenciavel
Ordem de uso com aumento de esforço	1°	2°	3°
<b>Raça/Porcentagem total</b>			
Árabe	20	50	30
Quarto de Milha	8	50	42
Puro Sangue Inglês	20	50	30
Pôneis	20	40	40
Equino de corrida de resistência	40	55	5

Adaptado de Lewis (2000)

<sup>1</sup>Tipo I ou contração lenta (CL)

<sup>2</sup>Tipo II A ou contração rápida altamente oxidativa (CRA)

<sup>3</sup>Tipo II B ou contração rápida pouco oxidativa. (CR)

## 1.5 ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS AO EXERCÍCIO

O treinamento altera o perfil metabólico do músculo esquelético. Após um curto período e treinamento existe um aumento no volume e na densidade de mitocôndrias, acarretando um aumento da capacidade oxidativa da célula. Ocorre também um aumento na relação entre as fibras IIA:IIB e aumento da capilaridade local, proporcionando maior oxigenação e suprimento energético para o músculo em exercício, além de favorecer a retirada dos metabólitos produzidos. Erickson (1996) e Valberg (1997) observaram melhora na capacidade oxidativa após treinamento aeróbico, com um aumento no número de mitocôndrias e na atividade enzimática, acarretando aumento no potencial aeróbico e anaeróbico do equino. Os principais efeitos do treinamento são: maior utilização da gordura, com economia concomitante do glicogênio muscular, o acúmulo reduzido de lactato sanguíneo e o aumento na

capacidade de trabalho durante exercício submáximo prolongado. Lewis (1995) cita que o treinamento promove o aumento das enzimas próprias de cada metabolismo para catalisar as reações, favorecendo assim o metabolismo energético.

### 1.6 EFEITO DA RAÇA, DO SEXO E DO EXERCÍCIO SOBRE OS TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES DOS EQUÍNOS

Rivero & Diz (1992) realizaram estudo com o objetivo de caracterizar histológica e morfológicamente o perfil muscular de cavalos adultos da raça Andaluz, e compará-lo com os das raças Puro Sangue Inglês e Árabe, através de biopsia muscular. Observou-se que éguas Árabes apresentavam predominância das fibras tipo I (42%) seguidos das fibras do tipo IIA (30%) e IIB (28%), enquanto que os garanhões apresentaram predominância das fibras do tipo IIA (42%), seguida das fibras do tipo I (30%) e IIB (28%). Quando comparados com as demais raças, os animais da raça Árabe apresentaram maior predominância de fibras do tipo I, além de apresentar efeito de sexo sobre este parâmetro. A presença de fibras do tipo IIA nos garanhões desta raça pode sugerir maior tempo à fadiga, além de maior capacidade oxidativa.

Essén-Gustavsson et al. (1984) trabalhando com cavalos de enduro de 50 e 100 Km, através de biopsia muscular do glúteo médio, observaram que os animais que percorreram 100 Km apresentaram predominância das fibras do tipo IIB (45%), seguidas das fibras tipo IIA (37%) e tipo I (18%). Os animais classificados como os 10 melhores competidores da prova de 50 Km apresentaram a seguinte seqüência de fibras predominantes: tipo IIB (44%), tipo IIA (43%) e tipo I (13%). Os animais mais lentos da prova de 50 Km apresentaram predominância de fibras da seguinte forma: tipo IIB (42%), tipo IIA (42%) e tipo I (16%). Foi observada depleção significativa nos triglicerídeos intramusculares nas três raças estudadas indicando que esta fonte tem importante contribuição durante o exercício prolongado.

Muñoz et al. (2002), também trabalhando com diferentes raças submetidas a exercício teste, observaram que existe modulação entre as fibras do tipo IIA e IIB, sendo a quantidade de IIA aumentada com o treinamento, incrementando assim a capacidade oxidativa da musculatura.

Pesquisa com cavalos de trote cita que a capacidade oxidativa é maior nas fibras do tipo I, seguidas pelas fibras do tipo IIA e IIB, e podem variar dentro das fibras IIB devido ao treinamento e idade. A seqüência de recrutamento segue a seqüência da

capacidade oxidativa. Foi observado pelos autores correlação positiva entre as fibras IIB e a atividade da enzima Lactato Desidrogenase (LDH) (Essén-Gustavsson et al., 1997).

### 1.7 INTENSIDADE DO EXERCÍCIO

Segundo o Nutrient Research Council (NRC,1989) podemos classificar o exercício em leve, moderado e intenso. Dentro desta classificação são citadas as seguintes modalidades equestres, leve: western pleasure, equitação e trilhas; moderado: trabalho em fazenda, laço, apartação, tambor e salto e intenso: pólo e treinamento de corrida.

Por outro lado, segundo Lewis (1995), o exercício nos equinos pode ser dividido em atividade de resistência: duração de duas ou mais horas de esforço leve, requerendo produção de energia aeróbica (ex: enduro); atividade de média distância (800-3200 m): atividade realizada por vários minutos, com média de 75 a 95% de intensidade máxima de exercício, requerendo metabolismo energético aeróbico e anaeróbico (ex: corridas de PSI e turfe) e atividade de velocidade (em inglês “sprint”): elevada atividade física durante 1 minuto ou menos, com aproximadamente 100% da intensidade máxima do esforço, em metabolismo anaeróbico (ex: corrida curta-400 m, tambor, baliza, laço e rodeio).

### 1.8 EFEITO DA ADIÇÃO DE ÓLEO E DO EXERCÍCIO SOBRE A DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES DA DIETA

Um dos fatores mais importantes da alimentação e nutrição dos cavalos atletas é fornecer correto aporte energético para determinada modalidade equestre. O óleo é uma saída viável e de alta densidade energética, permitindo fornecer menores quantidades de alimento, suprimindo a demanda energética do animal. A literatura sobre este assunto mostra-se escassa, em especial de pesquisas conduzidas no Brasil.

O óleo de milho é tido como o mais aceito e palatável para os equinos, porém não existem registros de objeções com as demais fontes de lipídios, apenas com ressalva para gordura animal, menos aceita pelos animais e mais difícil de ser manejada (Meyer, 1995).

A maioria dos estudos de digestibilidade é realizado em animais com demanda de manutenção e depois extrapolado para os animais de exercício, prática esta que sugere que o exercício não influencia na digestibilidade dos nutrientes da dieta.

Katsuky et al. (1998), avaliando o efeito do exercício sobre a digestibilidade aparente de feno de timothy e alfafa em cavalos de corrida, observaram que não houve

diferença sobre o consumo de matéria seca entre cavalos exercitados e não exercitados. Observaram porém menor aproveitamento da energia fornecida. Orton (1985) citado por Katsuky et al. (1998) observou menor tempo de retenção da ingesta, porém maior retenção de fluidos em cavalos exercitados. O menor tempo de retenção pode influenciar a digestão enzimática e microbiana de carboidratos, refletindo na digestibilidade das fibras.

Exercícios intensos promovem a migração do sangue para a musculatura periférica, influenciando a digestibilidade. O maior aporte de fibras pode também influenciar na digestibilidade da dieta. Segundo Katsuky et al. (1998) a composição da dieta também pode influenciar a digestibilidade, sendo o feno de alfafa melhor aproveitado do que o feno de timothy. Pagan et al. (1998) estudando o efeito do exercício sobre a taxa de passagem de somente forragens e dietas mistas em cavalos de corrida, observaram que animais alimentados apenas com forragens apresentavam maior taxa de passagem e menor tempo de retenção. Observaram também que o exercício promove queda na digestibilidade de matéria seca, reduz o tempo de retenção e sugerem que o maior consumo de água pelos animais exercitados pode acelerar a taxa de passagem.

Kronfeld et al. (2004) estudando a digestibilidade de gorduras nos *Equus caballus*, observaram que a digestibilidade de extrato etéreo entre forragens, grãos e com a adição de óleo a dieta varia de acordo com a quantidade de triglicerídeos. Esta diferença foi atribuída à presença de substâncias não hidrolisáveis no extrato etéreo, especialmente em folhas e a diluição da gordura endógena fecal, as quais não influenciaram significativamente a digestibilidade real e aparente da dieta. A presença de óleo na dieta estimula a produção orgânica de lipases, maximizando o aproveitamento desta fonte. O pequeno estímulo realizado pelas forragens pode contribuir para a menor digestibilidade do extrato etéreo deste alimento.

Jansen et al. (2000), avaliando o efeito da substituição de carboidratos não estruturais por óleo de soja na digestibilidade de fibras de animais de trote, observaram queda na digestibilidade da fibra bruta (FB) e da fibra em detergente neutro (FDN), quando se adicionou óleo a dieta. Estes pesquisadores citam que a literatura é muito controversa sobre o efeito da adição de óleo sobre a digestibilidade da fração fibrosa, sendo observado desde efeitos benéficos até ação deletéria principalmente sobre a FB e FDN. Discute-se então que tais variações podem ser atribuídas à quantidade de fibra fornecida em cada dieta experimental.

Resende Junior et al. (2004), estudando o efeito do nível de óleo de milho adicionado a dieta de equinos sobre a digestibilidade dos nutrientes, não observaram efeito significativo da adição de óleo sobre a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido. Observaram, entretanto, diferenças significativas para a digestibilidade da energia bruta e do extrato etéreo. Estes autores concluem então que é possível adicionar até 750 mL de óleo a dieta de equinos sem causar prejuízo a digestibilidade dos nutrientes.

## 1.9 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS COMO PARÂMETROS DE IDENTIFICAÇÃO DO PERFIL METABÓLICO DE EQUINOS DE ESPORTE

Segundo Marcenac et al. (1990), o plasma sanguíneo representa a fração do meio interno na qual é fácil fazer as dosagens dos constituintes bioquímicos, visto que estes podem ser obtidos por uma simples tomada de sangue em uma veia superficial. As análises incidem sobre a composição iônica do meio interno, a quantidade dos metabólitos energéticos circulantes e as enzimas, revelando certas lesões celulares. O resultado global do conjunto leva ao que se denomina de “perfil metabólico”, cujas variações são características das modificações fisiológicas ou patológicas. Neste sentido a mensuração plasmática das enzimas Creatina Quinase, Aspartato Aminotransferase e Lactato Desidrogenase, da glicemia e de lactato permite identificar a contribuição que o substrato alimentar ingerido está proporcionando ao cavalo atleta. A literatura sobre o uso de dietas com óleo para equinos e seu efeito nestes parâmetros mostra-se ainda pouco conclusiva.

### 1.9.1 Creatina Quinase (CK)

Segundo Santos (2002) a CK é encontrada principalmente no músculo esquelético, miocárdio e cérebro. Segundo Champe & Harvey (1997), a creatina quinase catalisa a reação reversível da creatina fosfato (PCr) à creatina, doando um grupamento fosfato ao ADP, formando ATP. De acordo com Yamashita & Yoshika (2005), a creatina quinase apresenta diferentes isoenzimas, sendo elas: CK-MM, muscular; CK-MB, híbrida; CK-BB, cerebral; m-CK, mitocondrial. As maiores concentrações de CK-MM e CK total foram observadas nas fibras do tipo IIB, seguidas das fibras IIA e I, porém a atividade da m-CK é maior nas fibras do tipo I, seguidas das fibras IIA e IIB. Assim estes autores concluíram que a presença das diferentes isoenzimas nos diferentes tipos de fibras influencia o metabolismo energético intramuscular.

Segundo Valberg & Essén-Gustavsson (1987), citado por Lindholm (1995), as concentrações de ATP e creatina fosfato, após o exercício, nas fibras do tipo I não caíram muito enquanto menores concentrações foram observadas nas fibras do tipo IIA, e maiores depleções foram observadas nas fibras tipo IIB. Animais que apresentaram maior capacidade oxidativa nas fibras apresentaram maiores níveis de ATP.

A creatina quinase pode agir tanto no citosol da célula, como no interior da mitocôndria. A atividade de ambas isoenzimas parece ser complementar e visar à manutenção do aporte de ATP ao citosol, forma de energia prontamente disponível. As concentrações de creatina fosfato total podem ser aumentadas à medida que existam maiores relações entre as fibras do tipo II e I, assim a capacidade de armazenamento de energia na forma de creatina fosfato seria maior. (Yamashita & Yoshioka, 2005).

Segundo Baldissera (1997), a hidrólise da creatina fosfato, mediada pela creatina quinase, é capaz de restabelecer as concentrações de ATP, em atividades intensas e de curta duração, cerca de 10 segundos, e como é um processo sem gasto de oxigênio e sem formação de ácido láctico, é denominado de potência anaeróbia aláctica.

Bendahan et al. (2003) relataram que a creatina fosfato tem importante papel no restabelecimento das reservas de ATP e atua também como tampão ácido básico na fisiologia celular. Durante o exercício as reservas de creatina fosfato declinam e na recuperação suas concentrações são restabelecidas. Sugere-se que as concentrações de PCr declinem conforme a demanda de ATP aumenta, assumindo que exista uma resposta do mecanismo as maiores concentrações de ADP na célula. Estes autores observaram também que durante o exercício houve aumento do pH celular, atribuído ao consumo de H<sup>+</sup> em consequência da quebra da PCr e durante o repouso, onde ocorre a ressíntese da PCr, íons hidrogênio são formados por este processo, diminuindo o pH do meio. Todas estas reações ocorrem a curto prazo. Já a longo prazo entra em vigor outro mecanismo, o qual se baseia na acidificação ocorrida pelo exercício, onde o pH celular é recuperado pela ação da ressíntese de PCr, através da saída do H<sup>+</sup> por meio do antiporte de Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> e cotransporte de Lactato-H<sup>+</sup>.

Segundo Saks et al. (2000), o sistema creatina : creatina fosfato é um importante componente energético intracelular das mitocôndrias. Na membrana da mitocôndria existem proteínas que carregam o ADP para o interior e o ATP para fora da célula. Assim a ação desta isoenzima da CK se faz na presença de oxigênio.

A variação encontrada na atividade da CK abrange valores inferiores a 350 U/L, segundo Valberg et al. (1993), e de 90 a 275 U/L para cavalos sadios, podendo

aumentar de 10-900 vezes em animais com rabdomiólise (Muñoz et al., 2002). Thomassian (2004) relata que os valores acima de 10.000 U/L podem ser indicativos de lesão muscular.

### 1.9.2 Aspartato Aminotransferase (AST)

Segundo Santos (2002) a AST é encontrada no músculo esquelético, fígado e no coração, embora atividades baixas sejam observadas em outros tecidos. Foram observadas duas isoenzimas por eletroforese, MAST (encontrada exclusivamente na mitocôndria) e CAST (originadas do citoplasma ou sarcoplamas). A atuação destas isoenzimas não é tecido específica. Assim a análise da AST não é tecido específica e apresenta maior contribuição da isoenzima CAST, estando presente a MAST quando ocorre lesão muscular grave. A meia vida desta enzima é de 7 a 10 dias.

Arai et al. (2003) relataram que a AST participa da lançadeira de malato-aspartato, responsável por transferir o NADH citossólico para o interior da mitocôndria, o qual vai de acordo com as variações do metabolismo energético do animal. Segundo Harper (1977) a lançadeira de malato atua ativamente na fosforilação oxidativa, uma vez que o NADH gerado na via glicolítica em aerobiose necessita de transaminases específicas, presentes nos dois lados da membrana mitocondrial, para oxidação da molécula de NADH, mantendo a relação NADH:NAD. Este autor relata ainda que a lançadeira malato-aspartato é a forma mais eficiente e menos tecido específica de transporte de NADH pela membrana mitocondrial.

Para a determinação de valores plasmáticos normais de AST, tidos como referência, existe divergência entre autores. Valores normais encontrados na literatura são de 230 a 311U/L (Muñoz et al. , 2002) ou inferiores a 552 U/L (Valberg et al. ,1993). Cardinet (1989) cita como valores normais para cavalos em treinamento os contidos na faixa de 88 a 156 UI/L.

Segundo Santos (2002) aumentos superiores a 100% na atividade enzimática da AST após o exercício provavelmente sejam anormais, independente da intensidade do exercício ou da aptidão do animal.

### 1.9.3 Lactato Desidrogenase (LDH)

Segundo Santos (2002) a LDH é um tetrapeptídeo constituído por combinações de dois peptídeos diferentes H (coração) e M (músculo), que formam cinco isoenzimas conhecidas como LDH<sub>1</sub> a LDH<sub>5</sub>. A LDH não é tecido específica, sendo a LDH<sub>5</sub> mais encontrada em músculos locomotores e a LDH<sub>1</sub> encontrada principalmente no coração.



Segundo Guy & Snow (1977), citados por Santos (2002), o treinamento físico aumenta a porcentagem de LDH<sub>1</sub> e LDH<sub>4</sub> e diminui a LDH<sub>5</sub> no músculo esquelético.

De acordo com Favero et al. (1999) as formas H e M diferem entre si cineticamente, sendo que a M<sub>4</sub> apresenta maior Km para o piruvato e mantém a atividade catalítica em elevadas concentrações de lactato. A diferença na atividade cinética das isoenzimas apresenta significância fisiológica. Postula-se que a remoção de lactato por oxidação é facilitada em locais que combinam grande irrigação, elevada concentração de enzimas mitocondriais (citocromos oxidases) e uma elevada proporção da isoenzima H. Power & Howley (1997), citados por Favero et al. (1999), observaram que a LDH das fibras de contração lenta apresentam uma isoenzima capaz de converter lactato em piruvato, situação que se assemelha ao que ocorre no coração, onde o lactato é comumente oxidado.

Favero et al. (1999) realizaram experimento simulando enduro em ratos e observaram alteração enzimática a partir de seis semanas. Relataram ainda redução de 8% da subunidade M, enquanto a M<sub>4</sub> reduziu-se percentualmente até a 26<sup>a</sup> semana de experimento. Os autores sugerem que a alteração na estrutura e na proporção das isoenzimas não indica necessariamente alteração na produção e consumo de lactato, porém devem ser considerados o Km e Vmax de cada animal, favorecendo o entendimento da cinética desta enzima.

Segundo Champe & Harvey (1997) a lactato desidrogenase é importante nas hemácias e leucócitos (e outras células com poucas ou nenhuma mitocôndria) e no músculo esquelético durante exercício intenso. Atua em locais onde a relação NADH:NAD é baixa. Localiza-se apenas no citosol.

São considerados valores normais os inferiores a 350UI/L para cavalos em treinamento.

#### 1.9.4 Lactato

O ácido láctico é proveniente do metabolismo anaeróbico, onde o piruvato, sob ação da enzima lactato desidrogenase é transformado em lactato. A maior geração de lactato ocorre quando o animal é submetido a exercício que excede a capacidade aeróbica, sendo a via glicolítica anaeróbica a principal forma de geração de energia. Segundo Muñoz et al. (1999), existem três modelos propostos de acúmulo de lactato. O sugerido por Margarida et al. (1933) citado por Muñoz et al. (1999), estabelece que o lactato formado e acumulado no plasma ocorre em músculos em hipóxia ou durante

déficit de oxigênio. Outro modelo aceito, descrito por Kinderman et al. (1979) citado por Muñoz (1999) sugere que até a concentração de 2mmol/L de lactato o animal permanece em exercício aeróbico, entre dois e quatro mmol/L de lactato é a fase de transição entre os metabolismos e a concentração acima de quatro mmol/L de lactato o animal está em metabolismo anaeróbico. Hugson et al. (1987), citado por Muñoz et al. (1999), sugerem que a concentração plasmática de lactato aumenta continuamente durante o exercício progressivo, não existindo um ponto exato de inversão entre o metabolismo aeróbico e anaeróbico. Neste modelo, existe aumento de produção de energia pela via glicolítica no início do exercício. É proposto então que existam intensidades críticas durante o exercício relacionadas à capacidade de ventilação, e que exista uma adaptação das enzimas glicolíticas visando suprir energia com o aumento do exercício.

Segundo Harper (1977) o ATP pode ser produzido por glicólise, que terá sua atividade limitada quando a relação NADH:NAD aumentar, indicando a entrada no metabolismo anaeróbico. O NADH será oxidado a NAD e, ao mesmo tempo, o piruvato será reduzido a lactato.

Snow (1985) relata que o acúmulo de ácido láctico na musculatura pode desencadear a fadiga. O aumento da concentração no músculo provoca aumento na pressão osmótica da célula muscular, permitindo o influxo de água e aumentando, assim, o volume da célula, que irá atuar inibindo a quebra do glicogênio.

De acordo com Poso (2002), o ácido láctico irá então dissociar-se e atuar sobre o metabolismo. A acidificação da célula atuará sobre o metabolismo do cálcio muscular, aumentando o tempo de relaxamento da musculatura, e os prótons irão atuar na miosina ATP-ase, minimizando sua atividade. A produção de energia será diminuída, pois os prótons diminuem a atividade das enzimas da glicólise, como a fosfofrutoquinase, além de inibirem a fosforilação do glicogênio. A célula, como defesa, apresenta mecanismos de prevenção à acidificação, tendo em destaque o sistema tampão bicarbonato. Para retardar a acidificação da célula e a fadiga muscular, os ânions de lactato podem ser retirados do músculo em direção ao espaço intersticial e para o plasma sanguíneo. Somente a forma desprotonada do ácido láctico difunde-se pela membrana. A taxa e difusão da forma não aniônica aumentam com o aumento do ácido láctico e com o decréscimo do pH. Os prótons formados durante a dissociação são transportados por transportador monocarboxilado (MCT) ou pela relação  $\text{Na}^+:\text{H}^+$ .

A eliminação do ácido láctico pode ocorrer durante e especialmente após o exercício. No músculo, o lactato é utilizado para a oxidação e produção de energia e restabelece cerca de 90% da energia da glicose. No fígado, durante o exercício, o lactato é novamente transformado em glicose que retorna à corrente sanguínea, atingindo os músculos em exercício (Harper, 1977). Outro destino metabólico é a oxidação do ácido láctico nas fibras adjacentes e oxidativas, gerando energia para o músculo.

Essén-Gustavsson et al. (1984) trabalhando com cavalos de enduro de 50 e 100 Km, observaram maior aumento do lactato nos animais de 50 Km (vencedores), tendo apresentado comportamento semelhante nos animais de 100 Km e de 50 Km, lentos. Estes autores sugerem que como o aumento do lactato após o exercício não é muito grande, a natureza do exercício é aeróbico, assim algumas fibras e grupos musculares podem ter produzido lactato o qual pode ter sido oxidado nas fibras adjacentes.

Muñoz et al. (2002) trabalhando com diferentes raças submetidas a exercício teste, observaram aumento nas concentrações de lactato sanguíneo em todas as raças, porém os maiores valores foram observados na raça Andaluz e menores nos animais da raça Árabe.

### 1.9.5 Glicemia

Segundo Guyton (1997), a glicose é o principal combustível celular utilizado pela maioria das células dos organismos para obter energia necessária para a manutenção, reprodução e armazenamento.

Devido ao seu papel fundamental, substrato para obtenção de energia, a glicemia é finamente regulada por uma série de mecanismos hormonais e não hormonais. Estes mecanismos estão diretamente relacionados ao consumo de alimentos, os quais quando digeridos, são absorvidos na forma de glicose (Guyton, 1997; Cunningham, 1999)

A principal forma de armazenamento da glicose no animal é na forma de glicogênio, que pode ser encontrado no fígado (8 %) e no músculo (1-2 %).

De acordo com Mayes (1977), uma parte importante do metabolismo da glicose é a glicólise, que consiste na oxidação da glicose e glicogênio a piruvato ou lactato pela via de Embden-Meyerhof. Em condições de aerobiose, o piruvato formado vai ao ciclo de Krebs, e à cadeia de transporte de elétrons, tendo com produto final 38 ATPs. Em anaerobiose, o piruvato formado é convertido em lactato e se continuar nesta via, formará dois ATPs. Outras rotas possíveis para o lactato são a gliconeogênese (passagem que não é comum, pois a glicólise, mesmo anaeróbica, está ativa) e o ciclo

de Cori, que tem como principal função, a manutenção da glicemia. Um ponto limitante da glicólise é a produção de NADH, que, em aerobiose, seguirá, na via da glicólise, gerando 3 ATPs de energia e, em anaerobiose, será reoxidado a NAD, na transformação de piruvato em lactato. Este ponto é importante, pois o desvio do NADH não será utilizado na glicólise, podendo limitar esta via.

Mayers (1977) sugere que a  $\beta$ -oxidação dos lipídeos apresente um efeito poupador de glicose. Este processo ocorre na matriz mitocondrial e tem como produtos finais ATP e acetil-Co A. O acetil-CoA formado pode ter como destino o ciclo de Krebs, em que será oxidado a CO<sub>2</sub> e água. Alguns tecidos, como os eritrócitos e o sistema nervoso central, dependem do suprimento contínuo de glicose, enquanto os outros tecidos dependem da glicose para a manutenção do ciclo de Krebs. Randle (1963), citado por Mayers (1977), demonstra que corpos cetônicos e ácidos graxos livres poupam a oxidação da glicose no músculo pelo comprometimento de sua entrada na célula, sua fosforilação em glicose-6-fosfato, a reação da fosfofrutoquinase e a descarboxilação do piruvato. Harper (1977) que a oxidação de corpos cetônicos e ácidos graxos livres causa aumento na concentração de citrato intracelular, que, por sua vez, inibe a fosfofrutoquinase.

Segundo Meyer (1995), a glicemia que em jejum se mantém entre 80 a 100 mg/dL, após refeições ricas em amido ou açúcar pode subir a 150 mg/dL num prazo de 2-3 horas. De acordo com Robinson (1992), as concentrações de glicose retornam a valores basais seis horas após a ingestão do alimento, e os valores de glicose sanguínea para animais saudáveis em jejum estão entre 71 e 104 mg/dL.

Muñoz et al. (2002), trabalhando com diferentes raças submetidas a exercício teste, relataram que a glicemia dos animais da raça Andaluz foi maior entre as raças estudadas, porém não foi observada diferença estatística entre as raças. Maiores concentrações de glicose podem ser atribuídas a maior mobilização do glicogênio hepático.

Essén-Gustavsson et al. (1984), trabalhando com cavalos de enduro de 50 e 100 Km, citaram que a glicemia é mantida pela mobilização do glicogênio hepático e consiste em importante substrato para o cavalo de enduro. O menor valor glicêmico foi observado no cavalo vencedor da prova de 100 Km.

Geor et al. (2002) estudando o efeito do treinamento sobre o metabolismo da glicose durante exercício moderado, observaram menores valores glicêmicos após o

exercício, atribuindo este fato a diminuição no fluxo da glicose que sofre ação, em parte, dos hormônios glicoregulatórios.

### 1.9.6 Utilização das enzimas plasmáticas CK, AST e LDH na avaliação do desempenho de equinos em exercício

Segundo Santos (2002) certas mudanças fisiológicas podem resultar em alterações transitórias na permeabilidade da membrana celular. Foi registrado que hipoxia, catecolaminas, hipoglicemia, alterações de pH e concentrações iônicas alteradas causam alteração semelhante na permeabilidade celular. Supõe-se que muitas destas atuem diminuindo a quantidade de ATP disponível para a integridade celular. Valberg et al. (1993) atribui o aumento das enzimas AST e CK séricas a maior permeabilidade da membrana sarcoplasmática durante o exercício. Animais que apresentam rabdomiólise apresentam aumentos moderados da atividade enzimática antes do exercício, sem necessariamente demonstrar clinicamente a patologia.

Harris et al. (1990), trabalhando com animais com rabdomiólise, citaram como possíveis fatores predisponentes desta deficiência muscular o metabolismo imperfeito do substrato energético, as anormalidades do sistema endócrino, os desbalanços eletrolíticos e as deficiências de minerais e vitaminas. Supõe-se que estes fatores influenciem na quantidade de ATP disponível para a manutenção da integridade celular. Pode existir também a influência da velocidade de remoção destas enzimas da corrente sanguínea, garantindo valores mais elevados. A idade e o sexo do animal e o protocolo de treinamento podem influenciar também a atividade destas enzimas plasmáticas (Harris et al., 1990). A atividade enzimática elevada não está necessariamente relacionada a patologias, podendo ser atribuída a variações fisiológicas normais, recentes ou repetidos casos de rabdomiólise subclínica (Harris et al., 1990; Valberg et al., 1993).

Existem na literatura vários trabalhos que mensuraram as enzimas AST e CK como parâmetro de desgaste muscular, porém a literatura é escassa quanto ao efeito da nutrição dos cavalos atletas sobre a atividade enzimática.

Segundo Anderson (1976) os efeitos do exercício sobre as atividades das enzimas musculares do plasma dependem da aptidão do animal, da intensidade e da duração do exercício, bem como do ambiente. A magnitude da variação do aumento da atividade enzimática está relacionada com a aptidão do animal à determinada atividade,

bem como o grau de treinamento. Segundo Aitken et al. (1975) o treinamento dos cavalos diminui a magnitude da elevação enzimática.

Fayolle et al. (1992) sugerem que, embora a alteração enzimática seja estatisticamente significativa, estas alterações nem sempre são de significância biológica ou clínica, devendo ser analisado caso a caso. Santos (2002) cita que alguns animais podem ser mais sensíveis as agressões causadas pelo exercício, aumentando assim a permeabilidade celular.

De acordo com Thomassian (2004), seria aconselhável que o valor de referência de cada animal fosse o valor da atividade enzimática do animal em repouso, permitindo assim analisar a variação da enzima ao longo do exercício.

Essén-Gustavsson et al. (1984), trabalhando com cavalos de enduro de 50 e 100 Km, observaram aumento significativo na atividade da CK em cavalos de 100 Km (3,7 e 33,6  $\mu\text{kat/l}$ , respectivamente para antes e após o exercício) enquanto que a magnitude do aumento para os animais de 50 Km foi bem menor. A AST apresentou comportamento semelhante, sendo que o maior aumento entre antes e após o exercício foi de 5,3 e 11,2  $\mu\text{kat/l}$  respectivamente, para os cavalos de 100 Km. Estes autores atribuem este aumento enzimático a completa depleção do substrato a qual pode aumentar a permeabilidade da membrana e o extravasamento enzimático.

Muñoz et al. (2002), trabalhando com diferentes raças submetidas a exercício teste, observaram que a atividade das enzimas de importância muscular (CK, AST e LDH) são diferentes entre cavalos das raças Andaluz, Árabe e Anglo-Árabe. A raça Andaluz apresenta a maior variação entre as enzimas mensuradas. Observou-se menor atividade da CK após dois meses de treinamento e uma redução na resposta glicolítica ao exercício para cavalos Árabes e Anglo-Árabes, enquanto para o Andaluz a resposta foi observada com seis meses de treinamento. Este fato pode ser atribuído a maior capacidade oxidativa do músculo. Estes autores citaram ainda que o aumento das enzimas possa estar associado ao maior metabolismo oxidativo e com isso a produção de oxigênio reativo e as alterações eletrolíticas atribuídas ao suor. Foi observado também, neste estudo, uma correlação positiva entre a concentração de lactato e o aumento das enzimas.

### 1.9.7 Mensuração de valores plasmáticos de CK, AST, sobre o dano muscular de equinos atletas.

Segundo Harris et al. (1990) a síndrome da rabdomiólise atinge a musculatura dos cavalos resultando em queda no desempenho e laminite. Alguns fatores são predisponentes ao aparecimento desta patologia, tais como imperfeito metabolismo de substratos energéticos, anormalidades endócrinas, desbalanço eletrolítico e deficiências vitamínica-minerais. O sexo e a idade dos animais também são inclusos entre os fatores predisponentes. Harris et al. (1990) observaram que as fêmeas apresentam valores enzimáticos de AST e CK mais elevados do que os machos e animais de três anos tendem a ter atividade menor de AST do que os animais de dois anos.

Os sintomas principais desta doença compreendem miosites, rabdomiólises crônicas intermitentes, paralisia muscular, câimbras e algumas síndromes associadas. Os sinais clínicos variam com a severidade da patologia, apresentando desde leve rigidez muscular até severa relutância em se mover, inchaço dos músculos glúteos, suor em abundância, elevada frequência respiratória, dor, mioglobinúria e em casos extremos a morte do animal. Um dos grandes agravantes desta patologia é a frequência que estes fatores se apresentam após o exercício. Assim para auxiliar o diagnóstico são utilizadas mensurações séricas das enzimas AST e CK. Animais com esta patologia apresentam níveis séricos basais destas enzimas aumentados antes do exercício. Em animais sadios existe o aumento sérico das enzimas pós-exercício, atribuído ao aumento na permeabilidade celular (Valberg et al., 1993).

De acordo com Valberg (2002), observa-se aumento da CK até 6 horas após o exercício quando existe necrose muscular, entretanto quando a necrose cessa os valores séricos retornam a níveis basais em até sete dias. Desta forma, picos séricos desta enzima indicam degeneração muscular aguda e caso os valores séricos permaneçam elevados, indicam o desenvolvimento de rabdomiólise. A AST também pode indicar danos musculares, porém não é específica de injúrias musculares. Em situações patológicas esta enzima apresenta picos séricos 24 a 48 horas após o exercício, retornando a valores basais entre cinco e 14 dias, dependendo da severidade da patologia.

A rabdomiólise foi classificada em duas formas específicas por Geor (2005). A denominada miopatia da estocagem de polissacarídeos (PSSM) e a rabdomiólise decorrente de exercício (RER). A PSSM acomete principalmente em cavalos das raças Quarto de Milha e Apaloosa, enquanto que a RER acomete os das raças Puro Sangue

Inglês e Árabe. Estas patologias podem ser influenciadas pela dieta fornecidas aos animais, principalmente quanto à quantidade de carboidratos solúveis e lipídios presentes na dieta.

McKenzie et al. (2002) sugerem que a adição de óleo à dieta de cavalos é conveniente e efetiva na alimentação de cavalos com rabdomiólise, pois o mesmo apresenta elevada digestibilidade, além de diminuir a excitabilidade do animal. Ainda é bastante controverso o manejo de fornecimento de óleo em dietas para animais doentes, a quantidade a ser fornecida, o tempo de resposta ao fornecimento entre outros fatores. Foi sugerido por estes autores que seja substituída a energia digestível proveniente dos carboidratos solúveis por lipídios e superfibras (ex: polpa de beterraba e casca de soja) a fim de diminuir os episódios da doença.

#### 1.9.8 Demais parâmetros que auxiliam na avaliação do desempenho e do metabolismo energético de cavalos atletas

A frequência cardíaca é uma resposta a maior necessidade de oxigenação do organismo, estando intimamente ligada ao débito cardíaco.

Segundo Erickson (1997) a frequência cardíaca média de cavalos treinados é de 35 batimentos por minuto. No início do exercício a frequência cardíaca sobe rapidamente atingindo valor máximo em 30 a 45 segundo e em seguida quase sempre diminui antes de atingir um platô durante um trabalho constante. Em exercício submáximo, a frequência cardíaca pode ser afetada por ansiedade e apreensão. Ao término do exercício espera-se que a frequência cardíaca diminua rapidamente nos primeiros dois minutos, sendo esta observação utilizada como medida de desempenho.

Como adaptação ao exercício, observa-se frequências cardíacas mais baixas no repouso, que podem ser atribuídas a menor apreensão do animal antes do exercício.

Evans (2000) cita que a frequência cardíaca não diminui com o exercício e quando observada através de um gráfico que considera a frequência cardíaca (eixo Y) e a velocidade do exercício (eixo x) a curva desloca-se para a direita, demonstrando assim que quanto maior a velocidade mais elevada será a frequência cardíaca.

McKenzie et al. (2002), Hiney & Potter (1996), Duren (2000) e Frape (1994), observaram que a adição de óleo diminui a excitabilidade do animal, assim diminuindo a frequência cardíaca. O óleo atua também sobre a termorregulação por apresentar menor incremento calórico, além de menor coeficiente respiratório, o que reflete em menor frequência cardíaca.



A termorregulação é outro fator importante que afeta o desempenho dos cavalos. Considerando que a atividade muscular requer a conversão de energia química em mecânica e que a eficiência da conversão é de, no máximo, 25%, sendo o restante perdido na forma de calor, conclui-se que este mecanismo influencia diretamente na temperatura do animal. Há quatro mecanismos termorreguladores: condução, convecção, radiação e evaporação, sendo a evaporação o método mais eficiente de perder calor. Quando a carga de calor é suficientemente grande as glândulas sudoríparas dos cavalos são ativadas, e o suor promove perda de calor quando evapora. Em animais em exercício, o trato respiratório também auxilia na perda de calor e de água (Erickson, 1996).

Os animais de enduro possuem uma reserva maior de água no organismo. Nas duas primeiras horas de exercício há aumento significativo da sudação com o objetivo de manter a temperatura interna dentro de valores fisiológicos. Após a terceira e quarta hora começam desenvolver alterações hemodinâmicas e a homeostasia do sangue começa a lutar contra a desidratação, tentando manter a perfusão e a atividade muscular, enquanto regula a temperatura interna. À medida que o volume circulante diminui são desencadeados alguns reflexos com a finalidade de manter a pressão arterial tais como o aumento da frequência cardíaca, auxiliados pela redução da vasodilatação cutânea, visando diminuir a perda de suor e mantendo a água corpórea (Lacerda-Neto, 2004).

Segundo Erickson (1996) as respostas termorreguladoras a sobre carga térmica nem sempre são suficientes para evitar a elevação da temperatura corpórea. As temperaturas retal, muscular e sangüínea aumentam de maneira impressionante no cavalo com a intensidade e a duração crescentes de exercício, existindo registros de temperaturas retais que atingiram 41 a 43°C.

Estudando a termorregulação em cavalos em exercício, Geor et al. (1996) observaram que o cavalo em exercício adapta-se a maior dissipação de calor, favorecendo a sudorese e evaporação, garantindo menores temperaturas retais. Hodson et al. (1993) relataram que o condicionamento físico do animal melhora a habilidade do cavalo de eliminar calor pela evaporação através do suor, da pele e pelo trato respiratório.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, M. G., The effect of exercise on the lactate dehydrogenase and creatine kinase isoenzyme composition of horses, **Research in veterinary science**, v. 20, n. 191, 1976.
- AITKEN, M.M., ANDERSON, M.G., MACKENZIE, G. et al., Correlation between physiological and biochemical parameters used to assess fitness in the horse, **Journal of south Africa veterinaru association**, v.45, n.362, 1975.
- ARAI, T., INOUE, A., UEMATSU, Y., et al., Activities of enzymes in the malato-aspartato shuttle and the isoenzyme pattern of lactate dehydrogenase in plasma and peripheral leukocytes of lactating Holstein and riding horses, **Reserch in veterinary Science**, v.75, p. 15-19, 2003.
- BALDISSERA, V. Fisiologia do exercício para eqüinos. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, v. 21, 1997.
- BENDAHAN, D., KEMP, G.J., ROUSSEL, M., et al. ATP synthesis and proton handling in muscle during shot periods of exercise and subsequent recovery, **Journal of Applied Physiology**, v. 94, p. 2391-2397, 2003.
- BRAY, R. & WICLER, S. Nutrition portafolio of the endurance and thee-day event horse, **The veterinarian's pratical reference to equine nutrition**, p.15-27, 1997.
- CARDINET, G.H. Skeletal muscle function. In: KANEKO, J.J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. London: Academic, 1989. p.462-495.
- CHAMPE, P. C., HARVEY, R. A., Bioquímica ilustrada, 2 ed. Porto Alegre, Artes medicas, 1997, 446p.
- Confederação Brasileira de Hipismo <http://www.cbh-hipismo.com.br/enduro/historico.asp> (14/03/2006)
- CUNNINGHAM, J. C. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 528 p.
- DUBOUCHANUD, H.; BUTTERFIELD, G. E.; WOLFEL, E. E.; BERGMAN, B. C.; BROOKS, G. A. Endurance training, expression, and physiology of LDH, MCT1 in human skeletal muscle. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 278, n. 4, p. E571-E579, Apr. 2000.
- DUREN, S., Feeding the endurance horse, **Kentucky equine Research, Inc.** p. 351-363, 2000.
- EATON, M. D. Effect of a diet containing supplementary fat on the capacity for high intensity exercise. **Equine Veterynary Journal**, Suffolk, v. 27, p. 353-356, 1995. Supplement. 18
- ERICKSON, H. H. Fisiologia do exercício. In: SWENSON, M. J. **Dukes Fisiologia dos animais domésticos**. 11. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara & Koogan, 1996.

- ESSÉN-GUSTAVSSON, B., RONÉUS, N., POSO, A.R., Metabolic response in skeletal muscle fibre os standardbred trotters after pacing, **Comp. Biochemistry Physiology**, v. 117B, n. 3, p. 431-436, 1997.
- ESSÉN-GUSTAVSSON, B., KARLSTRÖM, K., LINDHOLM, A. Fibre types, enzyme activities and substrate utilization in skeletal muscle of horses competing in endurance rides, **Equine Veterinary journal**, v. 16, n.3, p. 197-202, 1984.
- FAVERO, T. G., STAVRIANEAS, S., KLUG, G. A., Training-induce alterations in lactate dehydrogenase reaction kinetics in rats: a re-examination, **Experimental physiology**, v.84, p. 989-998, 1999.
- FAYOLLE, P., LEFEBRE, H., BRAUN,J.P., Effect of incorrect venopuncture on plasma creatine kinase activities in dogs and horses, **Br.veterinary.journal**, n.148, p. 161-162,1992.
- FRAPE,D.L., Diet and exercise performance in the horse, **Proceeding...of the nutrition society**, v. 53, p. 189-206, 1994
- GEOR, R.J., MCCUTCHEN,L.J., LINDINGER,M.I., Thermoregulation in the exercising horse: Physiological adaptation associated with heat acclition, **The equine Athlete**, v. 19, n.3, p.14-18, 1996
- GEOR, R.J., McCUTCHEON, L.J., HINCHCLIFF,K.W., et al., Training-induced alterations in glucose metabolism during moderate-intensity exercise, **Equine exercise physiology**, v.6, n.34, p.22-28, 2002.
- GEOR, R. J., Role of dietary energy source in the expression of chronic exertional myopathies in horses, **Journal Animal science**, v.83E, p. 32-36, 2005.
- GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 926 p.
- HARKINS, J. D.; MORRIS, G. S.; TULBY, R. T.; NELSON, A. G.; KA, ERLING, S. G. Effect of added fat on racing performance in thoroughbred horse. **Journal Equine Veterinary Science**, Lake Elsonore, v. 12, n. 2, p. 123-129, Mar./Apr. 1992
- HINEY, K. M.; POTTER, G. D. A review of recent research on nutrition and metabolism in the athletic horse. **Nutrition Research Reviews**, New York, v. 9, p. 149-173, 1996.
- HARPER, H. A. **Manual de química fisiológica**. São Paulo: Atheneu, 1977.
- HARRIS, PAT, A., SNOW, D.H., GREET, T.R.C, et al., Some factors influencing plasma AST/CK activities in Thoroughbred racehorses, **Exercise physiology**, p. 66-71, 1990.
- HARRIS RC, VIRU M, GREENHAFF PL, AND HULTMAN E. The effect of oral creatine supplementation on running performance during maximal short term exercise. **Journal of Physiology**, v.467, 74P, 1993.
- HINEY, K. M.; POTTER, G. D. A review of recent research on nutrition and metabolism in the athletic horse. **Nutrition Research Reviews**, New York, v. 9, p. 149-173, 1996.
- HINTZ, H.F. Alimentando o cavalo atleta. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO CAVALO DE ESPORTE, 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, n.19, p.49-57.

- HODGSON, D.R., ROSE,R.J., DiMAURO.J., et al. Effects of a submaximal treadmill training rogramme on histological properties, enzyme activies and glycogen utilization of skeletal muscle in the horse, **Equine Veterinary Journal**,v.17, p.300-3005, 1985.
- JANSEN, W.L.; VAN DER KUILEN, J.; GEELLEN, S.N.J. et al. The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fibre in trotting horses. **Equine Veterinary Journal**, v.31, p.27-30, 2000.
- JONES, D. L.; POTTER, G. D.; GREENE, L. W.; ODOM, T. W. Muscle glycogen in exercised miniature horses at various body conditions na fed a control or fat supplemented diet. **Journal Equine Veterinary Science**, Lake Elsinore, v. 12, n. 5, p. 287-291, Sept./Oct. 1992.
- KORZENIEWSKI,B., ZOLADZ,J.A., Training-induced adaptation of oxidative phosphorylation in skeletal muscle, **Biochemistry Journal**, v. 374, p. 37-40, 2003.
- KANECO, J. J. **Patologia clinica veterinária**. 4. ed. Davis: Academic Press, 1989. 932 p.
- KRONFELD, D. S.; CUSALOW, S. E.; FERRANTE, P. L.; TAYLOR, L. E.; WILSON, J. A.; TIES, W. Acid-base responses of fat-adapted horses: relevance of hard work in the heat. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 59, n. 1/3, p. 61-72, Aug. 1994.
- KRONFELD,D.S., HOLLAND J.L, RICH, G.A., MEACHAM, T.M., FONTENOT, J.P., SKLAN,D.J., HARRIS, P.A. Fat digestibility in Equus caballus follows increasing first-order Kinetics. **Journal Animal Science** v. 82, p. 1773-1780, 2004.
- LACERDA-NETO, J.C., Respostas orgânicas ao exercício físico.In: I SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE EQUINOS, 1, 2004, Campinas. **Proceedings...**Campinas, Sociedade Brasileira de nutrição animal-CBNA, 2004, p.45-60.
- LEWIS, L.D. **Equine clinical nutrition. Feeding and care**. 1.ed., Philadelphia: Williams e Wilkins. 1995. 587p.
- LEWIS,L. L. **Nutrição clínica do cavalo**. São Paulo: Roca, 2000. 710 p.
- LINDOHL, A, What determines fuel selection in relation to exercise, **proceedings...** Nutrtrion society, v.54, p. 275-282, 1995
- MACLEAVY,J. & VALBERG, S.J., Skeletal muscle Struture and Fuction in the horse, **Basic Equine Nutrition and Its Physiological Functions**, p.11-19, 1997.
- MARCENAC, L. N.; AUBLET, H.; D'AUTHEVILLE, P. **Enciclopédia do cavalo**. Sao Paulo: Organizacao Andrei, Ed. 2. 1990. 1564p.
- MARQUEZE, A.; KESSLER, A. M.; BERNARDI, M. L. Aumento do nível de óleo em dietas isoenergeticas para cavalos submetidos a exercício. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 491-496, maio/jun. 2001.
- MAYES, P. Metabolismo de lipídeos. In: HARPER, H. A. **Manual de química fisiológica**. São Paulo: Atheneu, 1977. p.

- MCKENZIE, E. C., VALBERG, S. J., PAGAN, J.D., A review of dietary fat supplementation in horses with exertional rhabdomyolysis, American Association of Equine Practitioners, **proceedings...** v. 48, p.381-386, 2002
- MEYER, H. *Alimentação de cavalos*. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 303 p.
- MUÑOZ, A., RIBER,C., SANTISTEBAN,R., et al. Effect of training duration and exercise on blood-borne substrate, plasma lactate and enzyme concentration in Andalusian, Anglo-Arabian and Arabian breeds, **Equine exercise physiology**, v.6., n.34, p. 245-251, 2002.
- MUÑOZ, A., SANTISTEBAN, R., RUBIO, M. D., et al. Relationship between slope of the plasma lactate accumulation curve and working capacity in Andalusian horses, **Acta Veterinary Brno**, v.68, p.41-50, 1999.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC**. *Nutrient Requirements of Horses*. 5 revised ed. Washington: National Academy Press., 1989. 100p.
- OLDHAM S. L.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W.; SMITH, S. B.; TAYLOR, T. S.; BARNES, W. S. Storage and mobilisation of muscle glycogen in exercising horse fed a fat supplemented diet. **Journal Equine Veterinary Science**, Lake Elsinore, v. 10, n. 5, p. 353-359, Sept./Oct. 1990.
- PAGAN, J.D. & JACKSON, S.G. Effect of the chronic administration of the oral antibiotic sulfamethoxazole and trimethoprim on digestibility in the mature horses. **Proceeding...** XIX Equine Nutrition Physiology Symposium, 1993, p. 34-36,
- PAGAN, J. D. et al. Responses of blood glucose, lactate and insulin in horses fed equal amounts of grain with or without added soybean oil. In: **RECETS ADVANCES IN EQUINE NUTRITION**, 1995, Kentucky. **Proceeding...** Kentucky: Kentucky Equine Research, 1995. p. 57-60.
- PAGAN, J.P., HARRIS, P., BARNES, T. B., DUREN, S.E., JACKSON, S.G., Exercise affects digestibility and rate of passage of All-Forage and Mixed Diets in Thoroughbred horses, **Journal Nutrition**, v. 128, p. 2704S-2707S, 1998.
- POSO, AR., SOVERI,T., OKSANEN, HE., The effect of exercise on blood parameters in standardbred and Finnish bred horses, **Acta Veterinary Scand**, v.24, p.170, 1983.
- POSO, A. R. Monocarboxylate transporters and lactate metabolism in equine athletes: a review. **Acta Veterinary Scandinavica**, v. 43, p. 63-74, 2002.
- RALSTON,S. L, Manejo nutricional da performance de cavalos no dia da competição, **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n.19, p.59- 68, 1997.
- RESENDE JÚNIOR,T; REZENDE, A.S.C.; LACERDA JÚNIOR, O.V.; BRETÃS, M.; LANA, A.; MOURA , R.S.; RESENDE , H.C. Efeito do nível de óleo de milho adicionado à dieta de equinos sobre a digestibilidade dos nutrientes **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.1,p. 2004
- RIVERO, J.L.L., DIZ, A.M., Skeletal muscle histochemistry of Andalusian horses: A comparative study with other breeds, **Archives Zootecnia**, v.41, p. 505-512, 1992.
- ROBINSON, E. **Current therapy in equine medicine**, Philadelphia: W. b. Saunders Company, 1992. 847 p.

- SAKS, V.A., KONGAS,O., VENDELIN,M., KAY, L., Role of the creatine/phosphocreatine system in the regulation of mitochondrial respiration, **Acta Physiology Scand**, v. 168, p. 635-641, 2000.
- SANTOS, V. P., Avaliação metabólica do equino atleta (2002) [www6.ufrgs.br/bioquímica/posgrad/BTA](http://www6.ufrgs.br/bioquímica/posgrad/BTA) (20/11/2005)
- SELLE, JE., VAN HUSS,WD., ROOK,JS., et al., Blood parameters as a result of conditioning horses through short strenuous exercise bouts. **Proceeding...** Ninth Equine Nutritional Physiology Symposium. p.206, 1985.
- SILVA, D.J., **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). Viçosa: Imprensa Universitária, 1990, 165p.
- SNOW,D.H. Muscle fibre composition and glicogen depletion in horses competing in na ride, **Veterinary Record**, v. 108, p. 374-378, 1981.
- SNOW, D. H.; HARRIS, R. C.; GASH, S. P. Metabolic response of equine muscle to intermittent maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 58, n. 5, p. 1689-1697, May 1985.
- SWENSON, M.J. **Dukes physiology of domestic animals**. 9.ed. London: Cornell University, 1977. 914p.
- TAYLOR, L. E.; FERRANTE, P. L.; KRONFELD, D. S.; MEACHAM, T. N. Acid-base variables during incremental exercise in sprint-trained horses fed a high fat diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 7, p. 2009-2018, July 1995.
- THOMASSIAN, A. Medicina esportiva equina da inspeção ao computador: Parte 1, [www.spmv.org.br/conpavet2004/palestras](http://www.spmv.org.br/conpavet2004/palestras) (10/01/2007).
- VALBERG, S., JÖNSSON,L., LINDHOLM,A., et al., Muscle histopathology and plasma aspartaté aminotransferase, creatina Kinase and myoglobin changes with exercise in hith recurrent exertional rhabdomyolysis,. **Equine Veterinary Journal**, V.25, p. 11-16, 1993.
- VALBERG, S. J.; MACLEAY, J. M. Skeletal muscle function and metabolism. In: RECENT ADVANCES IN EQUINE NUTRITION, 1997, Kentucky. **Proceeding...** Kentucky: Kentucky Equine Research, 1997. p. 11-14.
- VALBERG, S., A review of the diagnosis and treatment of rhabdomyolysis in foals, **American Association of Equine Practitioners**, v.48, 2002
- YAMASHITA,K.& YOSHIKA,T. Profiles of creatine Kinase isoenzyme compositions in single muscle fibres of different types, **Journal of Muscle research and Cell Motility**, v.12, n.1, p. 37-44, 1991.

## **OBJETIVOS**

Os objetivos do presente trabalho foram o de avaliar a influência da adição de níveis crescentes de óleo de soja em dietas para equinos submetidos à prova de enduro de 80 Km, sobre: 1. A atividade plasmática das enzimas AST e CK na identificação de possíveis danos musculares. 2. O metabolismo energético através da mensuração da atividade plasmática das enzimas musculares AST, CK e LDH e de parâmetros auxiliares como lactato, glicemia, frequência cardíaca e temperatura retal e 3. A digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas e na determinação do melhor nível de inclusão de óleo na dieta;

## Capítulo 1

### **EFEITO DA ADIÇÃO DE ÓLEO E DO TREINAMENTO SOBRE A ATIVIDADE MUSCULAR DE CAVALOS SUBMETIDOS À PROVA DE RESISTÊNCIA**

**RESUMO:** Com o objetivo de verificar o efeito da adição de óleo de soja e do treinamento sobre a atividade plasmática das enzimas Creatina Quinase (CK) e Aspartato Aminotransferase (AST) como indicativo de danos musculares, foram fornecidas dietas experimentais compostas por cinco níveis de óleo de soja no concentrado (controle, 6, 12, 18 e 24%). Foram utilizados 20 equinos da raça Árabe, peso aproximado de 400 kg, submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP-Jaboticabal. O enduro foi dividido em quatro anéis de 20 km cada. Observou-se efeito ( $p < 0,05$ ) da adição de óleo e da distância percorrida sobre as variáveis AST e CK durante o enduro e também no período de recuperação. Conclui-se que o óleo atua de forma benéfica quanto à manifestação de lesão muscular por diminuir a atividade das enzimas AST e CK em níveis superiores a 6%. A presença de elevados valores de atividade enzimática não está obrigatoriamente ligada à presença de enfermidades musculares. Cada animal deve ser analisado individualmente, tendo como referência a sua atividade enzimática basal.

Palavras-chave: Aspartato aminotransferase, cavalos, creatina quinase, exercício.



## **EFFECT OF DIETS WITH SOYBEAN OIL LEVELS AND TRAINING OF RESISTANCE HORSES ON THE MUSCLE ACTIVITY**

**ABSTRAT:** The aim of this study was to verify the effect of increasing soybean oil levels on the enzyme activity of Aspartate Aminotransferase (AST) and Creatine kinase (CK) as an indicative of muscle damage. Experimental diets were given composed by five soybean oil levels on the concentrate (control, 6, 12, 18 and 24%). Twenty Arabian equines, male and female, average weight of 400kg were used and submitted to an endurance race in a treadmill of 80 km. The endurance was divided in 4 rings of 20 km each. A significative ( $p<0.05$ ) soybean oil addition effect and run distance for CK and AST variables during the endurance and also in the recovering time were observed. It is concluded that soybean oil acts in a benefic way considering a muscle lesion by decreasing AST and CK enzyme activaties in levels lower than 6%. The presence of high values of enzymatic activity it is not necessary linked with muscle pathology presence. It is important the individual enzymatic values evaluation of each animal, having as the base line the corresponding basal enzymatic activity.

**Key words:** Aspartate aminotransferase, creatine kinase, exercise, horse.

## INTRODUÇÃO

O enduro eqüestre é uma atividade de resistência na qual o animal apresenta alta demanda energética, sendo o óleo uma fonte potencial de fornecimento de energia.

Segundo Frape (1994), as dietas ricas em óleo são bem aproveitadas pelos eqüinos, promovem maior metabolismo lipídico intramuscular e hepático, além de aumentar as reservas de glicogênio.

De acordo com Harris et al. (1990) as enzimas Aspartato Aminotransferase (AST) e Creatina Quinase (CK) são utilizadas para avaliar possíveis patologias musculares apresentadas por eqüinos atletas, como a rabdomiólise.

A idade e sexo do animal e o protocolo de treinamento podem influenciar a atividade destas enzimas plasmáticas (Harris et al., 1990). Estes pesquisadores citam que o metabolismo energético inadequado também pode contribuir. A atividade enzimática elevada não está necessariamente relacionada a patologias, podendo ser atribuída a variações fisiológicas normais, recentes ou repetidos casos de rabdomiólise subclínica. A ocorrência de aumento moderado destas enzimas em animais sadios, submetidos a exercícios de moderada a alta intensidade, pode ser encontrado (Harris et al., 1990; Valberg et al., 1993, Thomassian, 2004).

Segundo Valberg et al. (1993) a rabdomiólise é uma miopatia que atinge muitas raças e modalidades de animais em exercício. Segundo Geor (2005) e McKenzie et al. (2002), a adição de óleo a dieta pode diminuir a severidade ou o número de casos desta doença.

De acordo com Santos (2002) a CK catalisa a conversão reversível da creatina fosfato na presença do ADP em creatina com a formação de ATP. Valberg et al. (1993) consideram valores não patológicos para animais treinados os inferiores a 350 U/L.

A AST não é músculo específica, podendo ser observada em outros tecidos, e no diagnóstico de lesão muscular, deve ser analisada juntamente com a CK. Valberg *et al.* (1993) citam como valores normais os inferiores a 550 U/L.

O objetivo do presente trabalho foi o de verificar o efeito da adição de níveis crescentes de óleo de soja à dieta de eqüinos submetidos a enduro (80 Km) sobre os níveis plasmáticos das enzimas CK e AST, como indicativo de danos musculares.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 20 eqüinos da raça Árabe, machos e fêmeas, com idade média de  $9,5 \pm 5,5$  anos e peso vivo aproximado de 400 kg, submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.

O experimento teve duração de 48 dias, onde os animais foram alojados em baias de individuais no Setor de Eqüinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal (FCAV-UNESP /Jaboticabal). Neste período os animais foram adaptados às dietas experimentais, formuladas segundo o NUTRIENT RESEARCH COUNCIL (NRC, 1989) para cavalos de esporte de média intensidade, e também adaptados ao treinamento, baseado no limiar anaeróbico, determinado individualmente através do método do limiar anaeróbico individual descrito por Baldari et al. (2000). O protocolo de treinamento semanal consistiu de três dias de treinamento em esteira rolante, dois dias de treinamento montado em trilhas, um dia de trabalho no redondel e um dia de descanso a pasto.

As dietas experimentais foram compostas por cinco concentrados formulados com cinco níveis de inclusão de óleo de soja (controle- sem adição de óleo, seis, 12, 18 e 24%) e feno de Tifton 85, mantendo-se a respectiva relação de 50: 50 (Tabela 1 e 2). As dietas foram fracionadas em três refeições diárias, fornecidas às 7: 00, 12:00 e 17:00 horas.

**TABELA 1: Composição percentual dos concentrados experimentais***TABLE 1: Percentual composition of experimental concentrates.*

Ingrediente/Tratamento <i>Ingredient/ Treatment</i>	Controle <i>Control</i>	6% óleo <i>6% of oil</i>	12% óleo <i>12% of oil</i>	18% óleo <i>18% of oil</i>	24% óleo <i>24% of oil</i>
Milho grãos <i>Corn Grain</i>	84,45	73,65	60,15	48,1	38,85
Farelo de soja <i>Soybean Meal</i>	13,2	17,75	25	30,75	34,0
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	0	6,0	12,0	18,0	24,0
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,2	0,3	0,4	0,65	0,65
Calcário <i>Limestone</i>	0,95	1,0	1,05	1,0	1,0
Sal comum <i>Comum Salt</i>	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3
Suplemento Mineral <sup>1</sup> <i>Mineral Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup> <i>Vitaminic Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total / <i>Total</i>	100	100	100	100	100

<sup>1</sup> Suplemento mineral (*Mineral supplement*): P-72g, Ca-191g, Na-68,25g, Cl-105g, Mg-27,5g, S-14,963g, Zn-1500,00 mg, Cu- 250,00 mg, Mn 1000,00 mg, Fe 1000,00 mg, Co-12,24 mg, I-20,00 mg, Se 2,25 mg, Fl (Max)-0,72mg.

<sup>2</sup> Suplemento vitamínico (*Vitaminic supplement*): vit. A-1600000UI, vit D3- 200000UI, vit E-3000UI, vit K3- 636 mg, vit B1- 1200 mg, vit B2-1600 mg, vit B12- 3300 mg, Ác. Pantotenico 3300mg, Biotina 20mg, Ác. Nicotínico- 6000mg, Ác. Fólico- 200mg, colina- 40mg, L-Lisina- 25 mg, antioxidante 200mg.

**TABELA 2: Composição química dos concentrados experimentais (base na matéria seca)**  
**TABLE 2. Chemical Composition of the experimentals concentrates (dry matter basis)**

Nutriente Nutrient	Controle Control	6% de óleo 6% oil	12 % de óleo 12% oil	18% de óleo 18% oil	24% de óleo 24% oil	Feno Tifton TiftonHay
Matéria Seca (%) <i>Dry matter (%)</i>	93,12	94	89	90,2	91,25	91,0
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein (%)</i>	14,06	14,86	15,45	17,83	18,78	9,95
FDN (%) <sup>1</sup>	13,94	13,3	13,4	12,9	11,9	85,2
NDF (%) <sup>1</sup>						
FDA (%) <sup>1</sup>	3,44	3,74	4,02	4,85	5,51	43,02
ADF (%) <sup>1</sup>						
Matéria mineral (%) <i>Ash (%)</i>	4,0	4,0	3,0	5,0	5,0	5,5
Extrato Etéreo (%) <i>Ether extract (%)</i>	3,52	8,8	10,6	19,7	22,73	1,0
Energia Bruta (Kcal/Kg) <i>Gross Energy (kcal/Kg)</i>	4213,0	4386,0	4436,0	4996,0	5235,0	4102,0
Composição química das dietas experimentais (relação concentrado-volumoso: 50/50) <i>Chemical composition of experimentals diets (concentrate: roughage 50:50)</i>						
Matéria Seca (%) <i>Dry matter (%)</i>	92,06	92,5	90,0	90,6	91,125	
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein (%)</i>	12,005	12,405	12,7	13,89	14,37	
FDN (%) <sup>1</sup>	49,57	49,25	49,3	49,05	48,55	
NDF (%) <sup>1</sup>						
FDA (%) <sup>2</sup>	22,73	22,89	23,52	23,94	22,77	
NDA (%) <sup>2</sup>						
Matéria mineral (%) <i>Ash (%)</i>	4,75	4,75	4,25	5,25	5,25	
Extrato Etereo (%) <i>Ether extract (%)</i>	2,26	4,9	5,8	10,35	11,87	
Energia Bruta (Kcal/Kg) <i>Gross Energy (kcal/Kg)</i>	4157,5	4244,0	4269,0	4549,0	4668,5	

<sup>1</sup> FDN Fibra Detergente Neutro/<sup>1</sup> NDF Neutral Detergent Fiber

<sup>2</sup> FDA Fibra Detergente Ácido/<sup>2</sup>ADF Acid Detergent Fiber

Ao final do 48<sup>o</sup> dia os animais foram avaliados em simulação de enduro em esteira rolante no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da FCAV-UNESP/Jaboticabal. A cada dia, dois animais foram avaliados, seguindo a mesma sequência de introdução no protocolo experimental, garantindo que todos os animais tivessem 48 dias de treinamento e adaptação à dieta. O enduro foi dividido em quatro anéis de 20 km cada, com duração média de 1 hora e dez minutos, sendo que somente o primeiro e terceiro anéis

apresentaram inclinação (10%) da esteira. Dentro de cadaanel o animal foi submetido a ciclos de exercício seguindo o conceito de produção e remoção de lactato, sugerido pelo método do lacmim (Tegtbur et al., 1993).

Após cadaanel foi aferida a frequência cardíaca (FC), com uso de estetoscópio, e o animal que apresentava FC igual ou inferior a 60 batimentos por minuto (bat/min) foi retirado da esteira, resfriado e em um prazo máximo de 20 minutos foi submetido a exame veterinário. Neste exame o animal foi analisado clinicamente. Após liberação veterinária o animal recebeu água e feno à vontade por um período de 40 minutos. Após o término deste período, o animal foi recolocado na esteira e submetido a novoanel. O animal que apresentava FC superior a 60 (bat/min) foi monitorado por um período de até 20 minutos, no qual a FC deveria atingir 60 bat/min para seguir para exame veterinário. Caso isso não ocorresse o animal era retirado da prova.

Para a mensuração da atividade das enzimas CK e AST o sangue foi colhido por venopunção da jugular esquerda em tudo vacutainer, o qual permaneceu armazenado em recipiente resfriado até ser centrifugado. Amostras de sangue foram colhidas antes do início do exercício (basal) e após o final de cadaanel do enduro (20, 40, 60 e 80 Km) e às seis, 24 e 48 horas após o exercício. O plasma foi separado e armazenado em ependorfes. A atividade enzimática foi determinada através de Kits bioquímicos da empresa Labtes<sup>®</sup> e lidos em espectrofotômetro Labquest<sup>®</sup>.

Após o término do enduro em esteira rolante o animal permaneceu estabulado por 24 horas, recebendo somente feno à vontade e água fresca. Após este período foi solto ao pasto.

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com medidas pareadas repetido no tempo. Os animais foram considerados como parcelas, a distância percorrida como subparcela, a qual foi medida em cinco tempos, respectivamente, basal, 20, 40, 60 e 80 Km de prova. Para a análise da recuperação dos animais foi utilizado o mesmo modelo matemático do momento do exercício, divergindo apenas, nos tempos de coleta pós-exercício, citados na equação como Dj. Nesta situação, as coletas ocorreram em três tempos (seis, 24 e 48 horas pós - exercício).

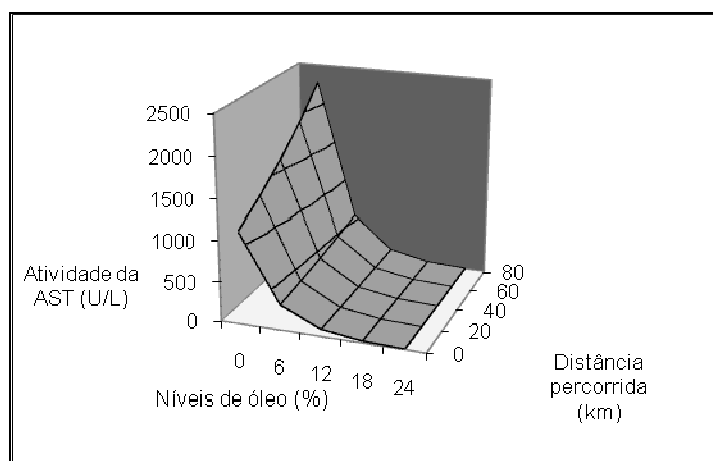
A análise estatística foi realizada utilizando a metodologia de Modelos Lineares Generalizados descrito por Nelder et al. (1972). Considerando que os dados apresentaram distribuição “ $\gamma$ ” com função de ligação logarítima as esperanças para as variáveis independentes foram modeladas conforme a expressão:  $E(Y) = e^{\eta}$  em que  $\eta = \mu + T_i + D_j + DT_{ij} + A_k/T_i$ , sendo:  $\mu$  = constante geral,  $T_i$  = efeito do tratamento  $i$ ,  $i = 0, 6,$

12, 18, 24% de óleo; Dj= efeito da distância j, j= 0, 20, 40, 60 e 80; DTij= efeito da interação distância e tratamento e Ak = efeito do animal dentro de tratamento.

Os efeitos de tratamento e distância foram desdobrados em efeitos lineares, quadráticos e cúbicos para estabelecer o modelo de superfície de resposta.

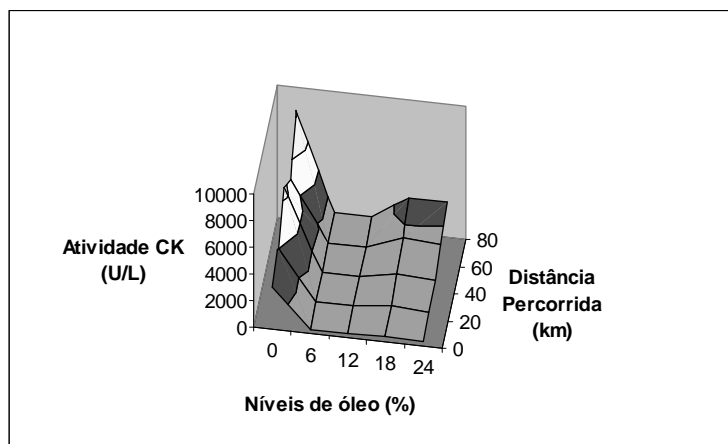
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito ( $p < 0,05$ ) da adição de óleo e da distância percorrida sobre as variáveis AST e CK, que apresentaram as respectivas expressões: AST e  $(7,045 - 0,2292x + 0,007991x^2 + 0,008517z - 0,0003282xz)$  e CK e  $(8,06 - 0,07020x + 0,05546x^2 - 0,001262x^3 + 0,01204z + 0,0006207xz)$ , expressas nas Figuras 1 e 2. Para o período de recuperação ao exercício também foi observado efeito ( $p < 0,05$ ) da adição de óleo a dieta bem como do tempo de recuperação pós-exercício para ambas as enzimas, representados nas Figuras 3 e 4. As equações obtidas foram: AST recuperação e  $(7,688 - 0,2532x + 0,007933x^2 - 0,009779z + 0,00007415z^2 + 0,0002986zx)$  e CK recuperação e  $(8,362 - 0,1206x + 0,003463x^2 - 0,07501z + 0,0008117z^2 + 0,0006261xz)$ .



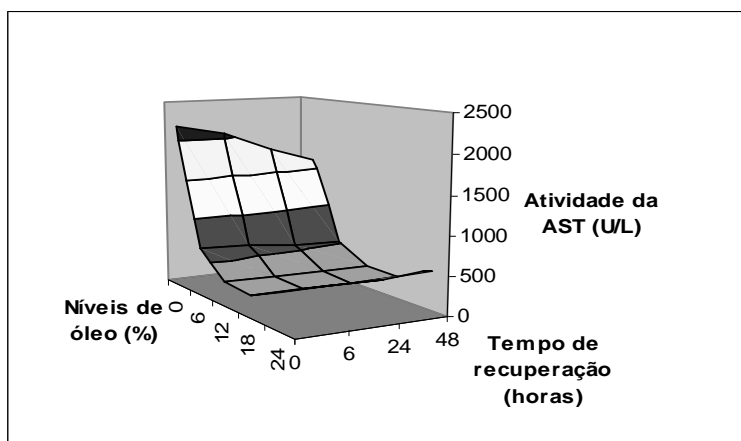
**FIGURA 1: Atividade estimada da AST (U/L) de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos a prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

*FIGURE1 The AST (U/L) estimated activity in equines receiving diets with different levels of soybean oil submitted to a 80 Km endurance in a treadmill*



**FIGURA 2: Atividade estimada da CK (U/L) de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

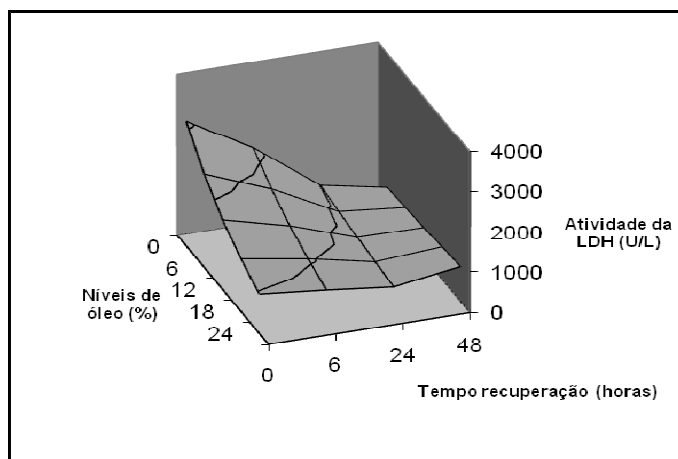
*FIGURE 2: The CK (U/L) estimated activity in equines receiving diets with different levels of soybean oil submitted to a 80 Km endurance in a treadmill*



**FIGURA 3: Atividade estimada da AST no período de recuperação de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos a prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

*FIGURE 3: The AST (U/L) estimated activity in a recovering period in equines receiving diets with different levels of soybean oil submitted to a 80 Km endurance in a treadmill*





**FIGURA 4: Atividade estimada da CK no período de recuperação de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos á prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

*FIGURE 4: The CK (U/L) estimated activity in a recovering period in equines receiving diets with different levels of soybean oil submitted to a 80 Km endurance in a treadmill*

No presente estudo a aplicação do modelo linear generalizado foi atribuído a grande variação da atividade enzimática, tanto entre animais do mesmo tratamento, como entre tratamentos, fazendo com que os dados não apresentassem distribuição normal. A maior parte dos autores ignorou tal variação, analisando os dados como se estes apresentassem comportamento normal, ocasionando interpretações equivocadas. Apenas Valberg et al. (1993), Hargreaves et al. (2002) e Harris et al. (1998) citaram que seus dados não apresentavam distribuição normal e para serem analisados sofreram transformação logarítima, semelhante ao ocorrido no presente experimento. No presente trabalho observou-se uma grande variação na atividade das enzimas CK e AST entre indivíduos. Existe dificuldade em estabelecer o padrão “normal” para cada indivíduo, sendo necessário então observar os valores basais da atividade enzimática e depois o seu comportamento ao longo do protocolo experimental. Para a determinação de valores normais, tidos como referência, existe divergência entre os autores.

Observou-se efeito ( $p < 0,05$ ) da distância percorrida sobre as variáveis estudadas. A enzima CK apresentou aumento de atividade com o aumentar da distância percorrida enquanto a enzima AST apresentou aumento notadamente apenas no tratamento controle. Variações enzimáticas semelhantes também foram observadas por Munõz et al. (2002), Valberg et al. (1993), Harris et al. (1998) e Hargreaves et al. (2002). A principal diferença entre os resultados pode ser atribuída a forma de análise estatística de cada experimento, bem como o protocolo experimental utilizado em cada um deles.

Não existe uniformidade quanto a raças e tipos de exercício, o que leva a uma acentuada variação entre os dados da literatura.

Concordando com dados obtidos por Harris et al (1990) e Muñoz et al. (2002), valores elevados de atividade enzimática foram observados nas fêmeas utilizadas no presente trabalho. Considerando que a relação entre fêmeas e machos foi de 13 para sete, sugere-se que este fato possa ter contribuído para os elevados valores enzimáticos encontrados no presente estudo.

Nove animais experimentais, entre eles oito éguas e um cavalo, apresentaram atividades elevadas de CK, sendo que nestes animais a variação da concentração de lactato (LA) inicial e final foi de 21% para aqueles que não apresentaram atividade elevadas, e 72% para animais com atividade elevada. Concordando com Harris et al. (1998) o aumento das concentrações sanguíneas de lactato pode ter contribuído para o aumento da permeabilidade celular por ter promovido uma modificação no pH celular, e assim na estrutura de membrana.

Segundo Muñoz et al. (2002) as características do programa de treinamento aplicado ao animal podem influenciar a atividade enzimática. Shelle et al. (1985) citam que a intensidade do exercício pode ser um fator importante no extravasamento celular, bem como a aptidão do animal ao exercício. Sendo o exercício de enduro um exercício intenso, pode-se atribuir à intensidade do exercício o aumento das atividades enzimáticas obtidas no presente experimento. A adaptação ao treinamento, bem como a aptidão dos animais ao exercício de resistência pode ter permitido não só o aumento da síntese enzimática, como também a modulação da atividade enzimática, garantindo que durante o exercício não tenha ocorrido aumento acentuado na atividade das enzimas estudadas (CK e AST).

Poso et al.(1983) citam que a CK aumenta em exercício pesados, enquanto que em trabalhos mais leves o aumento não é significativo. Estes dados respaldam a afirmação que a intensidade do exercício utilizada (enduro) no presente experimento gerou aumentos significativos na atividade plasmática das enzimas.

Valberg et al. (1993) trabalhando com animais em exercício submáximo observaram aumento não significativo da atividade plasmática da AST, enquanto que a atividade da CK aumentou significativamente após o exercício. Estes pesquisadores observaram que animais que sofreram necrose das fibras do tipo II apresentaram aumento da atividade destas enzimas no plasma. Segundo Lewis (2000) animais da raça Árabe apresentam predominância das fibras do tipo IIA (50%), seguidas do Tipo IIB

(30%) e do tipo I (20%). Como os animais utilizados no presente experimento foram da raça Árabe, o tipo de fibra muscular pode ter contribuído para a obtenção dos valores plasmáticos de atividade enzimática. Como existe maior contribuição das fibras do tipo IIA, e o exercício de enduro de 80 Km é de grande intensidade, pode ter ocorrido injúrias às fibras do tipo II, contribuindo para o aumento da atividade plasmática destas enzimas no presente estudo.

Jackson et al. (1984), citado por Valberg et al. (1993), relataram que a lesão da musculatura nas fibras do tipo II pode também ser atribuída à produção de creatina fosfato e de ATP. Este fato pode também explicar as maiores atividades da CK nos animais do tratamento controle. A atividade elevada da CK, em conjunto com a maior produção de lactato, indicou que no tratamento controle o metabolismo preferencial é glicolítico. O aumento da frequência cardíaca (FC) nestes animais vem ressaltar esta afirmativa, pois este mecanismo possibilita oxigenar e remover catabólitos teciduais, bem como redirecionar o metabolismo energético para a oxidação lipídica.

No presente experimento ocorreu queda na atividade das enzimas à medida que o óleo de soja foi adicionado à dieta. Segundo Baldissera (1997), a adição de óleo a dieta favorece o metabolismo oxidativo. A atuação conjunta da adaptação do animal a esta fonte e o treinamento em metabolismo aeróbico favorece a oxidação dos lipídios em detrimento aos carboidratos.

Duren (2000) cita que animais treinados e suplementados com óleo apresentam sistema enzimático voltado para utilizar esta fonte, poupando assim o glicogênio muscular. Pode-se então sugerir que os animais do presente experimento permaneceram em metabolismo oxidativo predominante, baseado no pequeno aumento nos níveis plasmáticos de lactato ao longo do exercício e a não depleção da glicose sanguínea observadas.

No tratamento controle do presente experimento a via principal de geração de energia foi a glicolítica. Assim a reposição de intermediários de rota é constante onde torna importante a participação da AST, uma vez que esta enzima atua na lançadeira de malato, atuando ativamente na fosforilação oxidativa. Holloszy & Booth (1976) citam que o enduro promove adaptação na mitocôndria celular, sendo observados aumentos no tamanho e número de mitocôndrias no músculo bem como na adaptação das proteínas componentes.

Entre as adaptações destacam-se o aumento da atividade da malato desidrogenase e por consequência da AST, garantindo o funcionamento da lançadeira e a geração de

NADH no ciclo de Krebs. A atividade diminuída da AST pode ser atribuída ao desvio da geração de energia via glicólise para a oxidação lipídica. Quando os lipídios são oxidados, o metabolismo é então redirecionado e a glicólise é poupada.

Semelhante ao observado no presente experimento com a atividade da AST, a CK também apresentou atividade plasmática aumentada no tratamento controle, apresentando também dois picos de atuação nas distâncias de 40 e 80 Km.

Como o teste de leitura da CK é cinético, avaliou-se a atuação da CK sobre a creatina fosfato na presença de ADP, que como resultado desta atuação existe a formação de ATP e glicose. Como sobre a ação da hexoquinase o ATP é transformado em ADP e a glicose em glicose-6-fosfato, que por sua vez reagirá com o NAD formando NADH e 6-fosfoglucono, ocorreu aumento da absorbância da amostra. Como a atividade da enzima é lida como resultado desta seqüência supra citada, pode-se concluir que os dados obtidos de atividade plasmática de CK no presente trabalho sugerem que esta enzima apresenta papel ativo principalmente no metabolismo glicolítico.

Kronfeld et al. (1994) sugerem que a taxa de glicólise é diminuída após a adaptação a dieta com óleo devido ao aumento do citrato promovido pela oxidação de ácidos graxos. Aumentos nas concentrações de citrato inibem a fosfofrutoquinase, enzima limitante do ciclo de Krebs. Limitações na atividade desta enzima causam um acúmulo de glicose-6-P, a qual fará um feedback negativo na utilização de glicose e de glicogênio, gerando assim o efeito poupador de glicogênio. Considerando a afirmação deste pesquisador, pode-se sugerir que a atividade da CK seja diretamente modulada pelo fornecimento de óleo e que a utilização de lipídios deprime a atividade desta enzima, evidenciada pela interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os níveis de óleo e a atividade da CK obtida no presente estudo.

Com o decorrer do exercício maiores demandas energéticas são apresentadas e com isso observa-se maior atividade das fibras do tipo IIB. Segundo Yamashita e Yoshika (1991), a maior atividade da CK está presente nas fibras do tipo IIB, ressaltando a importância desta no metabolismo energético, fato que elucidado, no presente trabalho, as maiores atividades nos 40 e 80 km percorridos.

No presente estudo, os 40 Km do exercício percorrido foi o ponto onde os animais apresentaram maiores desgastes físicos, sendo que neste ponto os animais apresentaram sudorese intensa, e demonstraram maiores dificuldades de cumprir o protocolo experimental estabelecido (80 Km). Neste ponto também se observou maior

atividade plasmática das enzimas CK e AST. A partir dos 40 km evidenciou-se também o aumento mais acentuado do lactato e também da glicemia, sugerindo que o animal passou por um desgaste maior.

Outro pico de atividade foi observado na distância de 80 Km percorridos, momento em que o animal estaria utilizando todas as suas reservas energéticas para finalizar a atividade a que havia sido submetido. No momento da recuperação, observou-se uma queda acentuada da atividade da CK até às 48 horas de recuperação. Maiores quedas foram observadas no tratamento controle, possivelmente atribuída ao maior aumento da atividade desta enzima ao longo do exercício.

No período de recuperação dos animais também foi observado efeito ( $p < 0,05$ ) do óleo e do tempo de recuperação sobre as variáveis estudadas (Figuras 3 e 4). Foi considerado o ponto zero a última coleta após a prova de enduro, sendo este valor considerado elevado. Para a variável AST observou-se sensível diminuição da atividade enzimática no tratamento controle e sensível aumento de atividade no nível de 24% de adição de óleo. Para a CK observou-se acentuada queda na atividade da enzima no tratamento controle e sensível aumento de atividade nos níveis de óleo superiores a 18%. Pode-se atribuir o sensível aumento na atividade enzimática após 24 horas de recuperação ao fato de que os animais permaneceram a pasto e com isso pode ter ocorrido influência da atividade voluntária de cada animal sobre as variáveis.

Outro fator que contribui sobremaneira para que a atividade enzimática permaneça elevada após o exercício é o tempo de meia vida das enzimas, sendo para CK de 108 minutos e de  $123 \pm 28$  min com depuração plasmática de  $0,36 \pm 0,1$  ml/kg por min (Volfinger et al., 1994) e para a AST de sete a 10 dias (Valberg et al., 1993).

No presente estudo a atividade da AST não apresentou variações acentuadas, dados que concordam com Valberg et al. (1993). Essen-Gustavsson et al. (1984) trabalhando com cavalos em distância de 50 Km, não observaram diferença significativa da atividade desta enzima ao longo do exercício. Já para a CK, as variações foram acentuadas e com isso pode-se observar grandes diferenças no período de recuperação. Mesmo após a recuperação de 48 horas as atividades enzimáticas observadas no presente experimento não retornaram aos valores basais, obtidos antes do início do exercício. Harris et al. (1993) também observaram valores ainda elevados após o exercício e o não retorno de valores basais após 24 horas de descanso, porém observaram um decréscimo acentuado da atividade da CK e um decréscimo sensível da atividade da AST, concordando com os dados obtidos no presente experimento. Estes

autores atribuíram estes valores aumentados de CK a lesões musculares recentes, e a acentuada diminuição da atividade da CK ao fato de que a enzima tem rápida remoção plasmática, cerca de 2 horas após a produção, e ter especificidade tecidual, assim apenas a musculatura esquelética e cardíaca contribuem para este aumento.

Como a variável AST não é músculo específica, o aumento no pós-exercício pode indicar dano em outros tecidos também, pois além de apresentar tempo de meia vida superior, apresentou sensível diminuição de valores plasmáticos no presente experimento, concordando com o descrito por Harris et al. (1993). Cardinet et al. (1967), trabalhando com animais com rbdomiólise, observou que variação no aumento de atividade da enzima pode também ser atribuído à especificidade tecidual, bem como a necrose tecidual. Atividade elevada de CK indica lesões musculares recentes e a persistência da mesma em elevação indica dano progressivo e ativo. A magnitude do aumento da atividade enzimática pode ser explicada pelo grau de necrose tecidual observada em casa exercício.

## **CONCLUSÃO**

Conclui-se que a adição de óleo a dieta atua de forma benéfica evitando o surgimento de lesão muscular por diminuir a atividade das enzimas AST e CK quando se utilizam concentrados com níveis superiores a 6% de óleo de soja. A presença de elevados valores de atividade enzimática não está obrigatoriamente ligada à presença de patologias.

A adição de óleo pode ter diminuído a atividade glicolítica, observada pelas menores atividades da CK e AST, redirecionando o metabolismo energético para a oxidação lipídica, distanciando os animais de possíveis danos musculares.

Na avaliação da atividade plasmática das enzimas CK e AST deve-se considerar o sexo como fator relevante, sendo que para fêmeas os valores plasmáticos destas enzimas podem ser superiores.

A falta de padronização nos protocolos experimentais e a diferença entre raças e tipos de exercício nas pesquisas conduzidas com equinos atletas causam grandes variações nos resultados obtidos. Conclui-se que o valor referência de cada animal seja o valor da atividade enzimática deste em repouso, constituindo como indicativo de danos musculares a magnitude da variação enzimática.

## LITERATURA CITADA

- BALDARI,C.; GUIDETTTL,L.A. Simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine & Science in Sport & Exercise**, v.32, n.10, p.1798-2000, 2000.
- BALDISSERA, V. Fisiologia do exercício para equinos. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, v. 21, 1997.
- CARDINET, G.H. Skeletal muscle function. In: KANEKO, J.J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. London: Academic, 1989. p.462-495.
- DUREN,S., Feeding the endurance horse, **Kentucky equine Research, Inc.** p. 351-363, 2000.
- ESSÉN-GUSTAVSSON, B., KARLSTRÖM, K., LINDHOLM, A. Fibre types, enzyme activities and substrate utilization in skeletal muscle of horses competing in endurance rides, **Equine Veterinary journal**, v. 16, n.3, p. 197-202, 1984.
- ESSEN-GUSTAVSSON,B., RONEUS,N., POSO,A.R., Metabolic response in skeletal muscle fibres of Standardbred Trotters After pacing, **Biochemical Physiology**. v. 117B, n.3, p. 431-436,1997.
- FRAPE,D.L., Diet and exercise performance in the horse, **Proceeding of the nutrition society**, v. 53, p. 189-206, 1994.
- GEOR,R.J., Role of dietary source in the expression of chronic exertional myopathies in horses, **Journal of Animal Science**, v.83, p.E32-E36, 2005.
- HARGREAVEAS,B.J., KRONFELD, D.S., WALDRON,J.N., LOPES, M.A., GAY, L.S., SAKER, K.E., COOPER,W.L., SKLAN,D.L., HARRIS,P.A., Antioxidant status and muscle cell leakage during endurance exercise. **Equine Veterinary Journal**. Suppl. V. 34, p. 116-121, 2002.
- HARRIS, P., COLLES, C., The use of creatinine clearance ratios on the prevention of equine rhabdomyolysis. **Equine Veterinary Journal** 20, p. 459-163, 1988.
- HARRIS, P., SNOW, D.H., GREET, T.R.C., ROSSDALE,P.D., Some Factors influencing plasma AST/CK activities in thoroughbred racehorses. **Equine Veterinary Journal**, V.9, p. 66-71, 1990.
- HARRIS RC, VIRU M, GREENHAFF PL, AND HULTMAN E. The effect of oral creatine supplementation on running performance during maximal short term exercise. **Journal of Physiology**, v.467, 74P, 1993.
- HARRIS, P., MARLIN, D.J., GRAY,J., Plasma Aspartato Aminotransferase and Creatina Kinase Activities in Thoroughbred Racehorses in Relation to Age, Sex, Exercise and Training, **The Veterinary Journal**, v.155, p.295-304,1998.
- KRONFELD, D. S.; CUSALOW, S. E.; FERRANTE, P. L.; TAYLOR, L. E.; WILSON, J. A.; TIES, W. Acid-base responses of fat-adapted horses: relevance of hard work in the heat. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 59, n. 1/3, p. 61-72, 1994.
- LEWIS,L. L. **Nutrição clínica do cavalo**. São Paulo: Roca, 2000. 710 p.

- MCKENZIE,E.C., VÁLBER,S.J., PAGAN, J.D., A review of dietary fat supplementation in horses with exertional rhabdomyolysis, *AAEP Proceeding*, v. 48, p. 381-386, 2002.
- MUÑOZ,A., RIBER,C., SANTISTEBAN,R., LUCAS, R.G., CASTEJÓN, F.M., Effect of training duration and exercise on blood-borne substrates, plasma lactate and a enzyme concentrations in Andaluzian, Anglo Arabian and Arabian breeds. **Equine Veterinary Journal**, v. 34, p. 245-251, 2002.
- NACIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of horses**. 5. ed. rev.Washinton: Nacional academy Press, 1989.
- NELDER, J., WEDDEBURN,R.W., Generalized linear models. **J.R.Statist.Science** n. 135, p. 370-384, 1972.
- SANTOS, V. P., Avaliação metabólica do equino atleta (2002) [www6.ufrgs.br/bioquímica/posgrad/BTA](http://www6.ufrgs.br/bioquímica/posgrad/BTA) (20/11/2005)
- SELLE, JE., VAN HUSS,WD., ROOK,JS., et al., Blood parameters as a result of conditioning horses through short strenuous exercise bouts. **Proceeding...** Ninth Equine Nutritional Physiology Symposium. p.206, 1985.
- TEGBUR, U; BUSSE, M. W. E BRAUMANN. Estimation of An Individual Equilibrium Between Lactate Production And Catabolism During Exercise. **Medicine Science Sports Exercise**, V. 25, p. 620-7, 1993.
- THOMASSIAN, A. Medicina esportiva equina da inspeção ao computador: Parte 1, [www.spmv.org.br/conpavet2004/palestras](http://www.spmv.org.br/conpavet2004/palestras) (10/01/2007).
- VALBERG, S., JÖNSSON,L., LINDHOLM,A., HOLMGREN,N., Muscle histopathology and plasma aspartate aminotransferase, creatina Kinase and myoglobin changes with exercise in with recurrent exertional rhabdomyolysis,. **Equine Veterinary Journal**, V.25, p. 11-16, 1993.
- VOLFINGER,L., LASSOURD,V., MICHAUX,J.M., BRAUN,J.P.,TOUTHOUN,P.L., Kinetic evaluation of muscle damage during exercise by calculation of amount of creatine Kinase released. **American Journal of physiology**, v. 351, p. 434-442, 1994.
- YAMASHITA,K.& YOSHIKA,T. Profiles of creatine Kinase isoenzyme compositions in single muscle fibres of different types, **Journal of Muscle research and Cell Motility**, v.12, n.1, p. 37-44, 1991.



## Capítulo 2

### UTILIZAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA COMO INDICATIVO DE METABOLISMO ENERGÉTICO EM EQUINOS SUBMETIDOS À PROVA DE ENDURO

RESUMO: Com o objetivo de verificar o efeito da adição de níveis crescentes de óleo na atividade plasmática das enzimas Creatina Quinase (CK), Aspartato Aminotransferase (AST) e Lactato Desidrogenase (LDH) como indicativo de metabolismo energético, foram fornecidas dietas experimentais compostas por cinco níveis de óleo (controle, 6, 12, 18 e 24% do concentrado). Foram utilizados 20 equinos da raça Árabe, peso aproximado de 400 kg, submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP-Jaboticabal. O enduro foi dividido em quatro anéis de 20 km cada, com duração média de 1 hora e dez minutos. Observou-se efeito ( $p < 0,05$ ) da adição de óleo e da distância percorrida sobre as variáveis AST, CK e LDH, que apresentam as respectivas expressões: AST  $e^{(7,045-0,2292x+0,007991x^2+0,008517z-0,0003282xz)}$ , CK  $e^{(8,06-0,07020x+0,05546x^2-0,001262x^3+0,01204z+0,0006207xz)}$  e LDH  $e^{(6,624-0,3522x+0,03448x^2-0,0008382x^3+0,02401z-0,0007489xz)}$ . O óleo é uma importante e bem aproveitada fonte de energia para os equinos em exercício, pois a adição de óleo à dieta de animais de enduro promoveu estímulos de vias metabólicas que favorecem a produção de energia. O metabolismo animal poupou suas reservas energéticas oriundas da glicose favorecendo a utilização do óleo. A menor atividade plasmática das enzimas AST, CK e LDH, com a adição de óleo nas dietas, demonstrou o direcionamento do metabolismo energético para a  $\beta$ -oxidação. Como as enzimas estudadas apresentam várias isoenzimas, concluiu-se que atuam amplamente no metabolismo energético, favorecendo a constante reposição de ATP ao longo do exercício.

Palavras chave:  $\beta$ -oxidação, cavalos, desempenho, energia, óleo

# ENZYMATIC ACTIVITY USED AS ENERGETIC METABOLISM INDICATIVE OF EQUINES SUBMITTED TO AN ENDURANCE RACE

**ABSTRAT:** The aim of this study was to verify the effect of increasing soybean oil addition levels on the enzymatic activity CK (Creatine Kinase), LDH (Lactate Dehydrogenase), AST (Astarte aminostrafase), as energetic metabolism indicative. Experimental diets were given and were composed by five oil levels (control, 6, 12, 18 and 24% of concentrate). Twenty Arabian equines, average weight of 400kg were used and submitted to an endurance race in a treadmill of 80 km. The endurance was divided in 4 rings of 20 km with average duration of one hour and 10 minutes each one. A significative effect of oil addition and the covered distance was observed over the variables ASt, CK, LDH and they present the respective expressions  $AST e^{(7,045-0,2292x+0,007991x^2+0,008517z-0,0003282xz)}$ ,  $CK e^{(8,06-0,07020x+0,05546x^2-0,001262x^3+0,01204z+0,0006207xz)}$ ,  $LDH e^{(6,624-0,3522x+0,03448x^2-0,0008382x^3+0,02401z-0,0007489xz)}$ . It was concluded that soybean oil addition to the endurance horse diet promotes a metabolic alteration that favors the energy production. The lower plasmatic enzymes activity of AST, CK, LDH, with the oil addition conduct the energy metabolism to  $\beta$ -oxidation. As the enzymes shows several isoenzymes, it was concluded that they largely act on the energetic metabolism, favoring a constant ATP reposition during all exercise.

Key words:  $\beta$ -oxidation, energy, horse, performance, oil.

## INTRODUÇÃO

O fornecimento de óleo na dieta de equinos promove em conjunto com o treinamento uma série de adaptações orgânicas no animal favorecendo a utilização de lipídios. Segundo Frape (1994) os cavalos devem ser adaptados a dietas com óleo por um período de seis a 11 semanas. A inclusão de óleo a dieta deve ser aliada ao correto treinamento aeróbico (Pagan et al., 1995).

A adaptação mais citada do fornecimento de óleo é o aumento das reservas de glicogênio, relatadas por Harkins et al. (1992) e Hamblen et al. (1980). Segundo Hiney & Potter (1996) o aumento na oxidação de ácidos graxos causará um aumento de produção de acetil CoA, que inibirá a enzima Piruvato Desidrogenase causando um aumento na concentração de piruvato.

A primeira fonte energética é a creatinafosfato, gerando creatina que é catalisada pela Creatina Quinase (CK) constituindo-se no primeiro processo para suprir a demanda de Adenosina Trifosfato (ATP) durante os 10 primeiros segundos do exercício (Baldissera, 1997). Após este período a geração de energia é gradualmente transferida para a fosforilação oxidativa a qual é expressa pela intensificação no consumo de oxigênio.

Saks et al. (2000) citam participação de isoenzima de parede de mitocôndria, a CK mitocondrial, enzima diretamente ligada à Adenina Nucleotídeo Translocase (ANT), as quais em conjunto permitem a passagem da Adenosina Difosfato (ADP) produzido no citosol para o interior da mitocôndria.

Segundo Yamashita & Yoshioka (1991) as CKs muscular e total apresentam maiores atuações nas fibras do tipo IIB, enquanto a atividade da CK mitocondrial apresenta maior atuação na fibra do tipo I. Segundo Bendahan et al. (2003), a creatina fosfato pode ser usada também como tampão.

Auxiliando na manutenção da relação de NADH:NAD atua a enzima Aspartato Aminotransferase (AST). Esta enzima atua diretamente na lançadeira de malato, conforme descrição de Harper (1977).

A enzima Lactato Desidrogenase (LDH) não apresenta atividade mitocondrial. Ela apresenta isoenzimas com diferentes combinações peptídicas sendo H (coração) e M (muscular). Segundo Favero et al. (1999) a remoção de lactato pela oxidação é facilitada quando se combinam tecidos com alta irrigação e elevada porcentagem de H-LDH.

O objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito da adição de níveis crescentes de óleo de soja à dieta de eqüinos submetidos a enduro (80 Km) sobre a atividade plasmática das enzimas CK, AST e LDH como indicativo de metabolismo energético.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados 20 eqüinos da raça Árabe, machos e fêmeas, com idades médias de  $9,5 \pm 5,5$  anos e peso vivo aproximado de 400 kg, treinados para prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.

O experimento teve duração de 48 dias, período em que os animais foram alojados em baias de alvenaria de  $9m^2$ , providas de cama de maravalha, comedouro e bebedouro, localizadas no Setor de Eqüinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal (FCAV-UNESP /Jaboticabal). Neste período os animais foram adaptados às dietas experimentais, formuladas segundo o NUTRIENT RESEARCH COUNCIL (NRC,1989) para cavalos de esporte de média intensidade, e também adaptados ao treinamento, baseado no limiar anaeróbico, determinado individualmente através do método do limiar anaeróbico individual descrito por Baldari et al. (2000). O protocolo de treinamento semanal consistiu de três dias de treinamento em esteira rolante, dois dias de treinamento montado em trilhas, um dia de trabalho no redondel e um dia de descanso a pasto.

As dietas experimentais foram compostas por cinco concentrados formulados com cinco níveis de inclusão de óleo de soja (controle-sem adição de óleo, seis, 12, 18 e 24%) e feno de Tifton 85, mantendo-se a respectiva relação de 50: 50 (Tabela 1 e 2). A relação proteína bruta/ energia digestível de 28g/Mcal ED. As dietas foram fracionadas em três refeições diárias, fornecidas às 7: 00, 12:00 e 17:00 horas.

**TABELA 1: Composição percentual dos concentrados experimentais**

TABLE 1 Percentual composition of experimental diets

Ingrediente/Tratamento <i>Ingredient/Treatment</i>	Controle <i>Control</i>	6% óleo <i>6% of oil</i>	12% óleo <i>12% of oil</i>	18% óleo <i>18% of oil</i>	24% óleo <i>24% of oil</i>
Milho grãos <i>Corn Grain</i>	84,45	73,65	60,15	48,1	38,85
Farelo de soja <i>Soybean Meal</i>	13,2	17,75	25	30,75	34,0
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	0	6,0	12,0	18,0	24,0
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,2	0,3	0,4	0,65	0,65
Calcário <i>Limestone</i>	0,95	1,0	1,05	1,0	1,0
Sal comum <i>Comum Salt</i>	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3
Suplemento Mineral <sup>1</sup> <i>Mineral Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup> <i>Vitaminic Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total / <i>Total</i>	100	100	100	100	100

<sup>1</sup> Suplemento mineral (*Mineral supplement*): P-72g, Ca-191g, Na-68,25g, Cl-105g, Mg-27,5g, S-14,963g, Zn-1500,00 mg, Cu- 250,00 mg, Mn 1000,00 mg, Fe 1000,00 mg, Co-12,24 mg, I-20,00 mg, Se 2,25 mg, Fl (Max)-0,72mg.

<sup>2</sup> Suplemento vitamínico (*Vitaminic supplement*): vit. A-1600000UI, vit D3- 200000UI, vit E-3000UI, vit K3- 636 mg, vit B1- 1200 mg, vit B2-1600 mg, vit B12- 3300 mg, Ác. Pantotenico 3300mg, Biotina 20mg, Ác. Nicotínico- 6000mg, Ác. Fólico- 200mg, colina- 40mg, L-Lisina- 25 mg, antioxidante 200mg.

**TABELA 2: Composição química dos concentrados experimentais (base na matéria seca)**  
 TABLE 2. Chemical Composition of the experimental concentrates (dry matter basis)

Nutriente <i>Nutrient</i>	Controle <i>Control</i>	6% de óleo <i>6% oil</i>	12 % de óleo <i>12% oil</i>	18% de óleo <i>18% oil</i>	24% de óleo <i>24% oil</i>	Feno Tifton <i>TiftonHay</i>
Matéria Seca (%) <i>Dry matter (%)</i>	93,12	94	89	90,2	91,25	91,0
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein (%)</i>	14,06	14,86	15,45	17,83	18,78	9,95
FDN (%) <sup>1</sup>	13,94	13,3	13,4	12,9	11,9	85,2
NDF (%) <sup>1</sup>						
FDA (%) <sup>1</sup>	3,44	3,74	4,02	4,85	5,51	43,02
ADF (%) <sup>1</sup>						
Matéria mineral (%) <i>Ash (%)</i>	4,0	4,0	3,0	5,0	5,0	5,5
Extrato Etéreo (%) <i>Ether extract (%)</i>	3,52	8,8	10,6	19,7	22,73	1,0
Energia Bruta (Kcal/Kg) <i>Gross Energy (kcal/Kg)</i>	4213,0	4386,0	4436,0	4996,0	5235,0	4102,0
Composição química das dietas experimentais (relação concentrado-volumoso: 50/50) <i>Chemical composition of experimental diets (concentrate: roughage 50:50)</i>						
Matéria Seca (%) <i>Dry matter (%)</i>	92,06	92,5	90,0	90,6	91,125	
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein (%)</i>	12,005	12,405	12,7	13,89	14,37	
FDN (%) <sup>1</sup>	49,57	49,25	49,3	49,05	48,55	
NDF (%) <sup>1</sup>						
FDA (%) <sup>2</sup>	22,73	22,89	23,52	23,94	22,77	
NDA (%) <sup>2</sup>						
Matéria mineral (%) <i>Ash (%)</i>	4,75	4,75	4,25	5,25	5,25	
Extrato Etéreo (%) <i>Ether extract (%)</i>	2,26	4,9	5,8	10,35	11,87	
Energia Bruta (Kcal/Kg) <i>Gross Energy (kcal/Kg)</i>	4157,5	4244,0	4269,0	4549,0	4668,5	

<sup>1</sup> FDN Fibra Detergente Neutro/<sup>1</sup> NDF Neutral Detergent Fiber

<sup>2</sup> FDA Fibra Detergente Ácido/<sup>2</sup>ADF Acid Detergent Fiber

Após o 48<sup>o</sup> dia os animais foram avaliados em simulação de enduro em esteira rolante no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da FCAV-UNESP/Jaboticabal. A cada dia, dois animais foram avaliados, seguindo a mesma seqüência de introdução no protocolo experimental, garantindo que todos os animais tivessem 48 dias de treinamento para exercício de resistência e adaptação à dieta. O enduro foi dividido em quatro anéis de 20 km cada, com duração média de 1 hora e dez minutos, sendo que somente o primeiro e terceiro anéis apresentaram inclinação (10%) da esteira. Dentro de cada anel o animal era

submetido a ciclos de exercício seguindo o conceito de produção e remoção de lactato, sugerido pelo método do lacmim (Tegtbur et al., 1993).

Após cadaanel foi aferida a frequência cardíaca (FC), com uso de estetoscópio, e o animal que apresentava FC igual ou inferior a 60 batimentos por minuto (bat/min) foi retirado da esteira, resfriado e em um prazo máximo de 20 minutos foi submetido a exame veterinário. Neste exame o animal foi analisado clinicamente. Após liberação veterinária o animal recebeu água e feno à vontade por um período de 40 minutos. Após o término deste período, o animal foi recolocado na esteira e submetido a novoanel. O animal que apresentava FC superior a 60 (bat/min) foi monitorado por um período de até 20 minutos, no qual a FC deveria atingir 60 bat/min para seguir para exame veterinário. Caso isso não ocorresse o animal era retirado da prova.

Para a mensuração da atividade das enzimas CK, AST e LDH o sangue foi colhido por venopunção da jugular esquerda e depositado em tudo tipo vacutainer, o qual permaneceu armazenado em recipiente resfriado até ser centrifugado. Amostras de sangue foram colhidas antes do início do exercício (basal) e após o final de cadaanel do enduro (20, 40, 60 e 80 Km). O plasma foi separado e armazenado em ependorfes. A atividade enzimática foi determinada através de Kits bioquímicos da empresa Labtest<sup>®</sup> e lidos em espectrofotômetro Labquest<sup>®</sup>.

Após o término do enduro em esteira rolante o animal permaneceu sob observação veterinária, recebeu relaxante muscular, duchas e permaneceu estabulado por 24 horas, recebendo somente feno à vontade e água fresca. Após 24 horas foi solto ao pasto.

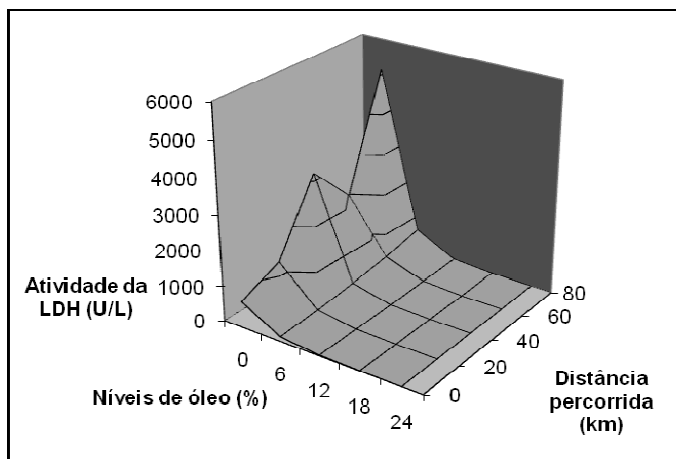
A análise estatística foi realizada utilizando a metodologia de Modelos Lineares Generalizados descrito por Nelder et al. (1972). Considerando que os dados apresentaram distribuição “ $\gamma$ ” com função de ligação logarítima as esperanças para as variáveis independentes foram modeladas conforme a expressão:  $E(Y) = e^{\eta}$  em que  $\eta = \mu + T_i + D_j + DT_{ij} + A_k / T_i$ , sendo:  $\mu$  = constante geral,  $T_i$  = efeito do nível de inclusão do óleo de soja no concentrado  $i$ ,  $i = 0, 6, 12, 18, 24\%$  de óleo;  $D_j$  = efeito da distância da prova  $j$ ,  $j = 0, 20, 40, 60$  e  $80$  Km;  $DT_{ij}$  = efeito da interação entre distância percorrida nível de inclusão de óleo de soja e  $A_k$  = efeito do animal dentro de tratamento.

Os efeitos de tratamento e distância foram desdobrados em efeitos lineares, quadráticos e cúbicos para estabelecer o modelo de superfície de resposta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo a aplicação do modelo linear generalizado foi atribuído a grande variação nos valores obtidos de atividade enzimática, tanto entre animais do mesmo tratamento, como entre tratamentos, fazendo com que os dados não apresentassem distribuição normal. A maior parte dos autores consultados ignorou tal variação, analisando os dados como se estes apresentassem comportamento normal o que pode ter ocasionado interpretações equivocadas sobre os dados obtidos por eles.

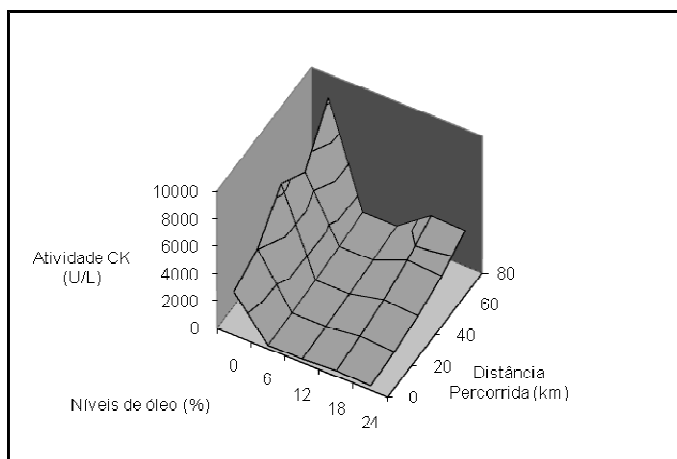
No presente trabalho foi observado efeito ( $p < 0,05$ ) do óleo e da distância percorrida para as variáveis AST e  $e^{(7,045 - 0,2292x + 0,007991x^2 + 0,008517z - 0,0003282xz)}$ , CK e  $(8,06 - 0,07020x + 0,05546x^2 - 0,001262x^3 + 0,01204z + 0,0006207xz)$  e LDH e  $(6,624 - 0,3522x + 0,03448x^2 - 0,0008382x^3 + 0,02401z - 0,0007489xz)$ , conforme apresentado nas Figuras 1, 2 e 3.



**FIGURA 1: Atividade estimada da LDH (U/L) de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

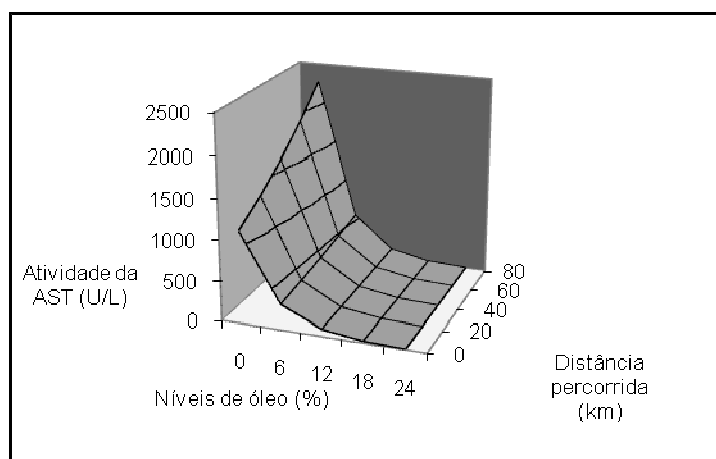
*Figure 1: The LDH (U/L) estimated activity in equines receiving diets with different levels of soybean oil submitted to a 80 Km endurance in a treadmill*





**FIGURA 2: Atividade estimada da CK (U/L) de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

*FIGURE 2: The CK (U/L) estimated activity in equines receiving diets with different levels of soybean oil submitted to a 80 Km endurance in a treadmill*



**FIGURA 3: Atividade estimada da AST (U/L) de equinos recebendo dietas com diferentes níveis de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

*Figure 3: The AST (U/L) estimated activity in equines receiving diets with different levels of soybean oil submitted to a 80 Km endurance in a treadmill*

Foi observado efeito cúbico para a influência da adição de óleo de soja sobre as atividades plasmáticas das enzimas LDH e CK bem como efeito linear para a distância percorrida. Observa-se que na distância percorrida de 40 e 80 Km, nos animais do tratamento controle, houve grande aumento de atividade enzimática. Segundo Lacerda-Neto (2004), a partir da terceira ou quarta hora de prova começa a desenvolver

alterações hemodinâmicas e na homeostasia do sangue, e o organismo desencadeia mecanismos para evitar a desidratação, tentando manter a perfusão e a atividade muscular, enquanto regula a temperatura interna. Assim, à medida que o volume circulante diminui são desencadeados também reflexos visando manter a pressão arterial, tais como o aumento da frequência cardíaca, como também observado no presente experimento.

Estas alterações podem ter contribuído para que os animais do presente experimento entrassem em metabolismo anaeróbico, uma vez que o oxigênio não consegue chegar devidamente aos tecidos. Considerando que no ponto de 40 Km percorridos o animal estivesse adaptando seu organismo ao aumento da demanda energética, os aumentos plasmáticos de LDH podem indicar que houve aumento na conversão de piruvato a lactato, reforçado pelo aumento das concentrações de lactato observadas no presente trabalho.

Neste experimento, a partir dos 40 Km, notou-se aumento da concentração de lactato, demonstrando maior atividade anaeróbica. Porém, como este aumento não foi exponencial, pode-se considerar que as isoenzimas agem de forma diferente sobre o metabolismo. Considerando a afirmação de Favero et al. (1999), pode-se sugerir que em animais adaptados ao exercício existe uma grande contribuição da H-LDH na musculatura do animal, o que foi evidenciado pelos dados obtidos no presente experimento pelo crescimento não exponencial do lactato.

Hodgson et al. (1985) observaram maior capacidade oxidativa das fibras do tipo IIB atribuídas ao exercício, bem como retardamento no recrutamento destas fibras, considerando que as fibras musculares são recrutadas na respectiva seqüência: tipo I, tipo IIA e tipo IIB (Snow et al., 1981). Considerando a seqüência de recrutamento anteriormente citada, sugere-se que, no presente estudo, a partir dos 40 Km as fibras do tipo IIB passaram a ser requeridas para o exercício, indicando as maiores atividades enzimáticas observadas a partir deste ponto. Alguns autores sugeriram que a LDH e a CK apresentam maiores concentrações nas fibras do tipo IIB, e assim como elas estão sendo mais requeridas a partir de 40 Km as atividades plasmáticas seriam maiores. Ao longo do exercício, no presente estudo, ocorreu aumento nos níveis de lactato e com isso sugere-se aumento na geração de íons hidrogênio. Estes íons hidrogênio, por sua vez, favoreceram a corrente de prótons na membrana da mitocôndria desencadeando todos os processos intramitocondriais, destacando-se a fosforilação oxidativa, como previamente observado por Korzeniewski & Zoladz (2003). O aumento de íons

hidrogênio pode também ter favorecido a atividade da CK no presente trabalho, pois ela depende da presença destes íons para sua atividade e desta forma favorece a manutenção da homeostasia celular pelo controle do pH, atribuída a sua capacidade tampão como citado por Bendahan et al. (2003).

Pode-se inferir também que como a atividade da LDH foi aumentada haverá um desbalanço na relação NADH:NAD, favorecendo a fosforilação oxidativa que será também estimulada pela crescente geração de  $H^+$  e ADP observada com o aumento da atividade muscular, refletida neste experimento pelo aumento das atividades plasmáticas das enzimas avaliadas.

No presente experimento houve queda nas atividades enzimáticas com a adição de óleo nas dietas. Quando o óleo é fornecido a dieta as rotas metabólicas são redirecionadas para a  $\beta$ -oxidação, como relatado por Hodgson et al. (1985) e Gleen et al. (2001). Estes autores citaram várias adaptações ocorridas na musculatura favorecendo a utilização do óleo como fonte energética. No presente experimento, há indicações que a rota metabólica predominante foi a oxidação lipídica, pois não foi observado aumento exponencial do lactato e por outro lado aumento na glicemia ao longo da distância percorrida.

A diminuição da atividade plasmática de LDH no presente experimento, com o fornecimento de óleo, demonstra a menor utilização do glicogênio muscular concordando com o relatado por outros pesquisadores como Harkins et al. (1992) e Hambelton et al. (1980). A predominância da  $\beta$ -oxidação pode ser explicada por Hiney & Potter (1996) que citaram que o aumento na oxidação de ácidos graxos causará aumento na produção de acetil CoA, o qual inibirá a enzima piruvato desidrogenase causando um aumento na concentração de piruvato, diminuindo a importância da glicólise para a geração de energia. Como a produção de acetil coA é constante, o ciclo de Krebs apresenta substrato para a sua utilização, favorecido pelo aumento crescente nas concentrações de ADP e uma queda na relação NADH: NAD.

Considerando o observado no presente experimento, sugere-se que o aumento da atividade da LDH, incrementou a geração de NAD enfatizando a fosforilação oxidativa. O desbalanço de NADH:NAD, bem como a maior disponibilidade de substrato (acetil-CoA) favoreceu a atividade da lançadeira de malato, na qual a enzima AST participa ativamente (Figura 3).

Semelhante ao ocorrido com as atividades plasmáticas das enzimas CK e LDH, maiores valores plasmáticos de atividade enzimática da AST foram observados no

tratamento controle (sem adição de óleo) do presente experimento. Como neste tratamento o metabolismo foi predominantemente glicolítico, o ciclo de Krebs é ativo utilizando piruvato proveniente da glicólise. Sugere-se que devido ao desvio metabólico observado com a adição de óleo, o piruvato gerado na glicólise poderia ser direcionado para a geração de intermediários de rota, assim o piruvato seria redirecionado para a formação de oxaloaceto, e este por sua vez formará malato poupando assim atividade da lançadeira de malato, refletindo no presente experimento pela menor atividade plasmática da enzima AST.

Segundo Korzeniewshi & Zoladz (2003), na presença de oxigênio e pela adaptação ao exercício a creatina fosfato pode fornecer energia até cerca de 30 segundos do exercício, fato que pode ter ocorrido no tratamento controle do presente experimento, favorecendo a presença de maiores atividades enzimáticas.

Quando o metabolismo vigente é o glicolítico, a importância da CK passa a ser aumentada, ressaltando assim seus elevados valores plasmáticos observados no presente experimento. Segundo Bendahan et al. (2003) a glicólise é um importante repositório energético para que a síntese da creatina fosfato ocorra no músculo. Desta forma pode-se sugerir que no tratamento controle a ressíntese rápida da creatina fosfato possibilitou a reutilização desta via e com isso influenciou no aumento da atividade plasmática da CK.

## CONCLUSÃO

O óleo é uma importante e bem aproveitada fonte de energia para os eqüinos em exercício. A adição de óleo a dieta de animais de enduro promoveu alteração metabólica durante o exercício que favorece a produção de energia. O metabolismo animal pode ter poupado reservas favorecendo a utilização do óleo. A menor atividade plasmática das enzimas AST, CK e LDH, com a adição de óleo de soja, demonstrou o direcionamento do metabolismo energético para a oxidação lipídica.

Como as enzimas estudadas apresentam várias isoenzimas, conclui-se que elas atuam amplamente no metabolismo energético, favorecendo a constante reposição de ATP ao longo do exercício, bem como podem ter contribuído para o consumo de lactato (catabólito) mediado pela LDH.

## LITERATURA CITADA

- BALDARI,C.; GUIDETTI,L.A. Simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine & Science in Sport & Exercise**, v.32, n.10, p.1798-2000, 2000.
- BALDISSERA, V. Fisiologia do exercício para equinos. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, v. 21, 1997.
- BENDAHAN,D.,KEMP,G.J., ROUSSEL,M., FUR, Y.L., COZZONE, P.J., ATP synthesis and proton handling in muscle during short periods of exercise and subsequent recovery, **Journal Applied Physiology**, v. 94, p. 2391-2397, 2003.
- ESSEN-GUSTAVSSON,B., RONEUS,N., POSO,A.R., Metabolic response in skeletal muscle fibers of Standardbred Trotters After pacing, **Biochemical Physiology**, v. 117B, n.3, p. 431-436,1997.
- FAVERO, T.G., STAVRIANEAS, S., KLUG,G.A., Training –induce alterations in lactate dehydrogenase reaction kinetics in rat: a re-examination, **Experimental Physiology**, v. 84, p. 989-998, 1999.
- FRAPE,D.L., Diet and exercise performance in the horse, **Proceeding of the nutrition society**, v. 53, p. 189-206, 1994.
- GLEEN,N.J., BLAZQUEZ,C., GLEEN,M.J.H., OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN M.M.S.V, BEYNEN,A.C., High fat intake lowers hepatic fatty acid synthesis and raises fatty acid oxidation in aerobic muscle in shetland ponies, **British Journal of Nutrition**, v. 86, p. 31-36, 2001.
- HAMBELTON, P. L.; SLADE, L. M.; HAMAR, D. W.; KIENHOLZ, E. W.; LEWIS, L. D. Dietary fat and exercise conditioning effect on metabolic parameters in the horse. **Journal of Animal Science**, v. 51, n. 6, p. 1330-1339, 1980.
- HARKINS, J. D.; MORRIS, G. S.; TULBY, R. T.; NELSON, A. G.; KA, ERLING, S. G. Effect of added fat on racing performance in thoroughbred horse. **Journal Equine Veterinary Science**, Lake Elsonore, v. 12, n. 2, p. 123-129, 1992.
- HARPER, H. A. **Manual de química fisiológica**. São Paulo: Atheneu, 1977.
- HINEY, K. M.; POTTER, G. D. A review of recent research on nutrition and metabolism in the athletic horse. **Nutrition Research Reviews**, New York, v. 9, p. 149-173, 1996.
- HODGSON,D.R., ROSE,R.J., DiMAURO.J., ALLEN,J.R.,Effects of a submaximal treadmill training program on histological properties, enzyme activities and glycogen utilization of skeletal muscle in the horse, **Equine of Veterinary Journal**, v.17, p.300-3005, 1985.
- KORZENIEWSKI,B., ZOLADZ,J.A., Training-induced adaptation of oxidative phosphorylation in skeletal muscle, **Biochemical Journal**, v. 374, p. 37-40, 2003.
- KRONFELD, D. S.; CUSALOW, S. E.; FERRANTE, P. L.; TAYLOR, L. E.; WILSON, J. A.; TIES, W. Acid-base responses of fat-adapted horses: relevance of hard work in the heat. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 59, n. 1/3, p. 61-72, Aug. 1994.

- LACERDA-NETO, J.C., Respostas orgânicas ao exercício físico. In: I SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE EQUINOS, 1, 2004, Campinas. **Anais...**Campinas, Sociedade Brasileira de nutrição animal- CBNA, 2004, p.45-60.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients Requirements of Horses.** Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1989, 100p.
- NELDER,J., WEDDEBURN,R.W., Generalized linear models. **Journal R. Statistical Science**, n. 135, p. 370-384, 1972.
- PAGAN, J. D.. Responses of blood glucosa, lactate and insulin in horses fed equal amounts of grain with or without added soybean oil. In: RECETS ADAVANCES IN EQUINE NUTRITION, 1995, Kentucky. **Proceeding...** Kentucky: Kentucky Equine Research, 1995. p. 57-60.
- ROIG,J.L.[2003] **Metabolismo Energético (mioenergia): Um analisis de los errores de Interpretation.** Disponível em < <http://www.sobreentrem.namiento.com/PubliCE/home.asp>>, 2003, acessado em 08/11/2006.
- SANTOS, V.P. **Avaliação metabólica do equino atleta.** Disponível em <<http://www6.ufrgs.br/bioquímica/posgrad.bta>>, acessado em 10/10/2006.
- SAKS, V.A., KONGAS,O., VENDELIN,M., KAY, L., Role of the creatine/phosphocreatine system in the regulation of mitochondrial respiration, **Acta Physiology Scand**, v. 168, p. 635-641, 2000.
- SNOW,D.H. Muscle fibre composition and glicogen depletion in horses competing in na ride, **Veterinary Record** v. 108, p. 374-378, 1981.
- TEGBUR, U; BUSSE, M. W. e BRAUMANN. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 25, p. 620-7, 1993.
- YAMASHITA,K.& YOSHIKA,T. Profiles of creatine Kinase isoenzyme compositions in single muscle fibres of different types, **Journal of Muscle research and Cell Motility**, v.12, n.1, p. 37-44, 1991.

## Capítulo 3

### **ADIÇÃO DE ÓLEO DE SOJA NA DIETA DE EQUÍNOS SUBMETIDOS A ENDURO SOBRE PARÂMETROS DE DESEMPENHO**

**RESUMO:** Com o objetivo de estudar o desempenho de cavalos de enduro foram fornecidas dietas experimentais compostas por cinco níveis de óleo (controle, seis, 12, 18 e 24%). Foram analisadas as seguintes variáveis: concentração de lactato sanguíneo (LA), glicemia (GL), frequência cardíaca (FC) e temperatura retal (TR). Foram utilizados 20 equínos da raça Árabe, peso aproximado de 400 kg, submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante. O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP-Jaboticabal. O enduro foi dividido em quatro anéis de 20 km cada. Não foi observado efeito ( $p>0,05$ ) da adição de óleo, porém observou-se efeito ( $p<0,05$ ) da distância percorrida sobre as variáveis LA, TR e GL. Para a variável FC foi observado efeito ( $p<0,05$ ) da distância percorrida bem como da adição de óleo. A adição de óleo influenciou positivamente a frequência cardíaca, indicando que o animal permaneceu em metabolismo oxidativo por tempo prolongado e gerando energia pela oxidação de lipídios. Desta forma, sugere-se que houve diminuição na utilização de glicogênio, contribuindo para evitar maiores valores de lactato e na diminuição de valores glicêmicos.

Palavras Chave: equínos, energia, metabolismo oxidativo,  $\beta$ -oxidação.

## **DIFFERENT SOYBEAN OIL LEVELS ON EQUINES DIETS SUBMITTED TO AN ENDURANCE ON PERFORMANCE PARAMETERS**

**ABSTRAT:** In order to study the endurance equine performance, experimental diets composed by five soybean oil levels (control, 6, 12, 18, 24%) were given. The following variables were analyzed: lactate concentration (LA), Glucose (GL), Cardiac beats (FC) and rectal temperature (TR). Twenty Arabic horses were used, average weight of 400 kg, submitted to an 80 Km endurance race in a treadmill. The study was developed at the Exercise Physiology Laboratory of the Animal Physiology and Morphology Department in the Agrarian and Veterinary Science College in UNESP-Jaboticabal. The endurance was divided in four rings with 20 km each. There was no effect ( $p<0.05$ ) of the oil addition but there was distance effect ( $p<0.05$ ) on the LA, TR, GL variables. For the FC variable it was observed the effect of the soybean addition and the distance ( $p<0.05$ ). The oil addition influenced positively the FC, showing that the animal stayed in oxidative metabolism for longer time and receive energy by the lipids oxidation. Thus it is suggested that there was a decreasing in glycogen use avoiding a higher lactate and reducing glucose values.

**Key words:**  $\beta$ -oxidation, Energy, Equines, oxidative metabolism.



## INTRODUÇÃO

O enduro é uma modalidade do esporte eqüestre caracterizado por um esforço aeróbico prolongado, de intensidade variável em que o cavalo é submetido a trabalho permanente que muito exige dos sistemas orgânicos para que seja mantida a homeostasia (Teixeira Neto et al., 2004).

Segundo Hiney e Potter (1996) as principais fontes de energia para o exercício são os carboidratos (CHO) e os lipídios, e em menor grau as proteínas.

De acordo com Duren (2000), Bray & Wicler (1997) e Frape et al. (1994) os lipídios contêm 2,25 vezes mais energia que os carboidratos, porém apresentam menor versatilidade de utilização pois só podem ser oxidados aeróbicamente ou serem armazenados nos tecidos. Hiney & Potter (1996) citam que a adição de lipídios aumenta a densidade energética, assim permitindo um decréscimo na porcentagem de concentrado na dieta ou uma redução no fornecimento de alimentos.

A oxidação lipídica fornece a maior quantidade de energia durante o exercício submáximo, sendo que o restante é fornecido pela glicose e pelo glicogênio hepático e musculare. Para Stull & Rodiek (1997), concordando com Hiney & Potter (1996), citam que a suplementação de óleo a dieta de eqüinos vai aumentar a utilização de ácidos graxos não esterificados durante o exercício poupando assim a glicose e o glicogênio.

Hiney & Potter (1996) e Frape (1994) citaram também que a oxidação lipídica reflete em diminuição do coeficiente respiratório bem como em uma menor frequência cardíaca. A diminuição na pressão de CO<sub>2</sub> pode ajudar a amenizar a queda de pH contribuindo para que o animal não apresente fadiga.

Stull & Rodiek (1997) citaram que existe redução na sobrecarga térmica atribuída à inclusão de óleo. Segundo Duren (2000), quando se substitui 100g/Kg (10%) de óleo na dieta, a produção de calor cai de 77% para 66% da energia digestível durante o exercício reduzindo o estresse térmico.

Frape (1994) cita como fatores favoráveis a adição de óleo a dieta a redução na geração de calor pela fermentação no intestino grosso e a redução na excitabilidade do animal.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a influência de dietas contendo diferentes níveis de óleo de soja sobre diversos parâmetros tais como: glicose, lactato, temperatura retal e frequência cardíaca, como indicativo de metabolismo energético de cavalos de enduro (80Km).

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 20 eqüinos da raça Árabe, machos e fêmeas, com idade média de  $9,5 \pm 5,5$  anos e peso vivo aproximado de 400 kg, submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.

O experimento teve duração de 48 dias, onde os animais foram alojados em baias individuais no Setor de Eqüinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal (FCAV-UNESP /Jaboticabal). Neste período os animais foram adaptados às dietas experimentais, formuladas segundo o NUTRIENT RESEARCH COUNCIL (NRC, 1989) para cavalos de esporte de média intensidade, e também adaptados ao treinamento, baseado no limiar anaeróbico, determinado individualmente através do método do limiar anaeróbico individual descrito por Baldari et al. (2000). O protocolo de treinamento semanal consistiu de três dias de treinamento em esteira rolante, dois dias de treinamento montado em trilhas, um dia de trabalho no redondel e um dia de descanso a pasto.

As dietas experimentais foram compostas por cinco concentrados formulados com cinco níveis de inclusão de óleo de soja (controle- sem adição de óleo, seis, 12, 18 e 24%) e feno de Tifton 85, mantendo-se a respectiva relação de 50: 50 (Tabela 1 e 2). As dietas foram fracionadas em três refeições diárias, fornecidas às 7: 00, 12:00 e 17:00 horas.

**TABELA 1: Composição percentual dos concentrados experimentais***TABLE 1: Percentual composition of experimental concentrates*

Ingrediente/Tratamento <i>Ingredient/ Treatment</i>	Controle <i>Control</i>	6% óleo <i>6% of oil</i>	12% óleo <i>12% of oil</i>	18% óleo <i>18% of oil</i>	24% óleo <i>24% of oil</i>
Milho grãos <i>Corn Grain</i>	84,45	73,65	60,15	48,1	38,85
Farelo de soja <i>Soybean Meal</i>	13,2	17,75	25	30,75	34,0
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	0	6,0	12,0	18,0	24,0
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,2	0,3	0,4	0,65	0,65
Calcário <i>Limestone</i>	0,95	1,0	1,05	1,0	1,0
Sal comum <i>Comum Salt</i>	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3
Suplemento Mineral <sup>1</sup> <i>Mineral Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup> <i>Vitaminic Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total / <i>Total</i>	100	100	100	100	100

<sup>1</sup> Suplemento mineral (*Mineral supplement*): P-72g, Ca-191g, Na-68,25g, Cl-105g, Mg-27,5g, S-14,963g, Zn-1500,00 mg, Cu- 250,00 mg, Mn 1000,00 mg, Fe 1000,00 mg, Co-12,24 mg, I-20,00 mg, Se 2,25 mg, Fl (Max)-0,72mg.

<sup>2</sup> suplemento vitamínico (*Vitaminic supplement*): vit. A-1600000UI, vit D3- 200000UI, vit E-3000UI, vit K3- 636 mg, vit B1- 1200 mg, vit B2-1600 mg, vit B12- 3300 mg, Ác. Pantotenico 3300mg, Biotina 20mg, Ác. Nicotínico- 6000mg, Ác. Fólico- 200mg, colina- 40mg, L-Lisina- 25 mg, antioxidante 200mg.

**TABELA 2: Composição Química dos concentrados experimentais (base na matéria seca)**  
**TABLE 2. Chemical Composition of the experimentals concentrates (dry matter basis)**

Nutriente Nutrient	Controle Control	6% de óleo 6% oil	12 % de óleo 12% oil	18% de óleo 18% oil	24% de óleo 24% oil	Feno Tifton TiftonHay
Matéria Seca (%) <i>Dry matter (%)</i>	93,12	94	89	90,2	91,25	91,0
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein (%)</i>	14,06	14,86	15,45	17,83	18,78	9,95
FDN (%) <sup>1</sup> <i>NDF (%)<sup>1</sup></i>	13,94	13,3	13,4	12,9	11,9	85,2
FDA (%) <sup>1</sup> <i>ADF (%)<sup>1</sup></i>	3,44	3,74	4,02	4,85	5,51	43,02
Matéria mineral (%) <i>Ash (%)</i>	4,0	4,0	3,0	5,0	5,0	5,5
Extrato Etéreo (%) <i>Ether extract (%)</i>	3,52	8,8	10,6	19,7	22,73	1,0
Energia Bruta (Kcal/Kg) <i>Gross Energy (kcal/Kg)</i>	4213,0	4386,0	4436,0	4996,0	5235,0	4102,0
Composição química das dietas experimentais (relação concentrado-volumoso: 50/50) <i>Chemical composition of experimentals diets (concentrate: roughage 50:50)</i>						
Matéria Seca (%) <i>Dry matter (%)</i>	92,06	92,5	90,0	90,6	91,125	
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein (%)</i>	12,005	12,405	12,7	13,89	14,37	
FDN (%) <sup>1</sup> <i>NDF (%)<sup>1</sup></i>	49,57	49,25	49,3	49,05	48,55	
FDA (%) <sup>1</sup> <i>NDA (%)<sup>1</sup></i>	22,73	22,89	23,52	23,94	22,77	
Matéria mineral (%) <i>Ash (%)</i>	4,75	4,75	4,25	5,25	5,25	
Extrato Etereo (%) <i>Ether extract (%)</i>	2,26	4,9	5,8	10,35	11,87	
Energia Bruta (Kcal/Kg) <i>Gross Energy (kcal/Kg)</i>	4157,5	4244,0	4269,0	4549,0	4668,5	

<sup>1</sup> FDN Fibra Detergente Neutro/<sup>1</sup> NDF Neutral Detergent Fiber

<sup>2</sup> FDA Fibra Detergente Ácido/<sup>2</sup> ADF Acid Detergent Fiber

Ao final do 48<sup>o</sup> dia os animais foram avaliados em simulação de enduro em esteira rolante no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de

Morfologia e Fisiologia Animal, da FCAV-UNESP/Jaboticabal. A cada dia, dois animais foram avaliados, seguindo a mesma sequência de introdução no protocolo experimental, garantindo que todos os animais tivessem 48 dias de treinamento e adaptação à dieta. O enduro foi dividido em quatro anéis de 20 km cada, com duração média de 1 hora e dez minutos, sendo que somente o primeiro e terceiro anéis apresentaram inclinação (10%) da esteira. Dentro de cada anel o animal foi submetido a ciclos de exercício seguindo o conceito de produção e remoção de lactato, sugerido pelo método do lacmim (Tegtbur et al., 1993).

Após cada anel foi aferida a frequência cardíaca (FC), com uso de estetoscópio, e o animal que apresentava FC igual ou inferior a 60 batimentos por minuto (bat/min) foi retirado da esteira, resfriado e em um prazo máximo de 20 minutos foi submetido a exame veterinário. Neste exame o animal foi analisado clinicamente. Após liberação veterinária o animal recebeu água e feno à vontade por um período de 40 minutos. Após o término deste período, o animal foi recolocado na esteira e submetido a novo anel. O animal que apresentava FC superior a 60 (bat/min) foi monitorado por um período de até 20 minutos, no qual a FC deveria atingir 60 bat/min para seguir para exame veterinário. Caso isso não ocorresse o animal era retirado da prova.

Amostras de sangue foram colhidas antes do início do exercício (basal) e após o final de cada anel do enduro (20, 40, 60 e 80 Km). Para a mensuração do lactato, o sangue foi colhido por venopunção da jugular esquerda e uma alíquota de sangue total foi encaminhada para o lactímetro (YSI 1500 Sport L-Lactate Analyzer. YSI Incorporated, EUA). Para mensuração glicêmica colheu-se sangue através de venopunção da jugular esquerda em tubo vacutainer com fluoreto de sódio<sup>®</sup>. O sangue foi acondicionado em ambiente refrigerado e rapidamente centrifugado, o plasma obtido foi armazenado e congelado até o momento da leitura, realizada logo após o término da prova utilizando-se kits bioquímicos de glicemia (labtest<sup>®</sup>), lido em espectrofotômetro.

Após o término do enduro em esteira rolante o animal permaneceu estabulado por 24 horas, recebendo somente feno à vontade e água fresca. Após este período foi solto ao pasto.

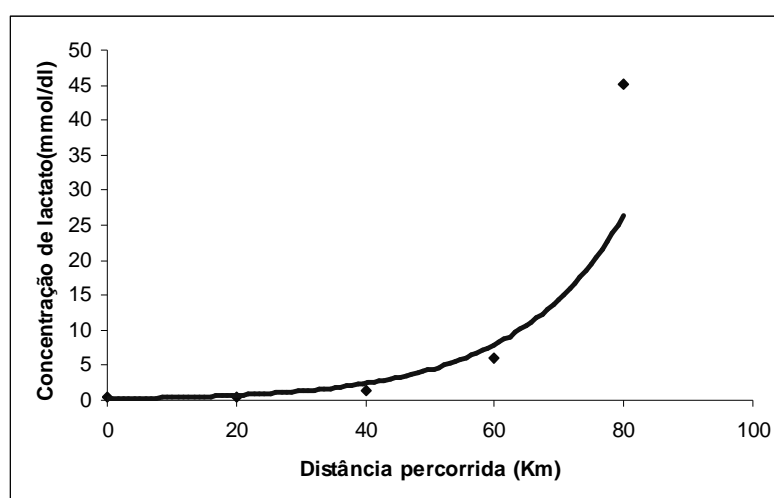
O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com medidas pareadas repetido no tempo. Os animais foram considerados como parcelas, e a distância percorrida como sub-parcela, a qual foi medida em cinco tempos, respectivamente, basal, 20, 40, 60 e 80 Km de prova. A análise estatística foi realizada utilizando a metodologia de Modelos Lineares Generalizados descrito por Nelder et al.

(1972). Considerando que os dados apresentaram distribuição “ $\gamma$ ” com função de ligação logarítima as esperanças para as variáveis independentes foram modeladas conforme a expressão:  $E(Y) = e^{\eta}$  em que  $\eta = \mu + T_i + D_j + DT_{ij} + A_k/T_i$ , sendo:  $\mu$  = constante geral,  $T_i$  = efeito do tratamento  $i$ ,  $i = 0, 6, 12, 18, 24\%$  de óleo;  $D_j$  = efeito da distância  $j$ ,  $j = 0, 20, 40, 60$  e  $80$ ;  $DT_{ij}$  = efeito da interação distância e tratamento e  $A_k$  = efeito do animal dentro de tratamento.

Os efeitos de tratamento e distância foram desdobrados em efeitos lineares, quadráticos e cúbicos para estabelecer o modelo de superfície de resposta.

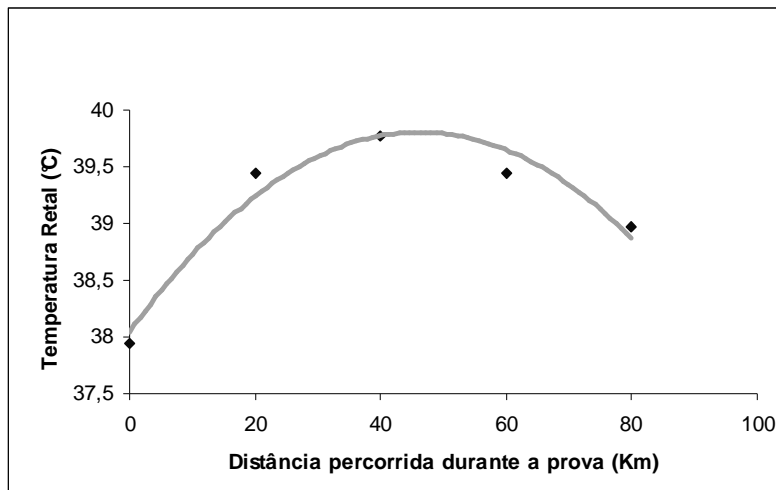
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho não foi observado efeito ( $p > 0,05$ ) da adição de óleo sobre as variáveis LA ( $e^{(-0,9856+0,006353z+0,0006695z^2-0,00000834z^3)}$ ), TR ( $e^{(3,636+0,002935x-0,00005501z^2+0,0000002825z^3)}$ ) e GL ( $e^{(4,467+0,01449z-0,0001607z^2)}$ ), entretanto foi observado efeito ( $p < 0,05$ ) para a FC ( $e^{(3,636+0,002935z-0,00005501z^2+0,0000002825z^3)}$ ). Para todas as variáveis avaliadas (LA, GL, FC, TR) foi observado efeito ( $p < 0,05$ ) da distância percorrida conforme demonstrado nas Figuras 1, 2, 3 e 4.



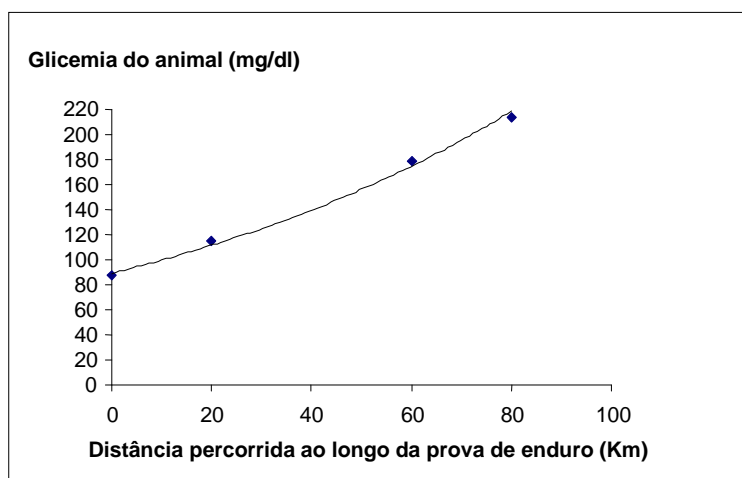
**Figura 1: Concentração estimada de lactato de equinos recebendo dietas com níveis crescentes de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

*Figure 1: The estimated lactate concentration of equines receiving diets with increasing oil levels submitted for an 80km endurance race in treadmill.*



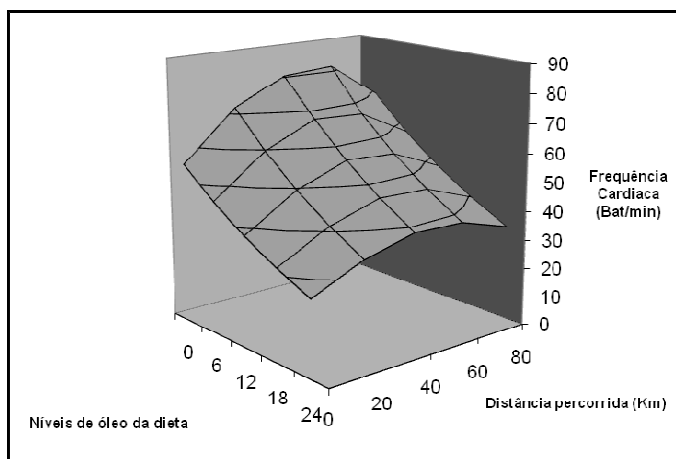
**Figura 2: Temperatura retal estimada de equinos recebendo dietas com níveis crescentes de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

*Figure 2: The estimated Rectal temperature of horses receiving diets with increasing oil levels submitted to an 80 km endurance race in treadmill.*



**Figura 3: Glicemia estimada de equinos recebendo dietas com níveis crescentes de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

*Figure 3: The estimated Glucose of horses receiving diets with increasing oil levels for equines submitted to an 80 km endurance race in treadmill*



**Figura 4: Freqüência cardíaca estimada de eqüinos recebendo dietas com níveis crescentes de óleo submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante**

*Figure 4: The estimated heart rate of endurance horses during an 80Km endure race in a treadmill receiving increasing oil levels*

No presente trabalho, a distância percorrida durante a prova de enduro (80 Km), fez com que todas as variáveis estudadas (GL, LA, TR e FC) apresentassem atividades aumentadas. Segundo Muñoz et al (1999), existem três modelos propostos de acúmulo de lactato. O primeiro descrito por Margarida et al. (1933) e citado por Muñoz et al. (1999), estabelece que o lactato formado e acumulado no plasma ocorre em músculos em hipóxia ou durante déficit de oxigênio. Outro modelo aceito, descrito por Kinderman et al.(1979) e também citado por Muñoz et al. (1999), sugere que até a concentração de dois mmol/l de lactato o animal permanece em exercício aeróbico, entre dois e quatro mmol/l de lactato é a fase de transição entre os metabolismos aeróbico e anaeróbico, e concentração acima de quatro mmol/l de lactato indica que o animal está em metabolismo anaeróbico. Estes dados podem ser controversos, visto que no presente trabalho observou-se que alguns animais não obedeceram estas faixas de lactato pré - estabelecidas para a variação de seu metabolismo.

O modelo de geração de lactato que se aproxima do que ocorreu no presente trabalho é o descrito por Hudgson et al. (1987), citado por Muñoz et al. (1999). Estes autores sugerem que a concentração plasmática de lactato aumenta continuamente durante o exercício progressivo, não existindo um ponto exato de inversão entre o metabolismo aeróbico e anaeróbico. Neste modelo, existe aumento de produção de energia pela via glicolítica no início do exercício. É proposto então que existam intensidades críticas durante o exercício relacionadas à capacidade de ventilação, e que exista uma adaptação das enzimas glicolíticas visando suprir energia com o aumento do



exercício. Os autores enfatizam também a importância da utilização do lactato produzido bem como de todo sistema de transporte e utilização.

Concordando com o proposto pelos autores supra citados, no presente experimento verificou-se que durante os anéis (percursos de 20 Km) existiu maior produção de lactato conforme a distância percorrida (Figura1) e que os valores de lactato encontrados não foram elevados devido ao tipo de exercício (submáximo) a que os animais foram submetidos. Taylor et al. (1995) trabalhando com cavalos da raça Árabe em exercício de maior intensidade obtiveram valores maiores de lactato sanguíneo quando comparados com os obtidos no presente trabalho. Os valores mais baixos de lactato, obtidos no presente experimento, sugerem que a predominância do exercício ocorreu em aerobiose, permitindo remoção e utilização mais eficiente de lactato. Este resultado concorda com os citados por Hiney & Potter (1996).

Como cavalos da raça Árabe têm predominância de fibras oxidativas (Rivero et al., 1993), existe facilidade da utilização do lactato produzido principalmente nas fibras do tipo IIB, contribuindo para a presença de baixos valores de lactato sanguíneo. Esta disposição de fibras musculares facilita também a oxidação do óleo proveniente da dieta, reservando a glicose e o glicogênio muscular para as fases do exercício onde o metabolismo vigente é o anaeróbico. A capacidade de remoção e utilização do lactato é limitada e quando esta capacidade é superada ocorre o acúmulo do lactato, situação esta que explica os valores crescentes de LA observados no presente experimento.

Segundo Baldissera (1997) animais treinados e adaptados à alimentação com óleo apresentam preferência na utilização desta fonte como geradora de energia, poupando assim o glicogênio e a glicose. No presente experimento a adição de óleo não apresentou efeito direto sobre a glicemia, e sim favorecimento do metabolismo lipídico em detrimento à glicólise e à glicogenólise. Segundo Hiney e Potter (1996), dietas ricas em óleo aumentam a concentração da enzima glicose-6-fosfato no músculo, causando redução na retirada de glicose da circulação sanguínea. A glicose-6-fosfato inibe a hexoquinase, que por sua vez fosforila a glicose sendo assim poupada.

É importante evidenciar que alguns fatores também contribuem para a manutenção da glicemia (Figura 3) em eqüinos em atividade física, tais como a oxidação do lactato nas fibras oxidativas e sua contribuição no Ciclo de Cori, garantindo a reciclagem da glicose a partir do lactato. O alimento volumoso (feno de Tifton) fornecido ao animal durante o exercício pode também ter contribuído para a normoglicemia através do fornecimento de energia via fermentação e geração de ácidos

graxos voláteis, convertidos no fígado à glicose (propionato), ou sendo oxidado nas fibras musculares como fonte de energia (acetato) (Duren, 2000). A mobilização de glicogênio hepático é importante fonte de manutenção da glicemia quando as reservas de lipídios se fazem diminuídas.

Outro fator muito importante é a adaptação do animal ao treinamento de enduro. Segundo Geor et al (2002), o treinamento de enduro apresenta menor produção e utilização de glicose durante o exercício dados que concordam com os obtidos no presente experimento. Como no presente estudo o metabolismo predominante durante o exercício foi o aeróbico, esperava-se que a FC se mantivesse crescente ao longo do exercício. Com o decorrer dos quilômetros percorridos, maiores demandas de oxigênio e remoção de catabólitos fazem-se necessárias, levando assim a contribuir para que houvesse aumento da FC.

No presente trabalho, foram observadas maiores valores de frequências cardíacas nos animais submetidos ao tratamento controle (Figura 4), no qual a fonte principal de energia foi carboidrato, seguido de redução da FC quando foi acrescido óleo às dietas experimentais. A adição de óleo diminuiu a excitabilidade do animal, dados que concordam com os obtidos por McKenzie et al. (2002), os quais citam que o óleo modula o sistema neural, deixando o animal mais calmo diminuindo assim a frequência cardíaca.

A adição de óleo também diminui o incremento calórico e o coeficiente respiratório. Hiney & Potter (1996) relataram que a oxidação lipídica reflete em diminuição do coeficiente respiratório comparado com a oxidação de carboidratos, e diminuindo a produção de CO<sub>2</sub> (Duren, 2000). Frappe (1994) também observou menores coeficientes respiratórios, bem como menor frequência cardíaca. No presente trabalho, a interação positiva observada entre os níveis crescentes de óleo e a distância percorrida indica que a adição de óleo agiu positivamente sobre o aumento da frequência cardíaca, não permitindo que esta aumentasse muito ao longo do exercício. O aumento da frequência cardíaca auxiliou na remoção do lactato, não permitindo aumentos acentuados deste parâmetro.

Observou-se também no presente experimento que os animais apresentaram frequências cardíacas dentro do limite esperado (60 Bat/min), reduzindo-as durante a checagem veterinária, indicando que estes estavam condicionados para o protocolo experimental programado (Teixeira-Neto et al., 2004). As maiores frequências cardíacas foram observadas entre as distâncias de 40 e 60 Km. Segundo Lacerda-Neto

(2004), a partir da terceira ou quarta hora de prova começam desenvolver alterações hemodinâmicas e na homeostasia do sangue e o organismo começa a lutar contra a desidratação, tentando manter a perfusão e a atividade muscular enquanto regula a temperatura interna. Assim à medida que o volume circulante diminui são desencadeados reflexos visando manter a pressão arterial, tais como o aumento da frequência cardíaca e respiratória.

Frequências cardíacas menores foram observadas no último anel (de 80 Km) do presente experimento (Figura 4), pois este percurso foi programado com esforços inferiores aos demais. Observou-se ao longo do percurso (enduro) que os animais apresentaram sinais de cansaço, de sudorese intensa, e em muitas vezes dores musculares. Estas características, de acordo com Flaminio & Rush (1998) são fatores que influenciam para que a frequência cardíaca seja aumentada.

Hodgson et al. (1993) relataram que o condicionamento físico do animal melhora a habilidade do cavalo em eliminar calor pela evaporação através do suor, da pele e do trato respiratório. A transformação da energia química da dieta em energia mecânica tem apenas 20% de rendimento, sendo todo o restante dissipado na forma de calor (Geor et al, 1996), sendo este calor refletido diretamente na temperatura retal do animal. A contração muscular também gera calor, influenciando no aumento de temperatura retal.

Durante o presente trabalho, no período entre os anéis (40 minutos), os animais foram resfriados (arrefecidos), fazendo com que o aumento de temperatura retal gerado pelo exercício fosse minimizado e as funções fisiológicas mantidas. Este controle de temperatura efetuado no presente trabalho também foi importante e efetivo para a redução na frequência cardíaca após cada anel.

A ingestão de água pode ter influenciado positivamente na manutenção de temperaturas retais menos elevadas (Figura 2). No presente trabalho os animais que não consumiram água durante a prova apresentaram sinais de cansaço e desidratação mais acentuados. As maiores temperaturas corporais foram observadas no intervalo de percurso de 20 a 60 Km percorridos. Segundo Lacerda-Neto (2004), nas primeiras horas do exercício o animal apresenta sudorese intensa visando manter a temperatura corpórea. Após este período entram em ação alguns mecanismos regulatórios como o aumento da frequência cardíaca e algumas modulações do sistema endócrino que levam a preservação de fluidos podendo levar o animal a alcalose metabólica, que tem como resposta fisiológica a redução na frequência cardíaca e na temperatura retal.

De acordo com Hiney & Potter (1996) a fadiga pode ser atribuída a vários fatores tais como a queda da glicemia, a depleção do glicogênio muscular, a acidose metabólica, o acúmulo de lactato e de  $\text{NH}_3$  e a menor concentração de ATP muscular. Como no presente trabalho a glicemia aumentou durante o exercício e o aumento do lactato manteve-se em concentrações aceitáveis, há indicação de que o metabolismo vigente durante o exercício foi o oxidativo. Esta afirmação pode ser reforçada pelo aumento na frequência cardíaca dos animais utilizados no presente experimento. Este quadro evidencia que estes não apresentaram sinais de fadiga, apenas de cansaço após o exercício, demonstrando que os animais foram devidamente treinados para a realização deste tipo de prova.

## CONCLUSÃO

A manutenção da glicemia aliada às baixas concentrações de lactato e a manutenção da temperatura retal e da frequência cardíaca dentro de limites esperados, pode indicar que a predominância da via energética proveniente foi a oxidativa, tendo como principal fonte os lipídios, poupando assim o glicogênio muscular e a glicose sanguínea, afastando a possibilidade de fadiga muscular.

## LITERATURA CITADA

- BALDARI,C.; GUIDETTI,L.A. Simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine e Science in Sport e Exercise**, v.32, n.10, p.1798-2000, 2000.
- BALDISSERA, V. Fisiologia do exercício para eqüinos. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, v. 21, 1997.
- BRAY,R., WICLER,S. Nutrition portafolio of the endurance and thee-day event horse, **The veterinarian's pratical reference to equine nutrition**, p.15-27, 1997.
- DUREN,S., Feeding the endurance horse, **Kentucky equine Research, Inc.** p. 351-363, 2000.
- FLAMINIO, M.J.B; RUSH, B.R. Fluid and electrolity balance in endurance horses. **Veterinarian's clinic North America equine practie**, Philadelphia, v.14, p. 147-158, 1998.
- FRAPE,D.L., Diet and exercise performance in the horse, **Proceeding...** of the nutrition society, v. 53, p. 189-206, 1994
- GEOR, R.J., MCCUTCHEON,L.J., LINDINGER,M.I., Thermoregulation in the exercising horse: Physiological adaptation associated with heat acclition, **The equine Athlete**, v. 19, n.3, p.14-18, 1996
- GEOR,R.J.,McCUTCHEON, L.J., HINCHCLIFF, K.W., SAMS, R.A., Training-induce alterations in glucose metabolism during moderate-intesity exercise, **Equine Exercise Physyology** 6, v.34, p. 22-28, 2002.

- GEOR,R.J., Role of dietary source in the expression of ghonic exertional myopatias in horses, **Journal of Animal Science**, v.83, p.E32-E36, 2005.
- HINEY, K. M.; POTTER, G. D. A review of recent research on nutrition and metabolism in the athletic horse. **Nutrition Research Reviews**, New York, v. 9, p. 149-173, 1996.
- HODGSON, D.R. et al. Dissipation of metabolic heat in the horse during exercise , **Journal of Applied Physiology Bethesda**, v.74, p.1161, 1993
- LACERDA-NETO, J.C., Respostas orgânicas ao exercício físico.In: I SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE EQUINOS, 1, 2004, Campinas. **Proceedings...**Campinas, Sociedade Brasileira de nutrição animal-CBNA, 2004, p.45-60.
- MCKENZIE,E.C., VÁLBER,S.J., PAGAN, J.D., A review of dietary fat supplementation in horses with exertional rhabdomyolysis, **AAEP Proceeeding...**, v. 48, p. 381-386, 2002.
- MUÑOZ,R., SANTISTEBAN,M.D.,RUBIO,C. et al. Relationship between slope of the plasma lactate accumulation curve and working capacity in andalusian horses. **Acta Veterinary Brno**, v.68, p.41-50, 1999.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients Requirements of Horses**. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1989, 100p.
- NELDER, J., WEDDEBURN,R.W., Generalized linear models. **J.R.Statist.Sci**, n. 135, p. 370-384, 1972.
- RIVERO,J.L., SERRANO, P.H., AGUERA,E. Muscle fiber type composition and fiber size in successfully and unsuccessfully endurance-race horses, **Journal of Applied Physiology**,v.75, p. 1758-1766, 1993
- STULL, C.L., RODIEK, A. Carbohydrate metabolism, **Basic equine nutrition and its physiological functions**, p. 33-43, 1997.
- STULL, C.L., RODIEK, A. Fat metabolism, **Basic equine nutrition and its physiological functions**, p. 43-51, 1997.
- TAYLOR, L.E., FERRANTE, P.L.,KRONFELD, D.S, et al. Acid-base variables during incremental exercise in sprinte-trained horses fed a high-fat diet. **Journal of animal science**, v.73, p.2009-2018, 1995.
- TEGBUR, U; BUSSE, M. W. e BRAUMANN. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 25, p. 620-7, 1993.
- TEIXEIRA-NETO, A.R., FERRAZ, G.C., MATAQUEIRO, M.I., LACERDA-NETO, J.C., QUEIROZ-NETO, A., reposição eletrolítica sobre variáveis fisiológicas de cavalos em provas de enduro de 30 e 60 Km. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.34, n.5, p.1501-1511, 2004.

## Capítulo 4

### **DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES DE DIETAS COM ADIÇÃO DE ÓLEO DE SOJA PARA EQUÍNOS CONDICIONADOS PARA PROVA DE ENDURO**

**RESUMO:** Com o objetivo de determinar o coeficiente de digestibilidade aparente de dietas com níveis crescentes de óleo de soja foi conduzido experimento utilizando 20 equínos, machos e fêmeas, com peso aproximado de 400 Kg e idade média de  $9,5 \pm 5,5$  anos, submetidos à prova de enduro de 80 Km em esteira rolante dividido em quatro anéis de 20 km cada. Os animais foram adaptados às dietas e ao treinamento por um período de 43 dias. As dietas experimentais foram formuladas para equínos de trabalho de intensidade média, sendo constituídas por: controle (sem adição de óleo) e com seis, 12, 18 e 24% de inclusão de óleo de soja no concentrado. A relação concentrado volumoso estabelecida foi de 50:50. Os animais foram alojados em baias individuais compostas por comedouro, bebedouro e fenil. A dieta foi fracionada em três refeições, fornecidas às 7:00, 12:00 e 18:00 horas. Ao final do período de adaptação os animais foram submetidos a um período de cinco dias de coleta parcial de fezes. Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB, FDN, FDA, EE e EB foram determinados por método indireto, utilizando como indicador interno a Cinza Insolúvel em Ácido (CIA). Foram observadas regressões quadráticas significativas ( $p < 0,05$ ) para as variáveis EB, PB, FDA, FDN, MS, EE. A máxima digestibilidade aparente foi obtida com 21,5% de inclusão de óleo de soja para as variáveis PB e EB, e para FDA de 22,45%. A adição de óleo de soja não foi deletéria a digestibilidade aparente dos parâmetros analisados, podendo ser recomendada sua utilização em dietas (até 24% no concentrado) para cavalos de enduro.

Palavras - Chave: concentrado, digestibilidade aparente, equínos, exercício, óleo.

## **DETERMINATION OF APPARENT DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS IN DIETS WITH SOYBEAN OIL ADDITION FOR EQUINES CONDITIONED FOR AN ENDURANCE RACE**

**ABSTRACT:** In the order to show the apparent digestibility coefficient of diets with increasing soybean oil levels, an experiment was conducted using 20 equines, being male and female, with average weight from 400 kg and  $9\pm 5,5$  years old, they were submitted to a treadmill endurance race of 80 Km, divided in four rings of 20 km each. The animals were adapted to the diets and training program for 43 days. The experimental diets were done for equine of medium intensity work, being constituted by: control (without oil addition) and with 6, 12, 18 and 24% of soybean oil inclusion in the concentrated. The ratio between concentrate and hay was 50:50. The animals were allocated in individual boxes, with feeder's watereres and hay place. The diet was divided in three meals, given at 7:00, 12:00 and 18:00 hours. At the end of adaptation period the animals were submitted to five days of feces collect. The apparent digestibility coefficient of DM, CP, NDF, ADF, EE and gross energy were given by indirect method using as inner marker the Acid Insoluble Ash (AIA). A significative ( $p<0.05$ ) quadratic regression for variables GE, CP, ADF, NDF, DM, EE, were observed. The higher digestility apparent was gotten with 21.5% of soybean oil addition for the CP, GE variables and for ADF the best result was observed with 22.45%. The soybean oil addition wasn't harmful for the apparent digestibility from the analyzed parameters, may be recommended its use (until 24% in the concentrate) in horse diets.

**Key words:** appearant digetibility, concentrate, equines, exercise, oil.

## INTRODUÇÃO

As pesquisas em nutrição e fisiologia do exercício do equino têm aumentado gradualmente desde o início dos anos de 1970 (Meyer, 1995). Frape (1994) cita que dietas com adição de óleo são bem utilizadas pelos equinos e reduzem o risco de cólica e laminite além de aumentar a densidade energética da dieta.

Potter et al. (1993) relatou a necessidade de mais pesquisas para determinar o nível limite superior de gordura em dietas para cavalos no sentido de melhor aproveitamento dos nutrientes durante os processos de digestão.

Os alimentos usualmente fornecidos aos cavalos contêm de 3 a 6% de gordura. Pagan (1993) recomendou que para cavalos de desempenho a concentração adequada de gordura na dieta total não deveria exceder 6 a 8%.

Estudos posteriores demonstraram que cavalos podem utilizar níveis de até 20% de gordura na dieta total sem apresentar, efeitos adversos (Lewis, 1995; Lawrence, 1990 e Hanson et al., 1996)

Jansen et al. (2000) trabalhando com cavalos de trote relataram que dietas contendo óleo apresentam menor digestibilidade aparente da fibra bruta e da fibra em detergente ácido. No Brasil, Resende Junior et al. (2004) trabalhando com cavalos exercitados não observaram efeito da adição de óleo sobre a digestibilidade da proteína bruta, energia bruta, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro, concluindo que o fornecimento de óleo de milho pode ser de até 750 ml diários.

O exercício também pode influenciar na digestibilidade dos cavalos em exercício. Neste sentido, Pagan et al. (1998) observaram que o exercício diminuiu a digestibilidade da matéria seca, aumentou a taxa de passagem pelo trato gastrointestinal, além de observar maior consumo de água pelos animais exercitados sugerindo que a água pode afetar também a taxa de passagem.

Não existe na literatura, recomendações conclusivas quanto ao fornecimento adequado de óleo para equinos. As diversas pesquisas conduzidas, na maioria em outros países, utilizaram raças e protocolos experimentais de exercício diferentes, bem como formulações de dietas e formas de fornecimento o que dificulta a comparação dos dados obtidos entre os experimentos realizados.

O objetivo do presente experimento foi o de determinar o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas com níveis crescentes de óleo de soja



em eqüinos condicionados a prova de enduro de 80 km, visando identificar a melhor quantidade de óleo para compor dietas para eqüinos de esporte.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 20 eqüinos da raça Árabe, machos e fêmeas, com idades médias de  $9,5 \pm 5,5$  anos e peso vivo aproximado de 400 kg, treinados para prova de enduro de 80 Km em esteira rolante.

O experimento teve duração de 43 dias, período em que os animais foram alojados em baias de alvenaria de  $9m^2$ , providas de cama de maravalha, comedouro, fenil e bebedouro, localizadas no Setor de Eqüinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal (FCAV-UNESP /Jaboticabal). Durante 43 dias, os animais foram adaptados às dietas experimentais, formuladas segundo o NUTRIENT RESEARCH COUNCIL (NRC, 1989) para cavalos de esporte de média intensidade, e também adaptados ao treinamento, baseado no limiar anaeróbico, determinado individualmente através do método do limiar anaeróbico individual descrito por Baldari et al. (2000). Ao final deste período, os animais foram submetidos a cinco dias de coleta conforme protocolo sugerido por Haenlein, et al. (1966)

As dietas experimentais foram compostas por cinco concentrados formulados com cinco níveis de inclusão de óleo de soja (0, 6, 12, 18 e 24%) e feno de Tifton 85, mantendo-se a respectiva relação de 50: 50 (Tabelas 1 e 2). A relação proteína bruta/energia digestível das dietas foi de 28g/Mcal ED. As dietas foram fracionadas em três refeições diárias, fornecidas às 7:00, 12:00 e 17:00 horas.

A análise bromatológica dos alimentos bem com das fezes foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Estadual de Maringá. As fezes foram colhidas diretamente do reto do animal e foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e armazenadas em freezer a  $-10^0$  C. Ao final da fase experimental, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, homogeneizadas por tratamento para obtenção de uma amostra composta para cada animal, das quais foram retiradas alíquotas de 10%, pesadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a  $55^0$ C por 72 horas. Após a secagem e equilíbrio com a umidade ambiente, foram novamente pesadas, moídas e devidamente acondicionadas para análises, sendo enviados para o laboratório, seguindo a metodologia sugerida por Silva (1990).

**TABELA 1: Composição percentual dos concentrados experimentais**

TABLE 1 Percentual composition of experimental diets

Ingrediente/Tratamento <i>Ingredient/Treatment</i>	Controle <i>Control</i>	6% óleo <i>6% of oil</i>	12% óleo <i>12% of oil</i>	18% óleo <i>18% of oil</i>	24% óleo <i>24% of oil</i>
Milho grãos <i>Corn Grain</i>	84,45	73,65	60,15	48,1	38,85
Farelo de soja <i>Soybean Meal</i>	13,2	17,75	25	30,75	34,0
Óleo de soja <i>Soybean oil</i>	0	6,0	12,0	18,0	24,0
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,2	0,3	0,4	0,65	0,65
Calcário <i>Limestone</i>	0,95	1,0	1,05	1,0	1,0
Sal comum <i>Comum Salt</i>	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3
Suplemento Mineral <sup>1</sup> <i>Mineral Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup> <i>Vitaminic Supplement</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total / <i>Total</i>	100	100	100	100	100

<sup>1</sup> Suplemento mineral (*Mineral supplement*): P-72g, Ca-191g, Na-68,25g, Cl-105g, Mg-27,5g, S-14,963g, Zn-1500,00 mg, Cu- 250,00 mg, Mn 1000,00 mg, Fe 1000,00 mg, Co-12,24 mg, I-20,00 mg, Se 2,25 mg, Fl (Max)-0,72mg.

<sup>2</sup> Suplemento vitamínico (*Vitaminic supplement*): vit. A-1600000UI, vit D3- 200000UI, vit E-3000UI, vit K3- 636 mg, vit B1- 1200 mg, vit B2-1600 mg, vit B12- 3300 mg, Ác. Pantotenico 3300mg, Biotina 20mg, Ác. Nicotínico- 6000mg, Ác. Fólico- 200mg, colina- 40mg, L-Lisina- 25 mg, antioxidante 200mg.

**TABELA 2: Composição química dos concentrados experimentais (base na matéria seca)**  
*TABLE 2. Chemical Composition of the experimental concentrates (dry matter basis)*

Nutriente <i>Nutrient</i>	Controle <i>Control</i>	6% de óleo <i>6% oil</i>	12 % de óleo <i>12% oil</i>	18% de óleo <i>18% oil</i>	24% de óleo <i>24% oil</i>	Feno Tifton <i>TiftonHay</i>
Matéria Seca (%) <i>Dry matter (%)</i>	93,12	94	89	90,2	91,25	91,0
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein (%)</i>	14,06	14,86	15,45	17,83	18,78	9,95
FDN (%) <sup>1</sup> <i>NDF (%)<sup>1</sup></i>	13,94	13,3	13,4	12,9	11,9	85,2
FDA (%) <sup>1</sup> <i>ADF (%)<sup>1</sup></i>	3,44	3,74	4,02	4,85	5,51	43,02
Matéria mineral (%) <i>Ash (%)</i>	4,0	4,0	3,0	5,0	5,0	5,5
Extrato Etéreo (%) <i>Ether extract (%)</i>	3,52	8,8	10,6	19,7	22,73	1,0
Energia Bruta (Kcal/Kg) <i>Gross Energy (kcal/Kg)</i>	4213,0	4386,0	4436,0	4996,0	5235,0	4102,0
Composição química das dietas experimentais (relação concentrado-volumoso: 50/50) <i>Chemical composition of experimental diets (concentrate: roughage 50:50)</i>						
Matéria Seca (%) <i>Dry matter (%)</i>	92,06	92,5	90,0	90,6	91,125	
Proteína Bruta (%) <i>Crude Protein (%)</i>	12,005	12,405	12,7	13,89	14,37	
FDN (%) <sup>1</sup> <i>NDF (%)<sup>1</sup></i>	49,57	49,25	49,3	49,05	48,55	
FDA (%) <sup>2</sup> <i>NDA (%)<sup>2</sup></i>	22,73	22,89	23,52	23,94	22,77	
Matéria mineral (%) <i>Ash (%)</i>	4,75	4,75	4,25	5,25	5,25	
Extrato Etéreo (%) <i>Ether extract (%)</i>	2,26	4,9	5,8	10,35	11,87	
Energia Bruta (Kcal/Kg) <i>Gross Energy (kcal/Kg)</i>	4157,5	4244,0	4269,0	4549,0	4668,5	

<sup>1</sup> FDN Fibra Detergente Neutro/<sup>1</sup> NDF Neutral Detergent Fiber

<sup>2</sup> FDA Fibra Detergente Ácido/<sup>2</sup> ADF Acid Detergent Fiber

Os coeficientes de digestibilidade aparente de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra e Detergente Ácido (FDA), Extrato Etéreo (EE) e Energia Bruta (EB), foram determinados por método indireto, utilizando como indicador interno a Cinza Insolúvel em Ácido (CIA) (Van Keulen & Young, 1977). O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramento casualizado, com cinco tratamentos (níveis crescentes de óleo: de soja controle (sem adição de óleo), 6, 12, 18 e

24% de inclusão de óleo ao concentrado) e quatro repetições (equínos) analisados por regressão pelo pacote estatístico SAEG (1982) ao nível de 5% de significância.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas experimentais obtidos no presente trabalho estão apresentados na Tabela 3.

**TABELA 3: Equações de regressão e coeficientes de variação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas para equínos com diferentes níveis de óleo de soja**

TABLE 3: Regression equations and variation coefficient of apparent nutrient digestibility coefficient for equines receiving different soybean oil levels

Variáveis Variables	Equações Equations	CV (%)	R <sup>2</sup>
CDaPB <i>aDCCP</i>	$y = 51,4493 + 3,332187x - 0,0776432x^2$	1,83%	85,45
CDaFDA <i>aDCADF</i>	$y = 6,3 + 6,21074x - 0,138393x^2$	2,21%	95,78
CDaEB <i>aDCGE</i>	$y = 0,400505 + 7,60363x - 0,177206x^2$	0,721%	99,0
CDaEE <i>aDCEE</i>	$y = 78,365 - 0,1018x + 0,03594x^2$	20,534%	60,42
CDaFDN <i>aDCNDF</i>	$y = 69,9201 + 0,0610912x + 0,005868x^2$	18,230%	71,73
CDaMM <i>aDCAsh</i>	68,51	10,110%	
CDaMS <i>aDCDM</i>	$y = 76,927 + 0,006858x + 0,00665861x^2$	0,210%	98,75

<sup>1</sup> Coeficiente de digestibilidade aparente da Proteína bruta/ *Apparent Digestibility coefficient of Crude protein*

<sup>2</sup> Coeficiente de digestibilidade aparente da Fibra em detergente ácido/ *Apparent Digestibility coefficient of Neutral Detergent Fiber*

<sup>3</sup> Coeficiente de digestibilidade aparente da Energiabruta/ *Apparent Digestibility coefficient of Gross energy*

<sup>4</sup> Coeficiente de digestibilidade aparente da Extrato etéreo/ *Apparent Digestibility coefficient of Ether extract*

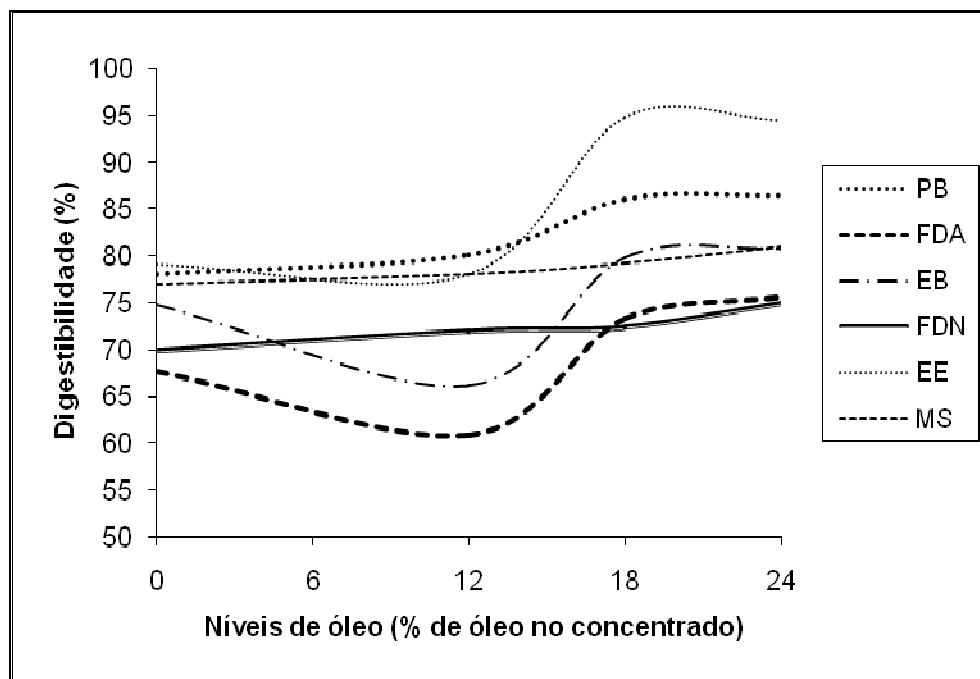
<sup>5</sup> Coeficiente de digestibilidade aparente da Fibra em detergente ácido/ *Apparent Digestibility coefficient of Acid Detergent Fiber*

<sup>6</sup> Coeficiente de digestibilidade aparente da Matéria mineral *Apparent Digestibility coefficient of ash*

<sup>7</sup> Coeficiente de digestibilidade aparente da Matéria seca/ *Apparent Digestibility coefficient of Dry matter*

Foram observadas regressões quadráticas significativas para as variáveis EB, PB, FDA, FDN, EE, MS. Para MM não foi observado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para a adição de níveis de óleo. Entretanto, para a variável que não apresentou efeito de regressão significativo (MM) observou-se o mesmo comportamento crescente ( $P < 0,05$ ) das demais das variáveis estudadas, com a adição de óleo de soja na dieta.

A Figura 1 apresenta o comportamento dos valores de digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas para equínos com a adição crescente de óleo de soja, obtidos no presente experimento.



**FIGURA 1: Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes: Matéria seca (MS), Fibra em detergente neutro (FDN), Extrato etéreo (EE), Fibra em detergente ácido (FDA), Proteína bruta (PB) e Energia bruta (EB) de dietas para equínos com diferentes níveis de óleo de soja**

Figure 1: Apparent digestibility coefficient of nutrients: Dry matter (DM), *Neutral Detergent Fiber (NDF)*, *Ether extract (EE)*, *Acid Detergent Fiber (ADF)*, *Crude protein (CP)*, *Gross energy (GE)* for different soybean oil levels in a equine diet

A variável Proteína Bruta (PB) apresentou máxima digestibilidade com o nível de adição de 21,46% de óleo, nível este que também apresentou máxima digestibilidade para a Energia Bruta (EB). Para a variável Fibra em Detergente Ácido (FDA) o nível de adição de óleo de soja a dieta que apresentou melhor digestibilidade aparente foi o de 22,44% (Figura 1).

No presente trabalho obteve-se também valores crescentes de digestibilidade aparente das dietas com a adição de óleo de soja para o EE e para a EB, indicando que o óleo adicionado à dieta foi bem aproveitado, fato evidenciado pelos elevados coeficientes de digestibilidade obtidos. Segundo Kronfeld et al. (2004) a digestibilidade do extrato etéreo pode ser influenciada pela presença de substâncias não hidrolisáveis no extrato etéreo especialmente nos alimentos volumoso e a diluição da gordura

endógena fecal. A secreção de enzimas lipolíticas pode ser relacionada à presença de lipídios na dieta. Como no presente experimento foram fornecidos níveis crescentes de óleo sugere-se que o organismo animal possa ter se adaptado a maior secreção de enzimas lipolíticas, favorecendo a digestibilidade do EE e da EB.

No Brasil, recentemente, Resende Junior (2004) também observou valores crescentes de digestibilidade para estes mesmos parâmetros, porém os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes obtidos foram inferiores aos observados no presente experimento. Pode-se atribuir esta diversidade de respostas aos diferentes protocolos experimentais, bem como a raça utilizada e o tempo de adaptação dos animais à dieta experimental, além do tipo de exercício.

Segundo Harris (1997), os resultados das pesquisas realizadas com equinos alimentados com dietas ricas em gordura são variáveis em virtude da utilização de animais de diferentes raças, idades, condições corporais, duração do experimento e, principalmente, diferentes dietas. Como no presente experimento os animais apresentavam grande demanda energética, e ao contrário do observado por Resende Junior (2004), os animais não ganharam peso, sugere-se que os coeficientes de digestibilidade dos experimentos foram diferentes devido à demanda energética diferenciada, mesmo as dietas sendo formuladas para cavalos de exercício de intensidade média.

De acordo com Duren (2000) cavalos de enduro têm grande demanda energética e desde que adaptados apresentam bom aproveitamento do óleo da dieta, sendo o óleo utilizado como fonte energética provavelmente devido a este aumento de demanda. Como o organismo animal apresenta maior adaptação visando o máximo aproveitamento das fontes energéticas existe aumento da digestibilidade da Energia Bruta e da Proteína Bruta, pontos de estrangulamento da nutrição de animais de enduro.

Os trabalhos disponíveis na literatura sobre digestibilidade de nutrientes de dietas para cavalos atletas utilizaram cavalos em exercício máximo, onde durante o exercício o sangue migra do trato digestório, fato este que não ocorre com tanta intensidade nos cavalos de enduro. Além disso, para equinos em exercício intenso, preconiza-se que o animal esteja leve no momento do exercício, o que não ocorre nos cavalos de enduro.

As dietas mistas (concentrado mais volumoso) fornecidas, e a seqüência de arraçoamento podem também influenciar a digestibilidade dos nutrientes. Segundo Pagan et al. (1998) dietas mistas apresentam maior tempo de retenção orgânica, o que

pode favorecer a digestibilidade dos nutrientes, principalmente em cavalos de enduro, onde o aporte sanguíneo ao trato gastrointestinal (TGI) é contínuo. O fornecimento de feno antes do concentrado também pode favorecer a digestibilidade dos nutrientes, pois esta seqüência de arraçoamento prepara o TGI para o maior aproveitamento do concentrado, devido às secreções enzimáticas que favorecem a digestão protéica e de carboidratos, principalmente os solúveis. Harper (2004) afirma que não se deve fornecer o volumoso logo após o concentrado, pois devido a sua fibra longa o volumoso passa mais rapidamente pelo estômago e intestino delgado levando o concentrado para o intestino grosso. Considerando tais afirmações, pode-se considerar que a seqüência de arraçoamento adotada no presente experimento (feno antes de concentrado) pode ter favorecido a digestibilidade dos nutrientes, contribuindo para os elevados valores de digestibilidades obtidos.

No presente estudo a digestibilidade da FDN e da MS apresentaram o mesmo comportamento. Com a inclusão de elevados níveis de óleo a digestibilidade destas variáveis foi influenciada negativamente, sendo a curva de inclusão com tendência cúbica. Até o nível de inclusão de 24% de óleo de soja no concentrado ocorreu efeito benéfico sobre a digestibilidade destas variáveis.

Segundo Meyer (1995), fontes lipídicas de alta digestibilidade, como os óleos vegetais, podem ser totalmente degradadas no intestino delgado, permitindo que apenas uma pequena parte chegue ao intestino grosso o que poderia alterar a microflora com conseqüente inibição do processo fermentativo e alteração da digestibilidade da fibra. Swenson (1977) afirmou que a ausência da vesícula biliar nos eqüinos otimiza a digestão e absorção dos lipídeos no intestino delgado, pois a bile é constantemente lançada nessa porção do sistema digestório. Considerando estas afirmações pode-se concluir que no presente experimento observou-se uma adaptação enzimática direcionada ao aproveitamento total do óleo da dieta.

Os dados obtidos no presente trabalho discordam dos obtidos por Jansen et al. (2002) que observaram efeito deletério do óleo sobre a digestibilidade das frações fibrosas e da proteína bruta da dieta, afirmando ainda que existe constante passagem de óleo para o intestino grosso do cavalo sem que este seja aproveitado. Segundo Beynen & Hallebeek (2002) há grande variação na literatura sobre a digestibilidade de fibras, podendo ser encontrado diminuição, manutenção e até aumento na digestibilidade quando se adiciona óleo à dieta de eqüinos. Estes autores citaram que tais diferenças podem ser atribuídas à quantidade de fibra fornecida na dieta dos diversos

experimentos, a qual pode alterar a quantidade de substrato fermentativo para a microflora, bem como alteração na taxa de passagem. Como no presente experimento foi fornecido 50% da dieta na forma de feno, o aporte de fibra pareceu ser suficiente para que a inclusão de óleo não causasse efeito deletério à digestibilidade da fração fibrosa.

A inclusão do óleo de soja às dietas do presente trabalho modificou a composição percentual entre os ingredientes que compõem a formulação (Tabela 1). A quantidade de milho foi diminuída enquanto ocorre um acréscimo da contribuição do farelo de soja. Tal modificação gerou menor aporte de amido e um incremento na contribuição de pectina no TGI. Segundo Van Soest (1994) a pectina é uma fonte de alta fermentabilidade e de natureza acética. Sugere-se então que a diminuição do amido na dieta fez com que o intestino grosso não tenha recebido aporte excessivo desta fonte, com isso a fermentação local não foi modificada evitando a produção de ácido láctico, responsável por diminuir a fermentação no intestino grosso, prejudicando a digestibilidade da fração fibrosa. A crescente quantidade de farelo de soja nos concentrados experimentais promoveu maior produção de acetato o qual favorecerá o metabolismo energético, sendo oxidado nas fibras musculares, em exercício aeróbico. O perfil aminoacídico e a proteína de alta qualidade do farelo de soja favoreceram a digestibilidade da proteína, refletida nos elevados valores de digestibilidade protéica observados neste experimento. Sugere-se assim que o aporte de proteína ao intestino grosso não ultrapassou 20%, fornecendo assim, estruturas de nitrogênio para síntese microbiana, que resultou em maior retenção de nitrogênio, sendo refletido em maior digestibilidade da fração protéica no presente trabalho.

O ambiente ceco-cólico favorável, aliado à presença de bactérias celulolíticas, pode ter favorecido a digestibilidade da FDA do presente estudo. Quadros et al. (2002) utilizando níveis crescentes de casca de soja em substituição ao feno de Tifton também observaram melhora nos coeficientes de digestibilidade da FDA e da FDN das dietas como o aumento de casca de soja, dados que concordam com os obtidos no presente experimento.

Pagan et al. (1998) citam que o exercício pode influenciar na digestibilidade dos nutrientes. Ainda não é muito clara a forma como ocorre este processo. Estes pesquisadores observaram menor taxa de retenção, a qual foi atribuída ao maior consumo de água em animais exercitados. Observaram também menor aporte sanguíneo ao trato gastrointestinal fato que pode ter levado a menor digestibilidade dos nutrientes.



No presente experimento, os dados obtidos foram divergentes dos relatados pelos autores supra citados, os quais podem ser atribuídos a diferença na formulação da dieta e no protocolo de trabalho dos animais. Como os animais utilizados no presente trabalho consumiram grande quantidade de água sugere-se que o consumo de água pode ter influenciado positivamente na digestibilidade dos nutrientes e na taxa de passagem.

Segundo Duren (2000) a presença física das fibras no trato gastrointestinal dos cavalos de enduro é muito importante para a manutenção do equilíbrio hidroeletrolítico durante a prova e o aporte de sangue para este local. Como os animais do presente experimento apresentaram valores elevados de digestibilidade, pode-se considerar correta a afirmação deste pesquisador e ressaltar que não foi observado nenhum distúrbio gastrointestinal atribuído à dieta aliada ao treinamento dos animais. A presença física da fibra pode ter contribuído positivamente na digestibilidade das dietas experimentais por garantir aporte constante de sangue ao trato gastrointestinal.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que a inclusão de até 24% de óleo de soja no concentrado de animais de enduro não causou nenhum distúrbio metabólico e também não apresentou efeito deletério sobre a digestibilidade dos nutrientes da dieta, podendo ser empregado para animais que apresentam altas demandas energéticas.

Considerando os valores de digestibilidade aparente obtidos para todos os nutrientes das dietas experimentais conclui-se que a inclusão de óleo de soja em concentrados para cavalos de enduro seja de 20%.

A mudança na composição dos carboidratos da dieta, com a adição de óleo de soja, favoreceu a digestibilidade da fração fibrosa, sendo benéfico para cavalos de enduro.

## LITERATURA CITADA

- BALDARI,C.; GUIDETTI,L.A. Simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine & Science in Sport & Exercise**, v.32, n.10, p.1798-2000, 2000.
- BEYNEN, A.C & HALLEBEEK, J.M. [2002]. **High-fat diets for horses**. Disponível em <http://www.equine-congress.com/documents/proceedings/2002/beynensymp2002.doc> > acessado em 20/10/2005.
- CUNHA, T.J. **Horse feeding and nutrition**. 2.ed. San Diego: Academic, 1991. 445p.
- DUREN,S., Feeding the endurance horse, **Kentucky equine Research, Inc.** p. 351-363, 2000.

- FRAPE, D.L., Diet and exercise performance in the horse, **Proceeding...** of the nutrition society, v. 53, p. 189-206, 1994
- HAENLEIN, G.F., SMITH, R.C., YOON, Y.M., Determination of the faecal excretion rate of horses with chronic oxide. **Journal of Animal Science**, v.25, n.4, p.1091-1095, 1966.
- HANSON, R.R.; PUGH, D.G.; SCHUMACHER, J. Feeding equine athletes. **Comp. Cont. Educative Practice Veterinarian**, v.18, n.2, p.175-182, 1996.
- HARPER, F. 2004. Feeding the Equine Athlete, Part I. **Tennessee Horse Express**. v. 23, n. 3, Extension. University of Tennessee, 2004.
- HARRIS, P. Energy sources and requirements of the exercising horse. *Annual Rev. Nutrition*, v.17, p.185-210, 1997.
- HINTZ, H.F. Alimentando o cavalo atleta. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO CAVALO DE ESPORTE, 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, n.19, p.49-57.
- JANSEN, W.L.; VAN DER KUILEN, J.; GEELLEN, S.N.J. et al. The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fibre in trotting horses. **Equine Veterinary Journal**, v.31, p.27-30, 2000.
- KRONFELD, D.S., HOLLAND J.L, RICH, G.A., MEACHAM, T.M., FONTENOT, J.P., SKLAN, D.J., HARRIS, P.A. Fat digestibility in *Equus caballus* follows increasing first-order Kinetics. **Journal of Animal Science** v. 82, p. 1773-1780, 2004.
- LAWRENCE, L.M. Nutrition and fuel utilization in the athletic horse. **Veterinary. Clinical North America Equine Practice**. v.6, n.2, p.393-418, 1990.
- LEWIS, L.D. **Equine clinical nutrition. Feeding and care**. 1.ed., Philadelphia: Williams e Wilkins. 1995. 587p.
- MEYER, H. **Alimentação de cavalos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 303 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Horses**. 5 revised ed. Washington: National Academy Press., 1989. 100p.
- PAGAN, J.D. & JACKSON, S.G. Effect of the chronic administration of the oral antibiotic sulfamethoxazole and trimethoprim on digestibility in the mature horses. **Proceeding...** XIX Equine Nutrit. Physiology Symposium, 1993, p. 34-36.
- PAGAN, J.P., HARRIS, P., BARNES, T. B., DUREN, S.E., JACKON, S.G., Exercise affects digestibility and rate of passage of All-Forage and Mixed Diets in Thoroughbred horses, **Journal of Nutrition**, v. 128, p. 2704S-2707S, 1998.
- POTTER, G.D.; HUGHES, S.L.; JULEN, T.R. et al. A review of research on digestion and utilization of fat by the equine. **Anais...**: VIII Mini- Simpósio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, ESALQ-Piracicaba, SP, 1993, p.27-37.
- QUADROS, J.B.S, **Utilização da casca de soja na alimentação de equinos em rescimento 1. Digestibilidade aparente 2 . Desempenho**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002, 82p. Dissertação (mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, 2002.
- RESENDE JÚNIOR, T; REZENDE, A.S.C.; LACERDA JÚNIOR, O.V.; BRETÃS, M.; LANA, A.; MOURA, R.S.; RESENDE, H.C. Efeito do nível de óleo de milho

- adicionado à dieta de eqüinos sobre a digestibilidade dos nutrientes **Arquivos. Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.1, p. 2004.
- SILVA,D.J., **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1990, 165p.
- SWENSON, M.J. **Dukes physiology of domestic animals**. 9.ed. London: Cornell University, 1977. 914p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA **Sistema para análises estatísticas e genéticas-SAEG**. Viçosa, MG, 1982, 59p
- VAN KEULEN, J., YOUNG,B.A., Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker for digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v.44, n.2, p. 282-287,1977.
- VAN SOEST,P.J., **Nutrition ecology of the ruminant**, 2ed., Cornell University, 1994. 476p.

## CONCLUSÕES GERAIS

O óleo é uma importante e bem aproveitada fonte de energia para os cavalos de enduro.

Através da modificação na relação de carboidratos da dieta pelo emprego do óleo na formulação, favorece a fermentação microbiana, favorecendo assim o metabolismo energético e o aproveitamento das fibras da dieta. O nível sugerido de adição de óleo a dieta de cavalos de enduro é em torno de 20% do concentrado.

A presença das fibras no trato gastrointestinal favorece a saúde dos intestinos, garantindo constante irrigação.

A presença do óleo na dieta dos animais de enduro favorece o metabolismo lipídico, fazendo deste um importante gerador de energia para o exercício de resistência, garantindo menor desgaste metabólico para o animal.

A atuação do óleo sobre as isoenzimas musculares favorece a reposição de ATP durante o exercício e previne disfunções musculares, como a rabdomiólise.

A diminuição da frequência cardíaca atribuída à adição de óleo faria com que, em situações reais, os animais fossem melhores classificados nas provas de enduro, garantindo melhora no desempenho atlético.

# 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](#)