WALESKA TOBO PASTORI

SUPLEMENTAÇÃO COM ÓLEO DE SOJA PARA EQÜINOS

Pirassununga

2007

WALESKA TOBO PASTORI

Suplementação com óleo de soja para eqüinos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira
Gobesso

Pirassununga
2007

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1896
FMVZ

Pastori, Waleska Tobo
Suplementação com óleo de soja para eqüinos / Waleska Tobo
Pastori. -- Pirassununga: W. T. Pastori, 2007.
71 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo.
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de
Nutrição e Produção Animal, 2007.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.
Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso.

1. Colesterol. 2. Digestibilidade. 3. Gordura. 4. Lipoproteínas.
5. Potros. I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Comissão Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Suplementação com óleo de soja para equinos", Protocolo nº459b/2004, utilizando 04 (quatro) cavalos, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado "ad referendum".

(We certify that the Research "Supplementation with soybean oil for equines" protocol number 459b/2004, utilizing 04 horses, under the responsibility of Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Commission of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo and was approved "ad referendum", meeting.

São Paulo, 23 de outubro de 2007

Prof. Dr. José Luiz Bernardino Merusse
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: PASTORI, Waleska Tobo

Título: Suplementação com óleo de soja para eqüinos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Ao meu marido, Janos Alberto Tamas

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar comigo em todos os momentos da minha vida.

A minha família, por me apoiar e incentivar.

Ao Prof. Dr. Alexandre A. O. Gobesso, pela orientação, amizade e conhecimento transmitido.

À FAPESP pelo financiamento do experimento.

Ao Departamento de Nutrição e Produção Animal, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, por me aceitar no curso de mestrado.

Aos funcionários e amigos do Setor de Eqüideocultura, Valdir, Maico, Beto e Sr. Jorge, pela grande ajuda e amizade.

Aos amigos, da FMVZ e FZEA, Estelinha, Rafael, Lílian, Riquelme, Francine, Luis Felipe, Carol, Aline, Daniel, Flávio, Fernanda, Vinícius, Willian, Ariana, Samuel, Walter, Pascoal, Zé...

A todos os estagiários, em especial, Ligia, Lívia, Thieska, Luciana e Fernando.

Aos meus “irmãos” no mestrado, Marco, Rodrigo, Alessandra, Renata, Iaçanã e Ana Maria, com os quais convivi e aprendi.

Aos potros Veloz, Vivo, Virtual e Vico.

RESUMO

PASTORI, W. T. **Suplementação com óleo de soja para eqüinos.** [Supplementation with soybean oil for equines]. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

Em um delineamento em Quadrado Latino 4X4 balanceado, foram utilizados quatro potros, filhos do mesmo garanhão, com idade entre 10 e 12 meses e peso médio de 270 kg (dp $\pm$ 9,80 Kg). Foram analisados os efeitos, por regressão simples polinomial, da inclusão dos níveis de 5, 10, 15 e 20 % de óleo de soja, no concentrado, sobre aceitabilidade, coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), extrato etéreo (CDAEE), fibra insolúvel em detergente neutro (CDAFDN), em detergente ácido (CDAFDA) e sobre a concentração plasmática de colesterol total (COL) e suas frações nas lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL-C), lipoproteína de densidade baixa (LDL-C), lipoproteína de densidade alta (HDL-C) e triglicérides totais (TRG). O aumento do nível de inclusão de óleo afetou ($p < 0,05$) o CDAMO, CDAFDN e CDAFDA, apresentando uma resposta quadrática, com diminuição da digestibilidade após o valor esperado de 10,7%, 9,5% e 10,5% EE na dieta, respectivamente. Observou-se resposta linear ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre a concentração plasmática de colesterol e LDL-C, apresentando diminuição 0,65 mg/dL de colesterol e 0,58 mg/dL de LDL-C para cada 1% de aumento no EE no concentrado. A inclusão de óleo de soja afetou a digestibilidade da dieta, principalmente na fração parede celular e diminuiu a concentração plasmática de colesterol e HDL-C.

Palavras chaves: Colesterol, Digestibilidade, Gordura, Lipoproteínas, Potros.

ABSTRACT

PASTORI, W. T.. **Supplementation with soybean oil for equines**. [Suplementação com óleo de soja para eqüinos]. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

In a balanced 4x4 Latin Square design, 04 foals from the same stallion were used. They aged between 10 and 12 months and their average weight was 270 ± 9.80 kg. The effects of soybean oil inclusion at the concentrated on acceptability, coefficient of apparent digestibility to dry matter (CADAMS), organic matter (CADOM), crude protein (CADCP), ethereal extract (CADEE), neutral detergent fiber (CADNDF), acid detergent (CADADF) and the plasma concentrations of total cholesterol (COL) and the fractions in Very Low Density Lipoprotein (VLDL - C), low-density lipoprotein (LDL-C), high-density lipoprotein (HDL-C) and total triglycerides (TRG), at the following levels of 5, 10, 15 and 20%, were analyzed by simple polynomial regression. Increase in the level of oil inclusion affected ($P < 0.05$) CADOM, CADNDF and CADADF, showing a quadratic response. For those parameters, digestibility was decreased after inclusion of 10.7%, 9.5% and 10.5 of EE% in the diet, respectively. There was a linear response ($P < 0.05$) to the treatments on the cholesterol plasma concentration and LDL-C; each 1% of increase in EE on the diet caused a decreased of 0.65 mg/dL on cholesterol and 0.58 mg / dL on LDL-C. The inclusion of soybean oil affected the digestibility of the diet, mainly on cell wall fraction, and decreased the concentration of plasma cholesterol and HDL-C.

Key words: Cholesterol, Digestibility, Fats, Foals, Lipoproteins

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Efeito quadrático dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado, para a digestibilidade aparente da matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) e seus respectivos pontos de máxima.....	41
Figura 2 -	Efeito dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado sobre a digestibilidade da proteína bruta (%).	43
Figura 3 -	Médias e desvio padrão do coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CADEE), observados para os níveis de 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja no concentrado.....	45
Figura 4 -	Efeito quadrático dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado, na digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (CDAFDN) e fibra em detergente ácido (CDAFDA) e seus respectivos pontos de máxima.....	47
Figura 5 -	Médias e desvio padrão das concentrações plasmáticas de colesterol total e suas frações, HDL-C, LDL-C e VLDL-C (mg/dL), observados para os níveis 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja.....	52
Figura 6 -	Efeito linear dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado, na concentração plasmática do colesterol (mg/dL).....	53
Figura 7 -	Efeito linear dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado sobre a concentração plasmática do LDL-C (mg/dL).....	55

Figura 8 - Efeito linear dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado sobre a concentração plasmática do VLDL-C (mg/dL).....	57
Figura 9 - Médias e desvio padrão das concentrações plasmáticas de triglicerídeos (mg/dL), observados para os níveis 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Composição de ácidos graxos presentes em algumas fontes lipídicas utilizadas em alimentação.....	20
Tabela 2 -	Croqui de campo para o delineamento em quadrado Latino 4X4, balanceado, para os tratamentos com 5%, 10%, 15% e 20% de inclusão de óleo no concentrado.....	33
Tabela 3 -	Composição de nutrientes das dietas, com base na matéria seca.....	34
Tabela 4 -	Consumo diário dos ingredientes e nutrientes das dietas experimentais, com base na matéria natural.....	35
Tabela 5 -	Médias e Desvio padrão (DP), do coef. digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), extrato etéreo (CDAEE), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA), para os níveis de inclusão de 5, 10, 15 e 20% de óleo de soja no concentrado.....	38
Tabela 6 -	Valor de probabilidade, r^2 , equação de regressão e ponto de inflexão, do coef. da digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), extrato etéreo (CDAEE), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA), para os níveis de inclusão de 5, 10, 15 e 20% de óleo de soja no concentrado.....	39
Tabela 7 -	Médias e desvio padrão (DP), dos valores plasmáticos de colesterol, frações de colesterol nas lipoproteínas de densidade alta (HDL-C), densidade baixa (LDL-C) e densidade muito baixa (VLDL-C) e triglicérides, para os níveis de 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja no concentrado.....	50
Tabela 8 -	Valor de probabilidade, r^2 e equação, dos valores plasmáticos de colesterol, frações de colesterol nas lipoproteínas HDL-C, LDL-C e VLDL-C e triglicérides, para os níveis de 5,10,15 e 20% de inclusão de óleo de soja no concentrado.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACAT	enzima Acil-CoA colesterol acil transferase
APO	apolipoproteína
CDA	coeficiente de digestibilidade aparente
COL	colesterol
DP	desvio padrão
EE	extrato etéreo
FB	fibra bruta
FDA	fibra em detergente ácido
FDN	fibra em detergente neutro
HDL	lipoproteína de densidade alta
HDL-C	fração do colesterol na lipoproteína de densidade alta
HMG-CoA	3-hidroxi-3-metil-glutaril-CoA
IDL	lipoproteína de densidade intermediária
LDL	lipoproteína de densidade baixa
LDL-C	fração do colesterol na lipoproteína de densidade baixa
LPL	lipoproteína lipase
MM	matéria mineral
MO	matéria orgânica
MS	matéria seca
PB	proteína bruta
TRG	triglicerídeos
VLDL	lipoproteína de densidade muito baixa
VLDL-C	fração do colesterol na lipoproteína de densidade muito baixa

LISTA DE SÍMBOLOS

%	porcentagem
<	menor
>	maior
r^2	coeficiente de determinação simples
4:00	ácida graxo com 4 carbonos e nenhuma dupla ligação
10:00	ácida graxo com 10 carbonos e nenhuma dupla ligação
12:00	ácida graxo com 12 carbonos e nenhuma dupla ligação
16:1	ácida graxo com 16 carbonos e uma dupla ligação
18:0	ácida graxo com 18 carbonos e nenhuma dupla ligação
18:1	ácida graxo com 18 carbonos e uma dupla ligação
18:2	ácida graxo com 18 carbonos e duas duplas ligações
18:3	ácida graxo com 18 carbonos e três duplas ligações
n-3	ômega 3
n-6	ômega 6
n-9	ômega 9
18:3, n-3	ácido graxo linolênico
18:2, n-6	ácido graxo linolêico

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 Ácidos graxos.....	19
3.2 Digestão de lipídeos.....	21
3.3 Alterações na digestibilidade dos nutrientes.....	23
3.4 Fisiologia do transporte de lipídico.....	27
3.4.1 Aspectos básicos do metabolismo de colesterol.....	29
3.4.2 Os lipídeos da dieta e seus efeitos nos lipídeos do sangue e dos tecidos.....	30
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4.1 Local e instalações.....	32
4.2 Delineamento experimental.....	33
4.3 Animais.....	33
4.4 Tratamento experimentais e dieta.....	34
4.5 Procedimento experimental e metodologia das coletas.....	35
4.6 Procedimentos laboratoriais.....	36
4.7 Análise estatística.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 Aceitabilidade.....	37
5.2 Digestibilidade dos nutrientes.....	38
5.2.1 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e matéria orgânica.....	40
5.2.2 Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta.....	42
5.2.3 Coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo.....	44
5.2.4 Coeficiente de digestibilidade aparente da Fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido.....	46
5.3 Lipídeos plasmáticos.....	50
5.3.1 Colesterol total e suas frações em HDL, LDL e VLDL.....	51
5.3.2 Triglicerídeos.....	59
6 CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

Tão importante quanto o conhecimento da fisiologia digestiva dos eqüinos, conhecimentos sobre a composição química e valores de digestibilidade dos alimentos se tornam indispensáveis para formulações de rações mais ajustadas às exigências nutricionais. Dessa forma, se obtém melhor eficiência alimentar, minimizando os riscos de transtornos gastrintestinais, além de proporcionar, ao animal, taxa de crescimento compatível com seu potencial genético, maximizando o desempenho e reduzindo os custos.

O aumento no uso de gordura na dieta animal principalmente para animais de alto desempenho pode ser justificado devido ao fato da ração ter maior densidade energética, ser palatável e de alta digestibilidade. Além disso, o aumento dessa densidade energética é tradicionalmente obtido com o uso de grãos contendo carboidratos solúveis. Um excesso de grãos na dieta pode ocasionar redução na ingestão de forragens, levando a diminuição do consumo de água e eletrólitos, aumentando os riscos da ocorrência de doenças principalmente aquelas relacionadas a distúrbios digestivos em cavalos. As gorduras podem ser fontes de energia mais seguras em dietas de alta densidade energética que os carboidratos, diminuindo ou minimizando as adversidades decorrentes da alta concentração destes.

Os efeitos da suplementação de gordura na dieta tem sido estudados intensivamente para o desempenho no esporte, porém poucos pesquisadores têm conduzido estudos sobre o efeito na digestibilidade dos nutrientes (BUSH et al., 2001). Os efeitos da gordura em relação a digestibilidade de outros nutrientes são complexos e não estão completamente esclarecidos (ZEYNER, 2002). Diversos trabalhos com adição de gordura na dieta apresentam resultados contraditórios, principalmente quanto a digestibilidade da fração parede celular. Alguns pesquisadores informam que a adição de gordura na ração não afetou a digestibilidade da fibra (BUSH et al., 2001; RESENDE JR. et al., 2004) embora outros encontraram um aumento (SCOTT et al., 1989; HUGHES et al., 1995).

É bem conhecido que a quantidade e o tipo de gordura tem importância fundamental no metabolismo lipídico. A alimentação rica em gordura pode aumentar o fluxo de ácidos graxos sob a forma de triglicerídeos (GEELEN, 2001a,d; JANSEN, 2001b). Entretanto, nos cavalos, a relação entre gordura dietética e metabolismo

lipídico não foram estudados intensivamente quando comparados com homens e outros animais experimentais.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito dos níveis de 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja na fração concentrado das dietas de potros sobre aceitabilidade, digestibilidade aparente dos nutrientes e concentrações plasmáticas de triglicérides, colesterol total, HDL-C, LDL-C e VLDL-C.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O propósito do aumento da densidade energética na ração consiste em aumentar o consumo de energia e/ou diminuir a quantidade de alimento exigido para proporcionar as exigências energéticas aumentando o desempenho atlético, produção leiteira, eficiência reprodutiva, taxa de crescimento e manter ou aumentar o peso corporal durante o clima quente e úmido e quando as exigências energéticas são altas (LEWIS, 2000).

A gordura alimentar extra aumenta a energia disponível, pois a troca de carboidratos por gordura reduz a fermentação no ceco e cólon, que por sua vez diminuem perda de energia por calor (WEBB; POTTER; EVANS, 1987; SCOTT et al., 1993).

Além disso, os ácidos graxos linolênico (18:3, n-3) e linolêico (18:2, n-6), ambos ácidos graxos poliinsaturados, e são considerados ácidos graxos essenciais para mamíferos e pode se supor que sejam para cavalos também. Estes são componentes estruturais importantes das biomembranas e servem como precursores para prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos. O NRC (2007) recomenda 0,5% de MS de ácido linolêico, diariamente.

3.1 Ácidos graxos

As gorduras, chamadas também de lipídeos, são substâncias que são insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos tais como o éter e o clorofórmio (HALLEBEEK, 2002a). Uma característica fundamental dos ácidos graxos é a de possuírem uma função ácida de natureza carboxílica e hidrofílica e depois uma cadeia parafínica e hidrofóbica (CORREA; CORREA, 1985).

Os ácidos graxos podem ser classificados de acordo a cadeia em: **ácidos graxos de cadeia longa**, são os ácidos graxos com 16 a 20 átomos de carbono na molécula; **ácidos graxos de cadeia média**, quando possuem de 6 a 10 átomos de carbono e **ácido graxos de cadeia curta**, ou também chamados de ácidos graxos voláteis, variando de 2 a 5 átomos de carbono (CORREA; CORREA, 1985)..

Podem ser classificados também pela presença ou ausência de duplas ligações em: **ácidos graxos saturados**, quando estes não possuem duplas ligações; a esse grupo pertencem os ácidos esteáricos (18:0), ácido palmítico (16:0), entre outros. Os **ácidos graxos monoinsaturados**, possuem somente uma dupla ligação, como o ácido oléico (18:1). E **ácidos graxos poliinsaturados**, quando possuem duas ou mais duplas ligações, como o ácido linolêico (18:2) e o ácido linolênico (18:3).

E podem ser classificados em função da localização da primeira dupla ligação na cadeia, a contar do grupamento metil, os ácidos graxos classificam-se em **ômega-3, ômega-6 e ômega-9 (n-3, n-6 ou n-9)** e assim por diante. Os principais representantes da série ômega-6 são os ácidos linolêico (C18:2 n-6), abundante nos óleos vegetais, e o araquidônico (C20:4 n-6), usualmente sintetizado no fígado e em outros órgãos, tendo como precursor o ácido linolêico. (CORREA; CORREA, 1985). A tabela 1 apresenta a composição de ácidos graxos de algumas fontes lipídicas utilizadas na alimentação.

Tabela 1 - Composição de ácidos graxos presentes em algumas fontes lipídicas utilizadas em alimentação

Fontes de óleo	4 a 10:0	12:0	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	outros
Coco	14,9	48,5	17,6	8,4	-	2,5	6,5	1,5	-	0,1
Palma	-	0,3	1,1	45,1	0,1	4,7	38,8	9,4	-	0,5
Sebo bovino	0,1	0,1	3,3	25,5	3,4	21,6	38,7	2,2	0,6	4,6
Canola	-	-	-	3,9	-	1,9	64,1	18,7	9,2	2,2
Arroz	-	-	0,5	16,4	-	2,1	43,8	34	1,1	2,1
Miho	-	-		12,2	-	2,2	27,5	57	0,9	0,2
Algodão	-	-	0,9	24,7	-	2,3	17,6	53,3	0,3	0,9
Soja	-	-	0,1	11	-	4	23,4	53,2	7,8	0,5
Girassol	-	-	0,2	6,8	-	4,7	18,6	68,2	0,5	1,0

Fonte: Grundy (1996)

3.2 Digestão de lipídeos

Os lipídeos são muito bem tolerado pelos eqüinos que, à diferença dos ruminantes, podem suportar níveis mais altos de gordura na dieta. Como os lipídeos são absorvidos no intestino delgado, a ação hidrogenante da microflora (localizada no intestino grosso) não pode ser exercida sobre os ácidos graxos insaturados da dieta. Dessa forma, nos eqüinos, os lipídeos da dieta podem influir no tipo de gordura corporal do animal (FRAPE, 1986).

A maior parte dos lipídeos que entram na composição dos alimentos dos animais são triglicerídeos e são hidrolisados por diversas lípases do tubo digestivo, liberando ácidos graxos e glicerol. Em particular, para os eqüinos, não há presença de colesterol na dieta (CORREA; CORREA, 1985).

A primeira etapa da digestão das gorduras é a sua emulsificação e consiste no desdobramento dos glóbulos de gordura em partículas de tamanho menor, de modo que as enzimas digestíveis hidrossolúveis possam atuar sobre a superfície dos glóbulos, por intermédio da bile. A bile contém grandes quantidades de sais biliares e o fosfolipídio lecitina. As partes polares das moléculas de ácidos biliares e lecitina são altamente solúveis em água, enquanto a maior parte das porções restantes dessas moléculas é muito solúvel em gordura. Por conseguinte, as porções lipossolúveis dissolvem-se na camada superficial do glóbulo de gordura, enquanto as porções polares que se projetam para fora são solúveis nos líquidos circundantes. Os glóbulos de gordura se tornam rapidamente fragmentáveis por agitação no intestino delgado, aumentando a área de superfície total das gorduras (ARGENZIO, 1996).

A enzima mais importante para a digestão dos triglicerídeos é a lipase pancreática, existente no suco pancreático. A maior parte dos triglicerídeos da dieta é desdobrada por esta enzima em ácidos graxos livres e 2-monoglicerídeos (BEITZ, 1996).

Os sais biliares quando em concentrações suficientemente altas, tem propensão a formar micelas, que consistem em pequenos glóbulos cilíndricos e esféricos. Os núcleos esteróis de sais biliares da micela sofrem agregação formando um pequeno glóbulo de gordura no meio da micela. Durante a digestão dos triglicerídeos, as porções gordurosas (tão rapidamente quanto a formação dos

monoglicerídios e ácidos graxos livres) dissolvem-se na porção gordurosa central das micelas, reduzindo imediatamente a concentração desses produtos finais da digestão. As micelas então atuam como meio de transporte desses produtos até a borda-em-escova das células epiteliais intestinais, na borda em escova os monoglicerídios e os ácidos graxos livres sofrem difusão imediata através da membrana celular do enterócito para o interior da célula. Após liberar essas substâncias os sais biliares retornam ao quimo para serem repetidamente utilizados nesse processo de transporte (ARGENZIO, 1996).

Os ácidos graxos e monoglicerídios são reesterificados para triglicerídeos dentro do epitélio. Os triglicerídeos são então associados com colesterol, ésteres de colesterol, fosfolipídios e pequenas quantidades de proteína para formar quilomícrons (BEITZ, 1996).

As secreções biliares têm as funções de fornecer uma fonte de ácidos biliares que são necessários para a digestão e absorção de gorduras, fornecer uma rota de excreção para certos metabólitos e drogas e fornecer um tampão adicional para a neutralização de íons no duodeno. Os sais biliares são sintetizados no fígado a partir do colesterol sob a ação da enzima 7α -hidroxilase. A atividade da enzima é inversamente proporcional a quantidade de sais biliares presentes. Portanto, quando a concentração de sais biliares que perfunde o fígado cai, ocorre aumento da atividade da enzima (ARGENZIO, 1996).

3.3 Alterações na digestibilidade dos nutrientes

Estudos realizados para medir a influência das gorduras na digestibilidade aparente dos nutrientes, em cavalos, têm apresentado resultados contraditórios, principalmente quanto a digestibilidade da fibra. Vários pesquisadores relataram que a adição de gordura na dieta não afetou a digestibilidade aparente dos conteúdos da parede celular (RICH; FONTENOT; MEACHAM, 1981; MCCANN; MEACHAM; FONTENOT, 1987), fibra em detergente neutro (KANE; BAKER; BULL, 1979; RICH; FONTENOT; MEACHAM, 1981; DAVISON et al., 1987; MCCANN; MEACHAM; FONTENOT, 1987), ou fibra em detergente ácido (MCCANN; MEACHAM; FONTENOT, 1987).

Outros autores informaram um aumento na digestibilidade aparente na fração fibra em detergente neutro (WEBB; POTTER; EVANS, 1987; SCOTT et al., 1989; HUGHES et al., 1995; JULEN et al., 1995;) e fibra em detergente ácido (RICH; FONTENOT; MEACHAM, 1981), após a alimentação com dietas que tiveram gordura adicionada.

Contradizendo as afirmações acima, existem dados reportando que a administração de uma dieta rica em gorduras, reduziu a digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (RICH; FONTENOT; MEACHAM, 1981; WORTH; FONTENOT; MEACHAM, 1987; JANSEN 2001a, c,e).

Os microrganismos existentes no ceco e cólon dos eqüinos digerem as frações, celulose e hemicelulose, e através desse processo, são liberados na luz intestinal ácidos graxos voláteis que por sua vez provêem energia (HINTZ; HOGUE; WALKER, 1971). Baseados na semelhança de fermentação da fibra bruta no rumem de bovinos, Argenzio et al. (1974) sugeriram que o fornecimento de dieta com alto teor de gordura provocaria redução na utilização da fibra, no ceco e cólon, nos eqüinos.

Palmquist e Jenkins (1980) resumiram quatro teorias para explicar o efeito da dieta com gordura sobre a digestibilidade da fibra, em ruminantes: 1- a gordura forma uma camada física ao redor da fibra que impede o ataque microbiano; 2- modificações da população microbiana no rúmen por possíveis efeitos tóxicos da gordura para certos microorganismos; 3- Inibição da atividade microbiana pelo efeito

dos ácidos graxos nas membranas celulares, 4- redução da viabilidade de cálcio, devido a formação de complexos insolúveis de ácidos graxos com o cálcio, formando sabões.

Czerkawski e Clapperton (1984) relatam que o efeito dos ácidos graxos na fermentação microbiana da fibra é dose dependente, estimulando o crescimento microbiano em baixas concentrações e inibindo em altas concentrações. Esse fenômeno também marca a relação dose-resposta da ingestão de gordura sobre a digestibilidade da fibra.

As gorduras suplementares são bem utilizadas pelo equino. Conforme revisado a partir de vários autores, as gorduras e óleos adicionados a ração são de 76 a 94% digeríveis (LEWIS, 2000), com isso uma pequena porcentagem de gordura dietética não digerida no intestino delgado poderia chegar ao ceco e cólon. Segundo Jansen (2001d), não há absorção de gordura no ceco e cólon do cavalos. A quantidade de gordura que entra no intestino grosso, pode ser calculada com base na digestibilidade aparente do EE, porém, esta aproximação negligencia a presença de gordura endógena.

Em um experimento realizado por Jansen (2001a) os animais que receberam dieta suplementada com óleo apresentaram maior quantidade de gordura no ceco e cólon quando comparado a dieta controle (sem suplementação), isso pode ter inibido a atividade celulolítica da microflora cecal (PALMIQUIST; JENKINS, 1984) ocasionando diminuição da digestibilidade da fibra.

Em diversos trabalhos, os carboidratos não estruturais são substituídos por gordura, e devido a esse fato levantou-se a hipótese de que o efeito na diminuição da digestibilidade da fibra pode não ser devido somente ao aumento da quantidade de gordura que entra no ceco e cólon, mas ao efeito do amido que também diminui a digestibilidade da fibra. Embora a digestibilidade aparente do amido seja alta nos eqüinos, sua capacidade de digestão no intestino delgado é limitada (MEYER et al., 1993). Maiores quantidades de amido mal digeridas aumentam a fermentação de carboidratos no ceco, podendo diminuir a digestibilidade aparente da fibra devido alterações no pH e na fermentação microbiana cecal (RADICKE; KIENZLE; MEYER, 1991).

Entretanto, Jansen (2001e) trabalhando com três dietas isoenergéticas, com óleo de soja, amido de milho e glicose (devido ao fato de a glicose ser praticamente toda digerida e absorvida no intestino delgado), relatou menor digestibilidade

aparente da FB, FDN e FDA e celulose na dieta suplementada com gordura quando comparada com a de amido de milho e a com glicose, e observou nenhuma diferença entre dieta com amido e a com glicose, concluindo que a diminuição da digestibilidade da fibra foi devida a maior quantidade de gordura que entrou no ceco e cólon e não ao efeito do carboidrato.

Outra hipótese proposta por alguns pesquisadores seria que o aumento da gordura na dieta poderia afetar a quantidade e a composição da secreção hepática de bile. Alguns estudos têm mostrado o efeito inibitório do ácido cólico e deoxicólico para as bactérias aeróbias e anaeróbias em culturas de microorganismos ruminais (FLOCH et al., 1970, 1971, 1972).

Devido a pequena absorção de ácidos graxos no intestino grosso (ARGENZIO, 1996) a maior quantidade de gordura alimentar aumentaria a concentração de ácidos biliares nas fezes. Porém Jansen (2001d) relatou não haver aumento da excreção de ácidos biliares nas fezes da dieta suplementada com gordura, quando comparada a dieta controle (sem adição de óleo). Com essas informações o pesquisador discorda da idéia de que altas quantidades de gordura na dieta diminuem a digestibilidade da fibra pelo efeito inibitório dos ácidos cólico e deoxicólico.

Porém, para alguns pesquisadores o fato de haver muitos trabalhos com resultados conflitantes sobre a digestibilidade da fibra em dietas suplementadas com gordura se deve ao fato do tipo e grau de saturação. O efeito da adição dos ácidos graxos em culturas puras de microorganismos tem sido estudo por muitos autores (GALBRAIT et al., 1971; GALBRAIT; MILLER, 1973; HENDERSON, 1973; MACZULAK; DEHORITY; PALMQUIST, 1981) observaram que comparativamente menores concentrações de ácido linolêico (C18:2, n-6) inibiram o crescimento de bactérias gram positivas em cultura de microorganismos ruminais, visto que o óleo de soja é rico em ácido linolêico o aumento de sua ingestão pode ter aumentado a quantidade desse ácido graxo no intestino grosso, inibindo a fermentação da fibra nos eqüinos.

Além dos efeitos sobre a digestibilidade da fibra, dietas suplementadas com óleo de soja afetaram a digestibilidade aparente da proteína bruta. Uma maior quantidade de gordura no ceco pode diminuir o crescimento microbiano, ocasionando menor quantidade de proteína microbiana nas fezes, esse efeito poderia por si mesmo aumentar a digestibilidade aparente da PB.

Quanto ao extrato etéreo, pode-se dizer que sua digestibilidade varia grandemente de forragens para grãos (LEWIS, 2000). Médias estimadas da digestibilidade aparente do EE em cavalos e pôneis alimentados com forragem são de aproximadamente 42 a 49%, 55 a 79% para grãos, 88 a 94% para adição de gorduras e óleos quase inteiramente compostos de triglicerídeos (KRONFELD et al., 2004). Óleos vegetais apresentam maior digestibilidade quando comparado a gordura animal saturada (MEYER, 1995). A menor digestibilidade aparente do EE das forragens é usualmente atribuída à presença de ceras pigmentos e outros compostos indigeríveis (VAN SOEST, 1994).

A eliminação endógena fecal de lipídios predominantemente por síntese microbiana no intestino delgado alcança no cavalo 50-100 mg/Kg ao dia (MEYER, 1995).

3.4 Fisiologia do transporte de lipídico

O colesterol e os ésteres de colesterol, como os triacilgliceróis e fosfolipídios, são essencialmente insolúveis em água. Esses lipídeos precisam, entretanto, ser transportados do tecido de origem para os tecidos nos quais eles serão armazenados ou consumidos. Eles são transportados de um para outro tecido pelo plasma sanguíneo na forma de lipoproteínas plasmáticas, que são complexos moleculares de proteínas transportadoras específicas chamadas de apolipoproteínas com combinações variadas de fosfolipídios, colesterol, ésteres de colesterol e triacilgliceróis (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995).

A relação lipídeo/proteína, bem como os tipos de apoproteínas presentes caracteriza as diferentes classes de lipoproteínas. As classes de lipoproteínas são denominadas em função da densidade. Até o presente momento, foram caracterizadas cerca de dez apoproteínas sendo elas: A-1, A-II, A-4, B-48, B-100, C-I, C-II, C-III, D e E (STRYER, 1996). As apoproteínas apresentam funções específicas na fisiologia das lipoproteínas.

O colesterol e os triglicerídeos são encontrados no núcleo das lipoproteínas, cobertos por uma camada de fosfolipídeos, colesterol não esterificado e uma ou mais apoproteínas específicas. A maior parte do colesterol é transportada nas lipoproteínas na forma de ésteres de colesterol (CHAMPE; HARVEY, 1996).

Triacilgliceróis e colesterol são incorporados aos quilomícrons na mucosa intestinal. Algumas lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) são também secretadas pela mucosa intestinal. A apoproteína característica dessas partículas é a apo-B48.

O fígado e intestinos secretam a partícula chamada lipoproteína de alta densidade (HDL), que contém várias apoproteínas e baixo conteúdo lipídico e é distribuída através da circulação e da linfa (OLSON, 1998).

Após serem secretados na linfa, os quilomícrons interagem com HDL e assim adquirem as apoproteínas E e CII. A principal função de HDL é captar o colesterol livre, de membranas, esterificá-lo e transportá-lo de volta ao fígado (GARCIA; OLIVEIRA, 1992). A apoproteína CII ativa a lipase lipoprotéica na superfície luminal do endotélio vascular e é encontrada no tecido adiposo, músculo cardíaco e

esquelético, no diafragma, na glândula mamária lactente, no baço, no pulmão e na medula renal (GARCIA; OLIVEIRA, 1992).

Os triacilgliceróis dos quilomícrons são removidos rapidamente do plasma por tecidos extra-hepáticos por repetidas ações da lipase lipoprotéica e apenas numa limitada proporção pelo fígado. A Apo-CII em excesso no quilomícron remanescente retorna ao HDL, e o remanescente torna-se rico em apo-E, a qual ativa receptores específicos no fígado (MARINETTI, 1990a). As partículas remanescentes são captadas no fígado por endocitose e são depois hidrolisadas a ácidos graxos livres, colesterol e aminoácidos, pelos lisosomas.

Os lípides presentes no fígado vêm dos quilomícrons, da biossíntese através dos carboidratos da dieta e dos ácidos graxos mobilizados no tecido adiposo (DUPONT, 1990; GRUNDY, 1996; OLSON, 1998). Os produtos de hidrólise de HDL, quilomícron remanescente e lipoproteína de baixa densidade (LDL) são também disponíveis para secreção. Os lípides são secretados no fígado através da incorporação na lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL), em um processo análogo à formação dos quilomícrons no intestino. Entretanto a apoproteína mais importante é a Apo-B100 (GARCIA; OLIVEIRA, 1992).

Uma vez secretada, VLDL recebe Apo-CII e Apo-E de HDL e sofre a ação da lipase. Assim como acontece com os quilomícrons ela é progressivamente convertida em partículas mais densas. A partícula resultante de VLDL é a IDL, que é catabolisada em cerca de 50% no fígado após a ligação a receptores específicos, sendo o restante transformado em LDL no plasma após perda de Apo-E. A LDL é pobre em triacilgliceróis, como HDL, porém é rica em colesterol. O fígado e outros tecidos possuem receptores para Apo-B100. As partículas de LDL são endocitadas e hidrolisadas nos lisosomas (MARINETTI, 1990b). A LDL funciona como fonte de colesterol, visando a atender os requisitos dos tecidos extra-hepáticos, para síntese de membranas e hormônios esteróides (GRUNDY, 1996).

Watson et al. (1991) isolou e caracterizou as lipoproteínas plasmáticas do eqüino. Esses autores reportaram que HDL é responsável por 61% das lipoproteínas no eqüino, VLDL 24%, e LDL 15%. Mostraram também que não há diferenças significativas para valores de LP nas diferentes raças de eqüino.

Em eqüinos, a maior parte do colesterol plasmático está em HDL, ao contrário do homem onde a maior parte se encontra nas frações LDL e VLDL (WATSON, PACKARD; SHEPHERD, 1993).

Os ruminantes diferem dos outros animais com relação aos lipídeos absorvidos que se incorporam mais em VLDL que em quilomícrons, e este fato se deve a uma maior absorção de ácidos graxos saturados, os quais estimulam a síntese de VLDL mais que de quilomícrom e também a uma absorção contínua de ácidos graxos e não intermitente como ocorre com os não ruminantes (GRUMMER, 1993).

3.4.1 Aspectos básicos do metabolismo de colesterol

O colesterol é um componente necessário de todas as superfícies celulares e membranas intracelulares, é um constituinte da mielina de tecidos nervosos e é precursor de ácidos biliares e numerosos hormônios esteróides. Os animais que consomem apenas plantas e alimentos de origem vegetal devem sintetizar todo o colesterol em seu organismo (CORREA; \CORREA, 1985).

O principal local de síntese de colesterol é o fígado. Porém, quantidades apreciáveis são sintetizadas no intestino e na pele (DUPONT, 1990).

A célula pode obter colesterol através das lipoproteínas plasmáticas ou através da síntese endógena quando a quantidade de colesterol em LDL não é suficiente para a demanda intracelular (DUPONT, 1990).

Resumidamente, a síntese de colesterol segue as etapas a seguir: no citosol, três moléculas de acetil-CoA são convertidas a HMG-CoA (3-hidroxi-3-metil-glutaril-CoA), por ação da enzima HMG-CoA sintase. O próximo passo é o sítio chave de regulação da síntese de colesterol, que é a redução do HMG-coA a mevalonato, por ação da HMG-CoA redutase (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995)

Essa enzima pode ser modulada pela gordura dietética (GARG; THOMSON; CLANDININ, 1989). O mevalonato, com cinco carbonos é fosforilado, e unidades de cinco carbonos se unem para formar um intermediário de quinze carbonos, o farnesilpírofosfato (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995). Duas moléculas de farnesilpírofosfato se condensam e formam o esqualeno que é oxidado e ciclizado a lanosterol que já apresenta anel típico dos esteróides. Finalmente, nos mamíferos, o lanosterol é convertido em colesterol pela remoção de três grupos metil, redução de uma dupla ligação com a participação do NADPH, migração de uma dupla ligação e

uma série de outros rearranjos que compreende mais de vinte reações (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995).

Outro mecanismo importante no controle do conteúdo de colesterol é sua conversão em sais biliares, cuja etapa mais importante de regulação é o primeiro passo, catalisado pela enzima colesterol 7- α -hidroxilase (GARG; THOMSON; CLANDININ, 1989). Esta síntese de sais biliares ocasiona o catabolismo de 30-60% do colesterol em humanos (DUPONT, 1990) e cerca de 80-90% do colesterol em ratos (ALVAREZ-LEITE, 1995). No homem é importante a excreção de colesterol por via biliar. Cerca de 95% dos sais biliares são reabsorvidos pela circulação êntero-hepática, sendo que a perda diária é pouco significativa.

3.4.2 Os lipídeos da dieta e seus efeitos nos lipídeos do sangue e dos tecidos

Existe relação entre os níveis plasmáticos de colesterol, a quantidade e o tipo de gordura consumida (LOTTEMBERG, 1992; GRUNDY, 1996).

Para o ser humano uma regra geral foi sugerida na literatura no sentido de que os ácidos graxos saturados aumentam o colesterol circulante e os poliinsaturados o reduzem. Hoje em dia, a idéia que se tem é que, o ácido linoléico (C18:2 n-6) exerce um efeito redutor bastante moderado sobre o colesterol sérico, e que esta redução ocorre no colesterol total e em todas as frações, ou seja, reduz tanto colesterol em LDL quanto em HDL. Os mecanismos postulados seriam por redução da secreção de lipoproteína contendo Apo B e pelo aumento da atividade do receptor de LDL. A redução de HDL se dá por um mecanismo incerto que talvez seria pela redução da produção de Apo A-I (GRUNDY, 1996).

Outros supostos mecanismos de ação hipocolesterolêmica dos ácidos graxos poliinsaturados, demonstrado em seres humanos, baseados em evidências experimentais incluem: Inibição da síntese endógena de colesterol (por inibição de HMG-CoA redutase); Aumento da taxa de esterificação de colesterol (estímulo da enzima ACAT); Aumento da excreção de colesterol na bile e aumento da síntese de sais biliares, dentre outras (GARG; THOMSON; CLANDININ, 1989).

A principal ação dos ácidos graxos *ômega*-3 nos lípides séricos é reduzir os níveis de triacilgliceróis, reduzindo a incorporação destes triacilgliceróis em VLDL.

Os efeitos normalmente são menos importantes sobre a produção de LDL e HDL (GRUNDY, 1996).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais e as metodologias utilizados neste trabalho estão descritos nos itens que seguem.

4.1 Local e instalações

O experimento foi desenvolvido nas instalações da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga/SP.

Os animais permaneceram em baias de alvenaria, individuais, com área de 12m², piso de concreto e forradas com maravalha.

4.2 Delineamento experimental

O experimento foi delineado em Quadrado Latino 4X4, balanceado (quatro animais, quatro períodos e quatro tratamentos), demonstrados na tabela 2.

Tabela 2 - Croqui de campo para o delineamento em quadrado Latino 4X4, balanceado, para os tratamentos com 5%, 10%, 15% e 20% de inclusão de óleo no concentrado

		Animais			
		Veloz	Vivo	Virtual	Vico
Períodos	I	5%	10%	15%	20%
	II	10%	15%	20%	5%
	III	20%	5%	10%	15%
	IV	15%	20%	5%	10%

A duração de cada período foi de 11 dias, com 8 de adaptação à dieta e 3 para coleta total de fezes.

4.3 Animais

Foram utilizados quatro potros, filhos do mesmo garanhão, os quais apresentavam ao início do experimento idade entre 10 e 12 meses e peso médio de $270 \pm 9,80$ Kg, previamente imunizados contra tétano, vermifugados e pulverizados contra ectoparasitos.

Os animais não participaram de atividades físicas, apenas praticaram caminhadas no final de cada período após a coleta total de fezes para diminuir o efeito do confinamento.

4.4 Dieta e tratamentos experimentais

A dieta foi composta por 50% de feno da gramínea *Cynodon dactylon* (L.) pers .Var. “Coast cross”, e 50% concentrado experimental, diferindo somente pela porcentagem de inclusão de óleo de soja refinado, de acordo com os tratamentos. A composição bromatológica e o consumo diário dos alimentos estão demonstrados na tabela 3 e 4 respectivamente, além de sal mineralizado para eqüinos e água, *ad libitum*, seguindo as recomendações estabelecidas no NRC (1989), para eqüinos nesta categoria nutricional.

Tabela 3 - Composição de nutrientes das dietas, com base na matéria seca

Nutrientes (%)	Concentrado experimental	Feno de Coast cross	Óleo de Soja
Matéria seca	90,37	92,64	100
Extrato etéreo	4,66	1,43	99,9
Proteína bruta	14,02	13,85	--
Cálcio	1,9	0,29	--
Fósforo	0,61	0,2	--
Fibra detergente neutro	19,9	80,38	--
Fibra detergente ácido	12,37	38,98	--

Composição do concentrado experimental: Soja extrusada (25%); Rolão de milho (65%); Fubá de milho (10%); Núcleo (4 %); Sal comum (1 %)

A dieta foi fornecida duas vezes ao dia, com intervalos constantes às 7:00 e 19:00 horas, sendo a ração total e o suplemento de óleo dividido em partes iguais entre os dois horários. O concentrado foi fornecido ao mesmo tempo em que o volumoso, porém em cochos separados. O suplemento de óleo de soja foi despejado no concentrado, no momento do fornecimento da alimentação.

Os tratamentos consistiram na inclusão dos níveis de 5%, 10%, 15% ou 20% de óleo de soja refinado na fração concentrado da dieta, além da quantidade de EE presente no concentrado e no feno (tabela 3). Dessa forma, a porcentagem de EE, com base na matéria seca, para a dieta total é 5,9%, 8,33%, 10,64% e 12,84%, contendo 277,13g, 402g, 526,88g e 651,75g de EE, respectivamente (tabela 4).

Tabela 4 – Consumo diário dos ingredientes e nutrientes das dietas experimentais

Ingredientes (g/dia)	Dieta			
	5% de óleo	10% de óleo	15% de óleo	20% de óleo
Concentrado experimental	2500	2500	2500	2500
Óleo de soja	125	250	375	500
Feno de <i>Coast cross</i>	2500	2500	2500	2500
Total	5125	5250	5375	5500
Consumo de nutrientes				
Matéria seca	4700,25	4825,25	4950,25	5075,25
Extrato etéreo	277,13	402	526,88	651,75
Proteína bruta	696,75	696,75	696,75	696,75
Fibra em detergente neutro	2507	2507	2507	2507
Fibra em detergente ácido	1283,75	1283,75	1283,75	1283,75

4.5 Procedimento experimental e metodologia das coletas

No período de coleta total de fezes foi retirada a cama de serragem das baias. As fezes totais foram recolhidas em sacolas de coleta e a cada 24 horas acondicionadas em sacos plásticos, pesados, identificados por animal e congelados. Ao final das 72 horas de coleta, as amostras foram homogeneizadas e retirados 5% para análise bromatológica.

Os animais foram pesados no início do experimento e no final de cada um dos quatro períodos experimentais.

As amostras para triglicérides e colesterol foram coletas, após jejum prévio de 12 horas, no período de coleta total de fezes, através da punção da veia jugular, com agulhas. 40x12, em tubo seco tipo vaccuntainer e encaminhadas ao laboratório.

4.6 Procedimentos laboratoriais

As análises bromatológicas das amostras dos alimentos e fezes foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Universidade de São Paulo (VNP/USP) segundo os procedimentos descritos por Silva (1998).

Para avaliação das diferentes frações de lipoproteínas e albumina foi aplicado o método de Lowry (1977). As diferentes frações foram concentradas através do sistema de filtração pressurizada e analisadas com kits analíticos de colesterol (ANALISA¹) e triglicérides (ANALISA¹).

4.7 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS, 1995), considerando-se $P < 0,05$ como nível de significância.

Todos os dados apresentaram normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias.

O arranjo utilizado foi estruturado em níveis e analisado por regressão simples polinomial. Os contrastes incluíram efeitos linear, quadrático e o desvio da quadrática, sobre a digestibilidade dos nutrientes e concentração plasmática de colesterol, HDL-C, LDL-C, VLDL-C e triglicérides, de acordo com os níveis de inclusão de óleo de soja.

¹ Analisa Comércio e Indústria s/A.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os potros demonstraram ganho de peso em cada período do experimento, totalizando ganho de 23, 31, 25 e 26 kg, para os animais Veloz, Vivo, virtual e Vico, respectivamente, demonstrando que as dietas forneciam as exigências nutricionais para esta categoria, segundo NRC (1989).

5.1 Aceitabilidade

Segundo Lewis (2000), diversas fontes de gorduras podem ser oferecidas para os eqüinos, porém, elas diferem quanto a palatabilidade. Nos tratamentos propostos não houve efeito da inclusão de óleo de soja sobre a aceitabilidade da dieta, sendo que todo o concentrado fornecido foi consumido, dentro de aproximadamente uma hora, não havendo sobras. Não foi observada modificação na consistência das fezes ou distúrbios gastrintestinais, durante o período experimental.

Concordando com os dados deste experimento Holland, Kronfeld e Meachan (1996) determinaram que dietas com teores de 15 % de óleo vegetal são muito bem aceitas por eqüinos e Hambleton et al. (1990) acrescentaram gorduras na proporção de 20% na ração total e 30 % na mistura de grãos sem encontrar efeitos adversos, porém níveis mais altos diminuíram a aceitabilidade e causaram fezes mais pastosas.

Segundo (HALLEBEEK, 2002e) concentrados suplementados com óleo de soja, óleo de palma ou MCT (triglicerídeos de cadeia média), foram aceitos pelos cavalos, porém o tempo da alimentação dos animais que receberam a dieta suplementada (12%) foi maior quando comparando a dieta controle (3% de gordura), discordando dos dados observados no presente experimento, visto que não foi observada nenhuma diferença no tempo de ingestão para os diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.

5.2 Digestibilidade dos nutrientes

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente observados e o desvio padrão, dos nutrientes, para os tratamentos com 5%, 10%, 15% e 20% de inclusão de óleo de soja no concentrado, estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Médias e Desvio padrão (DP), do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB), extrato etéreo (CDAEE), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA), para os níveis de inclusão de 5, 10, 15 e 20% de óleo de soja no concentrado

	Níveis de óleo de soja				D.P.
	5%	10%	15%	20%	
CDAMS	61,61	65,45	60,9	59,18	3,54
CDAMO	63,65	67,31	63,82	61,02	3,48
CDAPB	67,47	68,17	65,47	63,73	3,35
CDAEE	86,67	87,97	89,5	89,56	2,38
CDAFDN	48,92	54,49	46,13	42,54	6,78
CDAFDA	40,29	49,7	38,99	35,5	8,37

Vale ressaltar que além da adição do suplemento de óleo de soja há extrato etéreo no concentrado e no feno, portanto a quantidade de EE total da dieta para os tratamentos com 5%, 10%, 15% e 20% é de 277,13g, 402g, 526,88g e 651,75g respectivamente (Tabela 3).

Os valores de coeficiente de digestibilidade aparente observados são semelhantes aos encontrados por Jansen (2001b,c).

As equações obtidas pela análise de regressão, os valores de probabilidade, r^2 e o ponto de inflexão da curva estão apresentadas na tabela 6.

5.2.1 Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e matéria orgânica.

Foi observada uma tendência para o efeito do tratamento ($P = 0,0808$) para a digestibilidade aparente da MS (Tabela 6). A equação apresenta resposta quadrática, na qual se observa aumento do coeficiente de digestibilidade até o nível de inclusão de 10,36% de óleo de soja e diminuição após este nível (Figura 1). Para esse ponto, também se observa o maior valor para a digestibilidade aparente esperado (64,3%).

O coeficiente de digestibilidade aparente da MO também apresentou efeito quadrático ($P = 0,0130$) de acordo com os diferentes níveis de inclusão de óleo de soja no concentrado (Tabela 6). De acordo com a equação observa-se aumento do CDAMO até nível de inclusão de 10,74% de óleo de soja e 66,73% de digestibilidade aparente (Figura 1).

Os resultados encontrados concordam com Jansen (2001b), o qual relatou diminuição do CDAMS em dietas suplementadas com 15% de óleo de soja na dieta total quando comparada a dieta sem suplementação com óleo, concordando com os dados deste experimento.

Porém, os dados discordam de Bush et al. (2001) os quais trabalhando com digestibilidade *in vitro* relataram não haver diferença significativa para a inclusão de óleo de milho sobre o CDAMS e CDAMO e de McCann et al. (1987), os quais relataram aumento no coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca em dietas com 15% de óleo de milho.

Figura 1 – Efeito quadrático dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado, para a digestibilidade aparente da matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) e seus respectivos pontos de máxima

5.2.2 Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta.

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta apresentou tendência ($P=0,0601$) a resposta linear decrescente (Tabela 6). A equação demonstra diminuição de 0,28% de digestibilidade para cada 1% de inclusão de óleo de soja no concentrado (Figura 2).

Segundo Jansen (2001b,c), uma maior quantidade de gordura que entra no ceco pode diminuir o crescimento microbiano e ocasionar menor saída de proteína microbiana nas fezes, fato que por si só poderia aumentar a digestibilidade aparente da proteína bruta. Apesar dos dados deste experimento concordarem com o fato de que uma quantidade maior de gordura presente no ceco prejudica a digestibilidade da fibra por inibição da atividade microbiana cecal, observa-se diminuição da DPB e não o seu aumento. Meyer, Flothow e Radicke (1997), trabalhando com cavalos com fistula na porção distal do íleo, observaram diminuição da digestibilidade da PB no intestino delgado devido a inclusão de gordura a dieta, porém, os mecanismos ainda não estão esclarecidos.

Jansen (2001b,c) apresentou resultados semelhantes ao deste experimento, observando menor digestibilidade da proteína nas dietas suplementadas com gordura quando comparada com a dieta controle (sem inclusão de gordura).

Entretanto, Rich, Fontenot e Meacham (1981), Webb, Potter e Evans, (1987) e Bush et al. (2001) relataram não haver efeito significativo para digestibilidade da proteína bruta em dietas suplementadas com gordura quando comparadas a dietas não suplementadas, discordando com os dados deste experimento.

Figura 2 – Efeito linear dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado sobre a digestibilidade da proteína bruta (%)

5.2.3 Coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo

Não foi demonstrado efeito de tratamento para o CDAEE ($P=0,1391$), entretanto, numericamente observa-se médias crescentes de acordo com o aumento dos níveis de inclusão de óleo de soja, figura 3.

A DEE dos grãos e das forragens é menor quando comparado a dos óleos e gorduras (BOWMAN et al., 1977), conseqüentemente a adição de um componente mais digerível (5%, 10%, 15% e 20% de inclusão de óleo de soja) pode ter elevado os valores da digestibilidade aparente do extrato etéreo da dieta.

Meyers et al. (1987) compararam dieta sem adição de gordura (6,64% de EE com base na MS) com dietas acrescidas de gordura animal (11,68% e 17% de EE com base na MS), não observaram diferença significativa para a digestibilidade do EE, concordando com os dados deste experimento. Também concordando com os dados deste experimento, Webb, Potter e Evans (1987), compararam dieta sem adição de gordura (5% de EE com base na MS) com dieta suplementada com óleo vegetal (8,39% de EE com base na MS), apresentou valores para DEE de 82,5 e 82,6% DEE, respectivamente, não demonstrando diferença estatística.

Os dados encontrados por Kane, Baker e Bull (1979); McCann, Meacham e Fontenot (1987); Scott et al. (1989); Hughes et al. (1995); Julen et al., (1995); e Bush et al., (2001), apresentaram aumento significativo para digestibilidade do extrato etéreo ao adicionar óleos a dieta, discordando com os dados deste experimento.

Figura 3 – Médias e desvio padrão do coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CDAEE), observados para os níveis de 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja no concentrado

5.2.4 Coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido

Os coeficientes de digestibilidade aparente de FDN e FDA apresentaram resposta quadrática ($P = 0,0396$ e $P = 0,0353$, respectivamente), demonstradas na tabela 6. De acordo com as equações obtidas pode-se concluir que o maior valor de CDAFDN (ponto de inflexão da curva) foi de 51,71% e para CDAFDA de 45,64%, para os níveis esperados de 10,36 e 10,74%, respectivamente, havendo diminuição da digestibilidade após estes níveis (Figura 4).

Figura 4 – Efeito quadrático dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado, na digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (CDAFDN) e fibra em detergente ácido (CDAFDA) e seus respectivos pontos de máxima

As gorduras suplementadas a dieta são bem digeridas pelos eqüinos e são primordialmente degradadas e absorvidas no intestino delgado, porém, uma porcentagem do extrato etéreo pode escapar desse processo e alcançar o ceco e cólon. Os dados observados neste experimento apresentam pequena variação, não significativa, do CDAEE, conseqüentemente um aumento da inclusão de óleo de soja na dieta pode acarretar em maior quantidade de gordura não digerida que chega ao intestino grosso dos animais, fato que provavelmente afetou a digestibilidade da fibra.

De acordo com Czerkawski e Clapperton (1984) o efeito da gordura na fermentação microbiana da fibra é dose dependente, estimulando o crescimento em baixas concentrações e inibindo em altas, fenômeno que pode explicar os dados encontrados neste experimento e possivelmente explicaria alguns dos resultados conflitantes sobre a influência da gordura na digestibilidade da fibra. A presença de gordura no ceco pode inibir a atividade celulolítica da microflora cecal, por mecanismos semelhantes aos que ocorrem no rúmen de bovinos, no qual há diminuição do atracamento das bactérias celulolíticas à parede celular da fibra e também toxicidade à microflora (PALMQUIST; JENKINS, 1980), prejudicando a utilização da fibra e conseqüentemente, diminuindo o coeficiente de digestibilidade aparente de FDN e FDA.

Julen et al., (1995) e Webb, Potter e Evans (1987) comparando dietas para eqüinos com inclusão de 10% de sebo bovino com dietas sem inclusão de gordura observaram aumento do coeficiente de digestibilidade da FDN, da mesma forma que os dados deste experimento, onde ocorreu aumento do CDAFDN até o nível de 9,5%. No entanto esses autores utilizaram gordura animal e, segundo Galbraith et al. (1971) os ácidos graxos saturados são menos potentes em inibir o crescimento microbiano quando comparados aos poliinsaturados.

Jansen (2001 b), comparando duas dietas isoenergéticas e isoproteicas, sendo uma controle, sem adição de óleo, e outra suplementada, com adição de 15% de óleo de soja, observou menor digestibilidade no grupo suplementado (FDN 54,6%, FDA 42,2%) comparado ao controle (FDN 60,8%, FDA 50,5%), concordando com os dados deste experimento. Os autores justificam esse fato possivelmente pela presença de gordura que alcançou o ceco, porém não descartam a possibilidade da alta ingestão de gordura diminuir a digestão pré-cecal de amido o que levaria a

aumento da fermentação no ceco, alterando o pH e prejudicando a utilização da fibra.

Em outro experimento, Jansen (2001c), substituindo o amido por glicose no concentrado, testou a inclusão de óleo de soja, e verificou diminuição da digestibilidade de FDN e FDA para o grupo com adição de óleo, concordando com os resultados de seu estudo prévio, porém, não foi observada influencia do amido no pH cecal, mas houve diminuição da digestibilidade do FDN e FDA, concluindo haver efeito tóxico da gordura para os microorganismos celulolíticos. Entretanto, Bush et al. (2001); Kane et al. (1979); McCann, Meacham e Fontenot (1987) e Rammerstorfer et al. (1998), não verificaram alteração significativa na digestibilidade da fibra, influenciada por adição extra de óleo, discordando com os dados deste experimento.

5.3 Lipídeos plasmáticos

As médias e desvio padrão dos valores plasmáticos de colesterol, HDL, LDL, VLDL e triglicérides, para os diferentes tratamentos (5%, 10%, 15% e 20%), estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Médias e desvio padrão (DP), dos valores plasmáticos de colesterol, frações de colesterol nas lipoproteínas de densidade alta (HDL-C), densidade baixa (LDL-C) e densidade muito baixa (VLDL-C) e triglicérides, para os níveis de 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja no concentrado

	Níveis de óleo de soja				D.P.
	5%	10%	15%	20%	
COL	96,5	91,75	89,75	86,25	6,71
HDL-C	71,75	69,5	70	68,75	8,87
LDL-C	23,35	21	17,95	14,7	7,61
VLDL-C	1,4	1,25	1,8	2,8	1,9
TRG	12	11,25	14	16,5	5,67

As equações, valores de probabilidade e r^2 encontradas pela análise de regressão, estão demonstradas na tabela 8.

Tabela 8 – Valor de probabilidade, r^2 e equação, dos valores plasmáticos de colesterol, frações de colesterol nas lipoproteínas HDL-C, LDL-C e VLDL-C e triglicérides, para os níveis de 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja no concentrado

	Probabilidade			Equação	r^2
	Linear	Quadrática	Desv. Quad		
COL	0,0012*	0,6387	0,4808	99,25 – 0,65 X	0,3178
HDL-C	0,1742	0,6992	0,4457		
LDL-C	0,0177*	0,8297	0,9573	26,50 – 0,58 X	0,1939
VLDL-C	0,0577**	0,2518	0,9059	0,62 + 0,95 X	0,0831
TRG	0,1228	0,4528	0,6931		

* valores significativos ($p < 0,05$)

** valores que apresentaram tendência ($0,05 < p < 0,1$)

5.3.1 Colesterol total e suas frações em HDL, LDL e VLDL.

O colesterol total e suas frações nas lipoproteínas estão ilustrados na figura 5, segundo Watson, Packard e Sheperd (1993), aproximadamente 70% do colesterol total se encontra em HDL-C, concordando com os dados observados neste experimento.

Foi observada regressão linear ($P = 0,0012$) para a concentração de colesterol plasmático para os diferentes níveis de inclusão de óleo de soja (Figura 6). A equação demonstra que ao aumentar 1% na inclusão de óleo de soja no concentrado diminui em 0,65 mg/dL a concentração de colesterol plasmático. Apesar do efeito hipocolesterolêmico observado, os valores se encontram dentro dos limites fisiológicos considerados normais para a espécie. Segundo Bruss (1980) para a espécie eqüina os valores de colesterol total variam dentro da normalidade de 75 a 150 mg/dL.

Figura 5 – Médias e desvio padrão das concentrações plasmáticas de colesterol total e suas frações, HDL-C, LDL-C e VLDL-C (mg/dL), observados para os níveis 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja

Figura 6 – Efeito linear dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado, na concentração plasmática do colesterol (mg/dL)

São limitados os estudos sobre a influência da gordura dietética sobre o metabolismo lipídico em cavalos. É bem conhecido que em seres humanos a troca da dieta rica em ácidos graxos saturados por ácidos graxos mono ou poliinsaturados tem um efeito de diminuir o colesterol (HALLEBEEK, 2002b,c). Segundo Grundy (1996) o óleo de soja é rico em ácidos graxos poliinsaturados, contendo 53,2% de *ômega*-6, em sua composição, conseqüentemente, neste experimento, os animais receberam dieta rica em ácidos graxos poliinsaturados, o qual sabidamente exerce papel redutor do colesterol em diversas espécies.

O mecanismo de ação hipocolesterolêmico dos ácidos graxos poliinsaturados ainda é obscuro, porém em humanos os supostos mecanismos de ação incluem: Inibição da síntese endógena de colesterol (por inibição de HMG-CoA redutase, enzima chave na síntese de colesterol); Aumento da taxa de esterificação de colesterol (estimulo de ACAT), aumento da excreção de colesterol na bile e aumento da síntese de sais biliares, dentre outras. (GARG; THOMSOM; CLANDININ, 1989), embora Jansen (2001c,e) tenha demonstrado não haver aumento de componentes da bile nas fezes em eqüinos alimentados com dieta suplementada com gordura. Os mecanismos mencionados poderiam justificar a diminuição nas concentrações plasmáticas de colesterol observadas nesse experimento.

As médias de HDL-C (Tabela 7) são mais altas do que as reportadas por Yamamoto, Tanaka e Sugano (1979), os quais relataram as concentrações variando de 52,20 a 62,26 mg/dL e Watson, Packard e Sheperd (1993) variando de 44,8 a 58,78 mg/dL. Esses autores relataram valores fisiológicos para eqüinos sem suplementação de gordura dietética. Não foi observado efeito de tratamento para as concentrações de HDL-C (Tabela 8).

As médias observadas para LDL-C se apresentaram abaixo dos valores reportados por Yamamoto, Tanaka e Sugano (1979) os quais demonstraram valores de LDL-C variando entre 24,36 e 38,87 mg/dL e próximos dos valores descritos por Watson, Packard e Sheperd (1993), com valores entre 15,47 e 31,71 mg/dL.

Observou-se efeito linear ($P = 0,0177$) para a concentração plasmática de LDL-C (Tabela 8). A equação demonstra diminuição de 0,58 mg/dL de LDL-C ao aumentar 1% a inclusão de óleo de soja no concentrado. A figura 7 apresenta o efeito linear observado.

Figura 7 – Efeito linear dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado sobre a concentração plasmática do LDL-C (mg/dL)

A LDL funciona como fonte de colesterol, visando atender os requisitos dos tecidos extra-hepáticos, para síntese de membranas e hormônios esteroidais (GRUNDY,1996). A captação das partículas de LDL pelos diversos tecidos, através da interação com receptores específicos é finamente regulada e exerce um papel central na regulação dos níveis plasmáticos de colesterol, quando há diminuição do colesterol intracelular ocorre aumento da síntese de receptores e conseqüentemente aumento da captação desta lipoproteína do plasma, fato que poderia explicar a diminuição no LDL-C observada neste experimento, visto que houve diminuição significativa nos níveis de colesterol plasmático.

Os dados do presente experimento concordam com os de Frank et al. (2005) os quais observaram em dietas suplementadas com óleo bruto de arroz para éguas, diminuição do colesterol total e do LDL-C, após 5 semanas de adaptação. Os autores justificam essa diminuição devido a ação hipocolesterolêmica dos ácidos graxos poliinsaturados associado a presença de grande quantidade de γ -orizanol entre outros componentes. O efeito do óleo de bruto de arroz em diminuir a concentração plasmática de colesterol total e LDL-C também foi demonstrado em ratos (RUKMINI E RAGHURAM, 1991; SUNITHA; MANORAMA; RUKMINI, 1997) e em humanos (WILSON et al., 2000).

A concentração de VLDL-C, apresentou tendência ($P = 0,057$) para uma equação linear crescente, na qual observa-se aumento da concentração de VLDL-C ao aumentar a porcentagem de inclusão de óleo de soja. De acordo com a equação, ao aumentar 1% na inclusão de óleo de soja no concentrado, há aumento de 0,95 mg/dL na concentração plasmática de VLDL-C (Figura 8).

Yamamoto, Tanaka e Sugano (1979) relataram médias de VLDL-C entre 0,77 a 3,09 mg/dL, concordando com os dados deste experimento, porém os valores se apresentam abaixo dos valores de 0,77 a 3,09 mg/dL reportados por Watson, Packard e Sheperd (1993).

Figura 8 – Efeito linear dos níveis de inclusão de óleo de soja (5, 10, 15 e 20%) no concentrado sobre a concentração plasmática do VLDL-C (mg/dL)

Harris et al. (1999), relataram aumento significativo nos níveis de colesterol plasmático quando os cavalos foram alimentados com 15% de óleo de vegetal, discordando com os dados deste experimento, porém o aumento nas concentrações séricas de colesterol pode ser devida ao fato da fonte utilizada (óleo de coco) ser rica em ácidos graxos saturados, e desta forma ocorrer hipercolesterolemia.

Os dados observados discordam com Geelen (2001b) os quais trabalhando com níveis crescentes de óleo de soja na dieta observou correlação significativa ao aumentar os níveis de óleo na dieta observou aumento de colesterol e HDL -C. A autora justifica o aumento do HDL-C devido ao fato da dieta suplementada com gordura aumentar a atividade da LPL e desta forma ocorrer maior retirada de triglicerídeos nas VLDL a qual transfere seu material de superfície incluindo o colesterol para a HDL, acarretando em aumento da fração de colesterol nesta lipoproteína.

Trabalhos realizados por Hambleton et al. (1990) e McCann, Meacham e Fontenot (1987) afirmam que a adição de lipídios na dieta dos eqüídeos não tiveram nenhum efeito sobre os níveis de colesterol plasmático, discordando com os dados deste experimento.

Marchello et al. (2000), trabalhando com dietas suplementadas com 20% de óleo de milho comparando com o controle observou as concentrações de VLDL, HDL e ALB mais elevados no tratamento com suplementação de óleo.

5.3.2 Triglicerídeos

Os valores séricos de triglicérides se apresentaram dentro dos padrões fisiológicos normais. Segundo Bruss (1980) para a espécie eqüina os valores de triglicerídeos variam dentro da normalidade de 4 a 44 mg/dL .

Não foi observado efeito de tratamento para os valores séricos de triglicérides ($P = 0,1228$), entretanto pode-se observar um ligeiro aumento em sua concentração de acordo com o aumento dos níveis de inclusão de óleo no concentrado (Figura 9).

Figura 9 – Médias e desvio padrão das concentrações plasmáticas de triglicerídeos (mg/dL), observados para os níveis 5, 10, 15 e 20% de inclusão de óleo de soja

A atividade exibida pelo animal, em descanso ou repouso, e pelo seu estado nutritivo, em jejum ou alimentado, determina se a LPL endotelial é mais ativa no tecido adiposo ou no músculo (GEELLEN, 2001c). Em repouso, a taxa de entrada de triglicerídeos no plasma deve ser igual a saída. Quando assumimos que a saída é determinada pela atividade da LPL, quando aumenta a ingestão de gordura aumenta a saída de triglicerídeos então deve ocorrer a maior entrada deste no plasma (HALLEBEEK, 2002a,d). Esse fato poderia explicar a concentração constante de triglicerídeos no plasma ao aumentar a quantidade de gordura dietética neste experimento. Como neste trabalho, os animais não praticaram treinamento ou atividades físicas isto pode ter contribuído para a manutenção constante desse lipídeo, não demonstrando alteração significativa.

Orme et al (1997) comparando dietas suplementadas com óleo (controle ee = 2,8% e suplementada óleo 9,5%) relatou diminuição significativa nos níveis de triglicerídeos plasmáticos, discordando com os dados deste experimento.

Hallebeek (2002b) demonstraram que em cavalos não houve diminuição nas concentrações séricas de triglicerídeos em dietas suplementadas com ácidos graxos poliinsaturados, na forma de óleo de soja, quando comparados aos ácidos graxos saturados no óleo de palma. Harris et al. (1999) reportaram aumento significativo nos níveis de triglicerídeos quando os cavalos foram alimentados com 15% de óleo de coco comparado ao óleo de soja, porém esses autores compararam óleos ricos em ácido graxos saturados *versus* ácidos graxos poliinsaturados.

6 CONCLUSÃO

Nas condições em que este experimento foi realizado é possível concluir que a inclusão de níveis de óleo de soja no concentrado não afetou aceitabilidade, afetou a digestibilidade da dieta, principalmente na fração parede celular e diminuiu a concentração plasmática de colesterol total e da fração do colesterol em LDL.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ-LEITE, J. L. Lipoproteínas e transporte de lipídios no organismo. In: _____. **Química fisiológica**. 2.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1995. p. 17-31.

ARGENZIO, R. A. Digestão e absorção dos carboidratos, gorduras e proteínas. In: SWENSON, M. J. (Ed.). **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1996. p. 331-351.

ARGENZIO, R. A.; LOWE, J. E.; PICKARD, D. W.; STEVENS, C. E. Digesta passage and water exchange in the equine large intestine. **American Journal of Physiology**, v. 226, n. 5, p.1035-1042, 1974.

BEITZ, D.C. Metabolismo Lipídico. In: Swenson, M. J. (Ed.). **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 11 ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1996. p.412-429.

BOWMAN, V. A.; FONTENOT, J. P.; WEBB JR., K. E. Digestion of fat by equine. In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 5., 1977, Missouri. **Proceedings....**, 1977. p. 40.

BRUSS, M. L. Lipids and ketones. In: KANEKO, J. J. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals**. New York : Academic Press, 1980. p. 83-905.

BUSH, J. A.; FREEMAN, D. E.; KLINE, K. H.; MERCHEN , N. R.; FAHEY JR, G. C. Dietary fat supplementation effects on in vitro nutrient disappearance and in vivo nutrient intake and total tract digestibility by horses. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 1, p 232-239, 2001.

CHAMPE, P. G.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 446 p.

CORREA, A. A .D.; CORREA, J. H. R. **Bioquímica animal**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Guibenkian, 1985. 1249 p.

CZERKAWSKI, J. W.; CLAPPERTON, J. L. Fats as energy -yielding compounds in the ruminant diet. In: WISEMAN J. (Ed.). **Fats in Animal Nutrition**. London: Butterworths, 1984. p. 249 – 264.

DAVISON, K. E.; POTTER, G. D.; GREENE, L. W.; EVANS, J. W.; MCMULLIN, W. C. Lactation and reproductive performance of mares fed added dietary fat during late gestation. In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 10., 1987, Fort Collins. **Proceedings....**, 1987. p. 87.

DUPONT, J. Lipids. In: BROWN, M.L. (Ed.). **Present Knowledge in Nutrition**. 6 ed. Washington: ILSI, 1990. p. 56-66.

FLOCH, M. H.; BINDER, H. J.; FILBURN, B.; GERSHENGOREN, W. The effect of bile acids on intestinal microflora. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 25, n. 12, p. 1418–1426, 1972.

FLOCH, M. H.; GERSHENGOREN, W.; DIAMOND, S.; HERSCH, T. Cholic acid inhibition of intestinal bacteria. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 23, n.1, p. 8–10, 1970.

FLOCH, M. H.; GERSHENGOREN, W.; ELLIOTT, S. SPIRO, H. M. Bile acid inhibition of the intestinal microflora function for simple bile acids? **Gastroenterology**, v. 61, n. 2, p. 228–233, 1971.

FRANK, N.; ANDREWS F. M.; ELLIOTT S. B.; LEW J.; BOSTON, R. C. Effects of rice bran oil on plasma lipid concentrations, lipoprotein composition, and glucose dynamics in mares¹ **Journal of Animal Science**, v. 83, n.11, p. 2509–2518, 2005.

FRAPE, D. Ingredients of horse feeding. In: _____ **Equine nutrition and feeds**. Essex: Longman Scientific e Technical, 1986, p 64-99.

GALBRAITH, H.; MILLER, T. B. Effect of long-chain fatty acids on bacterial respiration and amino acid uptake. **The Journal of Applied Bacteriology**, v. 36, n. 4, p. 659–675, 1973.

GALBRAITH, H.; MILLER, T. B.; PATON, A. M.; THOMPSON, J. K. Antibacterial activity of long chain fatty acids and the reversal with calcium, magnesium, ergocalciferol and cholesterol. **The Journal of Applied Bacteriology**, v. 34, n. 4, p. 803–813, 1971.

GARCIA, R. C.; OLIVEIRA, H. C. F. Fisiologia das lipoproteínas. In: QUINTÃO, E. (Ed.). **Colesterol e aterosclerose**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992. p.1-30.

GARG, M. L.; THOMSON, A. B. R.; CLANDININ, M. T. Effect of dietary fish oil on tissue lipid metabolism. In: CHANDRA, R. K. (Ed.). **Health effects of fish and fish oils**. St. John's: ARTS biomedical publishers and distributors limited, 1989. p. 53-79.

GEELEN, S. N. J. Dietary fat supplementation and equine plasma lipid metabolism. In: _____. **High fat intake and equine lipid metabolism**. 2001. 114 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2001a. p. 17-30.

GEELEN, S. N. J. Fat feeding raises equine post-heparin lipoprotein lipase activity in a dose dependent fashion. In: _____. **High fat intake and equine lipid metabolism**. 2001. 114 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2001b. p. 31-40.

GEELEN, S. N. J. High fat intake lowers hepatic fatty acid synthesis and raises fatty acid oxidation in aerobic muscle in Shetland ponies. In: _____. **High fat intake and equine lipid metabolism**. 2001. 114 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2001c. p. 53-68.

GEELEN, S. N. J. Lipid metabolism in equines fed a fat-rich diet. In: _____. **High fat intake and equine lipid metabolism**. 2001. 114 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2001d. p. 41-52.

GRUMMER, R. R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3882-3893, 1993.

GRUNDY, S. M. Dietary fat. In: ZIEGLER, E. E.; FILER JR., L. J. (Ed.). **Present knowlegde in nutrition**. 7 ed. Washington: ILSI, 1996. p. 44-57.

HALLEBEEK, J. M. Dietary fats and lipid metabolism in relation to equine health, performance and disease. In: _____. **Dietary control of equine plasma triacylglycerols**. 2002. 140 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2002a. p. 14-34.

HALLEBEEK, J. M. Effect of dietary medium chain triacylglycerols on plasma triacylglycerol levels in horses. In: _____. **Dietary control of equine plasma triacylglycerols**. 2002. 140 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2002b. p. 48-64.

HALLEBEEK, J. M. Production and clearance of plasma triacylglycerols in ponies fed diets containing either medium chain triacylglycerols or soybean oil. In:_____.

Dietary control of equine plasma triacylglycerols. 2002. 140 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2002c. p. 80-90.

HALLEBEEK, J. M. The concentration of plasma triacylglycerols in horses fed medium chain triacylglycerols or an isoenergetic amount of starch or cellulose.

In:_____. **Dietary control of equine plasma triacylglycerols.** 2002. 140 f.

Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2002d. p. 64-79.

HALLEBEEK, J. M. The plasma level of triacylglycerols in horses fed high-fat diets containing either soybean oil or palm oil. In:_____.

Dietary control of equine plasma triacylglycerols. 2002. 140 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2002e. p. 91-104.

HAMBLETON, P. L.; SLADER, L. D.; 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, 1990.

HARRIS, P. A.; PAGAN, J. D.; CRANDELL, G.; DAVIDSON, N. Effect of feeding thoroughbred horses a high unsaturated or saturated vegetable oil supplemented diet for 6 months following a 10 month fat acclimation. **Equine Veterinary Journal. Supplement**, v. 30, n. 4 , p. 468-474, 1999.

HENDERSON, C. The effect of fatty acids on pure cultures of rumen bacteria.

Journal of Agriculture Science, v. 81, p. 107–112, 1973.

HINTZ, H. F.; HOGUE, D. E.; WALKER, E. F. Apparent digestion in various segments of the digestive tracts of ponies, fed diets with varying roughage ration.

Journal Animal Science, v. 32, n. 2, p. 245-48, 1971.

HOLLAND, J. L.; KRONFELD, D. S.; MEACHAN, T. N. Behavior of horses is affected by soy lecithin and corn oil in the diet. **Journal of Animal Science**, v. 74,n .p 1252-1255, 1996.

HUGHES, S. J.; POTTER, G. D.; GREENE, L. W.; ODOM, T. W.; Murray-Gerzik, M. Adaptation of Thoroughbred horses in training to a fat supplement diet. **Equine Veterinary Journal. Supplement**, v. 18, p. 349-352, 1995.

JANSEN, W. L. Dietary soybean oil versus an iso-energetic amount of either cornstarch or glucose depresses apparent digestibility of fibre in trotters. In:_____. **Fat intake and apparent digestibility of fibre in horses and ponies.** 2001. 113 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2001a. p. 22-32.

JANSEN, W. L. High fat intake lowers hepatic fatty acid synthesis and raises fatty acid oxidation in aerobic muscle in Shetland ponies.. In:_____. **Fat intake and apparent digestibility of fibre in horses and ponies.** 2001. 113 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2001b. p. 53-68.

JANSEN, W. L. Soybean oil consumption lowers the digestibility of fibre in trotters in a dose-dependent fashion. In:_____. **Fat intake and apparent digestibility of fibre in horses and ponies.** 2001. 113 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2001c. p. 69-76.

JANSEN, W. L. Studies on the mechanism by which high intake of soybean oil depresses the apparent digestibility of fibre in horses. In:_____. **Fat intake and apparent digestibility of fibre in horses and ponies.** 2001. 113 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2001d. p. 33-52.

JANSEN, W. L. The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fibre in trotting horses. In:_____. **Fat intake and apparent digestibility of fibre in horses and ponies.** 2001. 113 f. Dissertação (Doutorado em Nutrição Animal) - Universiteit Utrecht, Utrecht, 2001e. p. 9-21.

JULEN, T. R.; POTTER, G. D.; GREENE, L. W.; STOTT, G. G. Adaptation to a fat-supplemented diet by cutting horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 15, n. 10, p. 436-440, 1995.

KANE, E.; BAKER, J. P.; BULL, L. S. Utilization of a corn oil supplemented diet by pony. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 5, p.1379-1384, 1979.

KRONFELD, D. S.; HOLLAND, J. L.; RICH, G. A.; MEACHAM T. N.; FONTENOT, J. P.; SKLAN, D. J.; HARRIS, P. A. Fat digestibility in *Equus caballus* follows a first-order kinetics. **Journal of animal science** v. 82, n. 6, p. 1773-1780, 2004.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica.** 2.ed. São Paulo: Sarvier Editora de Livros Médicos, 1980. 839 p.

LEWIS, L. D. **Nutrição clínica eqüina: alimentação e cuidados**. 2.ed. São Paulo: Roca, 2000. 710 p.

LOTTEMBERG, A. M. P. Dieta na hipercolesterolemia. In: QUINTÃO, E. (Ed.). **Colesterol na Aterogênese**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992. p. 177-193.

LOWRY, G. F. Special unit and medical school laboratory technicians in New Zealand. A follow-up review and survey of training and qualifications 1970-1975. **New Zealand Medicine Journal**, v. 12, n. 5, p.579, 1977.

MACZULAK, A. E.; DEHORITY, B. A.; PALMQUIST, D. L. Effects of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 42, n. 5, p. 856–862, 1981.

MARCHELLO, E. V.; SCHURG, W. A.; MARCHELLO, J. A.; CUNEO, S. P. Changes in lipoprotein composition in horses fed a fat-supplemented diet. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.20, n. 7 p. 453-458, 2000.

MARINETTI, G. V. Cholesterol, Lipoproteins, and Atherosclerosis. In: MARINETTI, G.V. (Ed.). **Disorders of lipid metabolism**. New York: Plenum Press, 1990b. p. 121-134.

MARINETTI, G. V. Disorders of lipoprotein metabolism: Dislipoproteinemias. In: MARINETTI, G. V. (Ed.). **Disorders of lipid metabolism**. New York: Plenum Press, 1990a. p. 75-120.

MCCANN, J. S.; MEACHAM, T. N.; FONTENOT, J. P. Energy utilization and blood traits of ponies fed fat-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v. 65, n. 4, p.1019-1026, 1987.

MEYER, H. S. **Alimentação de cavalos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995. 303 p.

MEYER, H. S; FLOTHOW, C.; RADICKE, S. Preileal digestibility of coconut fat and soybean oil in horses and their influence on metabolites of microbial origin of the proximal digestive. **Archives of Animal Nutrition**, v. 50, n.1, p. 63–74, 1997

MEYER, H. S.; RADICKE, E.; KIENZLE, S.; WILKE, S.; KLEFFKEN, D. Investigations on preileal digestion of oats, corn, barley starch in relation to grain processing. In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 13., 1993, Gainesville. **Proceedings....**, 1993. p. 92.

MEYERS, M. C.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W.; GREEN, L. W. ; CROUSE, S. F. Physiologic and metabolic response of exercising horses to added dietary fat. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 9, n. 4, p. 218-223, 1989.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of horses**. 5.ed. rev. Washington, D.C : National Academy Press, 1989. 100 p.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of horses**. 6.ed. rev. Washington, D.C : National Academy Press, 2007. 341 p.

OLSON, R. E. Discovery of the lipoproteins, their role in fat transport and their significance as risk factors. **Journal of Nutrition**, v. 128, n. 2, p. 439-443, 1998. Suplemento.

ORME, C. E.; HARRIS, R. C.; MARLIN, D. J.; HURLEY, J. Metabolic adaptation to a fat-supplemented by the thoroughbred horse. **British journal of nutrition**, v. 78, n. 3 ,p. 443-458, 1997

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations: A review. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 1 ,p. 1-14, 1980.

RADICKE, S., KIENZLE, E.; MEYER, H. Preileal apparent digestibility of oats and corn starch and consequences for cecal metabolism In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 12., 1991, Calgary Canada. **Proceedings....**, 1991. p. 43 .

RAMMERSTORFER, C.; POTTER, G. D.; CUDD, T. A. Physiological responses of mature quarter horses to reining training when fed conventional and fat-supplemented diets. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 18, n. 3, p.175-183, 1998.

RESENDE JR., T.; RESENDE, A. S. C.; LACERDA JR., O. V.; BRETAS, 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. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 1, p.69-73, 2004.

RICH, V. A. B.; FONTENOT, J. P.; MEACHAM, T. M. Digestibility of animal, vegetable, and blended fats of equine. In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 7., 1981, Warrenton. **Proceedings....**, 1981. p. 30.

RUKMINI, C., T.C. RAGHURAM. Nutritional and biochemical aspects of the hypolipidemic action of rice bran oil: A review. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 10, n. 6, p. 593–601, 1991.

SCOTT, B. D.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W.; REAGOR, J. C.; WEBB, G. W.; WEBB, S. P. Growth and feed utilization by yearling horses fed added dietary fat. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 9, n. 4, p. 210-214, 1989.

SCOTT, B. D.; POTTER, G. D.; GREENE, L. W.; VOGELSANG, M. M.; ANDERSON, J. G. Efficacy of a fat-supplemented diet to reduce thermal stress in exercising thoroughbred horses. In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 13., 1993, Gainesville. **Proceedings....**, 1993. p. 66.

SAS. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS user's guide: statistics**. Versão 5. Cary:SAS, 1995.

STRYER, L. **Bioquímica**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 1000 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: Imprensa Universitária UFV, 1998, 235p.

SUNITHA, T.; MANORAMA, R.; RUKMINI, C. Lipid profile of rats fed blends of rice bran oil in combination with sunflower and safflower oil. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 51, n. 1, p. 219–230, 1997.

TURATTI, J.; GOMES, R.A.R.; ATHIE, I. **Lípidios: Aspectos funcionais e novas tendências**. Campinas: ITAL, 78p. 2002.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**, 2.ed. New York : Cornell University Press, 1994. 463 p.

YAMAMOTO M.; TANAKA Y.; SUGANO M. Lipid composition and cholesterol esterification in serum lipoprotein fraction of the horse, *Equus Caballus*. **Comparative biochemistry and physiology. B, Comparative biochemistry**, v. 63, n. 3, p. 441-449, 1979.

WATSON, T. D. G.; LYNN BURNS; LOVE, S.; PACKARD, C. J.; SHEPHERD, J. The isolation, characterization and quantification of the equine plasma lipoproteins. **Equine Veterinary Journal**, v. 25, n. 5, p. 353-359, 1991

WATSON T. D. G.; PACKARD C. J.; SHEPERD J. Plasma lipid transport in the horse (*Equus caballus*). **Comparative biochemistry and physiology. B, Comparative biochemistry**, v. 106, n. 1, p. 27–34, 1993.

WEBB, S. P.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W. Physiology and metabolic response of race and cutting horses to added dietary fat. In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 10., 1987, Fort Collins. **Proceedings.....**, 1987. p. 115.

WILSON, T. A.; AUSMAN, L. M.; LAWTON, C. W.; HEGSTED, D. M.; NICOLOSI R. J. Comparative cholesterol lowering properties of vegetable oils: Beyond fatty acids. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 19, n. 5, p 601–607, 2000.

WORTH, M. J.; FONTENOT, J. P.; MEACHAN, T. N. Physiological effects of exercise and diet on metabolism in the equine. In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 10., 1987, Fort Collins. **Proceedings.....**, 1987. p. 145.

ZEYNER, A. A method to estimate digestible energy in horses feed. **Journal of Nutrition**, v. 132, n. 6, p 1771-1773, 2002.