CELSO LUIZ FERNANDES LORENZO

Efeitos do processamento no feno de alfafa (*Medicago sativa* L) e da adição de óleo de soja sobre a digestibilidade aparente total em dietas para potros

Pirassununga
2005

CELSON LUIZ FERNANDES LORENZO

Efeitos do processamento no feno de alfafa (*Medicago sativa* L) e da adiço de leo de soja sobre a digestibilidade aparente total em dietas para potros

Dissertao apresentada ao Programa de Ps-Graduao em Nutrio Animal da Faculdade de Medicina Veterinria e Zootecnia da Universidade de So Paulo para obteno do ttulo de Mestre em Medicina Veterinria

Departamento:

Nutrio e Produo Animal

rea de concentrao:

Nutrio Animal

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso

Pirassununga

2005

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1590 FMVZ	<p>Lorenzo, Celso Luiz Fernandes Efeitos do processamento no feno de alfafa (<i>Medicago sativa</i> L.) e da adição de óleo de soja sobre a digestibilidade aparente total em dietas para potros / Celso Luiz Fernandes Lorenzo. – São Paulo : C. L. F. Lorenzo, 2005. 77 f.: il.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, 2005.</p> <p>Programa de Pós-graduação: Nutrição Animal. Área de concentração: Nutrição Animal.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso.</p> <p>1. Disgestibilidade. 2. Alimentação. 3. Equinos. 4. Alfafa. 5. Nutrição animal. I. Título.</p>
----------------	---

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Assistência Acadêmica

PARECER

Interessado: Celso Luiz Fernandes Lorenzo

Assunto: Protocolo de experimentação adotado em experimento animal.

A Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, após analisar o projeto sob o número 721/2005, intitulado: "Efeito do método de processamento do feno de alfafa (*Medicago sativa* sp.) e da adição de óleo de soja sobre a digestibilidade da dieta em eqüinos", no qual foram utilizados 04 cavalos, sob responsabilidade do Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, constatou que o mesmo foi realizado de acordo com os princípios de bioética, adotados por esta Comissão.

São Paulo, 30 de setembro de 2005

Prof. Dra. *Julia Maria Matera*

Presidente da Comissão de Bioética

FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: LORENZO, Celso Luiz Fernandes

Título: **Efeitos do processamento no feno de alfafa (*Medicago sativa* L) e da adição de óleo de soja sobre a digestibilidade aparente total em dietas para potros**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição 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: _____

DEDICO

À minha esposa Conceição por me incentivar e apoiar sempre, atitudes sem as quais jamais teria chegado até aqui.

Aos filhos Juliana, Felipe e Daniel, três motivos de grande orgulho para mim principalmente, devido aos caminhos que estão seguindo em suas vidas.

Aos meus pais, Elpídio (in memorian) e Clélia devido aos ensinamentos e exemplos de trabalho e retidão.

As irmãs, Elizabeth (in memorian) e Vânia, pelo incentivo constante.

Aos avós Maria (in memorian) e Abramo (in memorian) por se dedicarem em minha educação.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, pela oportunidade de orientação e grande apoio concedido ao longo desse experimento.

Aos professores do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo pelos ensinamentos transmitidos durante a realização deste curso.

A Maltacleyton, principalmente ao Dr. Raul Moch e Dr. Valcir Bortolan que me concederam o tempo necessário para a finalização deste trabalho.

A Mogiana alimentos, por intermédio do Dr. Francisco Olbrich e Dr. Joaquim Tolosa que, gentilmente forneceram o concentrado.

Aos colegas de curso Fernanda, Eliana, Silvio e Mariano pelo convívio.

Ao senhor Ari de Castro e toda a equipe do Laboratório de Bromatologia pela ajuda nas análises.

Ao professor Paulo Mazza Rodrigues pela orientação das análises estatísticas.

Aos funcionários do departamento de eqüideocultura, Srs. Jorge e Valdir pela grande ajuda na coleta do material e companheirismo.

Ao colega Marco e aos estagiários Thaís e Fernando pela sua constante disposição e apoio no decorrer do experimento.

Muito obrigado a todos !

Há alguns anos, em uma das olimpíadas especiais de Seattle, nove participantes, todos com deficiência mental, alinharam-se para a largada de uma determinada corrida.

Ao sinal, todos partiram, não exatamente em disparada, mas com vontade de dar o melhor de si, terminar a corrida e vencer.

Um dos garotos tropeçou, caiu e começou a chorar. Os outros oito ouviram o choro. Diminuíram o passo e olharam para trás. Então se viraram e voltaram. Todos eles. Uma das meninas com síndrome de Down se ajoelhou, deu um beijo no garoto e disse:

- Pronto, agora vai sarar! E todos os nove competidores deram-se os braços e andaram juntos até a linha de chegada. O estádio inteiro levantou e os aplausos duraram muitos minutos...

Talvez os atletas fossem deficientes mentais...

Mas com certeza, não eram deficientes espirituais...

Isso porque, lá no fundo, todos nós sabemos que o que importa nesta vida, mais do que ganhar sozinho é ajudar os outros a vencer, mesmo que isso signifique diminuir os nossos passos.

Procurar ser uma pessoa de valor, é melhor do que procurar ser uma pessoa de sucesso.

O sucesso é consequência.

(Autor desconhecido)

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ACC	Acetil-CoA carboxilase
AGCL	Ácido graxo de cadeia longa
AGVs	Ácido graxos voláteis
AMPc	Monofosfato de adenosina cíclico
ATP	Trifosfato de adenosina
CD	Coeficiente de digestibilidade
CDA	Coeficiente de digestibilidade aparente
CIF	Cost insurance freight (Preço no local destinatário, incluso custo de frete)
CSDN	Carboidrato solúvel em detergente neutro
CV	Coeficiente de variação
EB	Energia bruta
EE	Extrato etéreo
ENN	Extrato não nitrogenado
FADH ₂	Flavina- adenina dinucleotídeo reduzida
FB	Fibra bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FOB	Free on board (Preço no local de origem, excluído custo de frete)
g	Grama
HCl	Ácido clorídrico
HDL	Proteínas de alta densidade
h	Hora
Kcal	Quilocaloria
Kg	Quilograma

LDL	Proteínas de baixa densidade
LPL	Lipoproteína lipase
Mcal	Megacaloria
mm ²	Milímetro quadrado
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
MO	Matéria orgânica
NADH	Nicotinamida adenina-dinucleotídeo reduzida
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NRC	National Research Council
PB	Proteína bruta
PFK	Fosfofrutocinase
PKA	Proteína-cinase A
PP-1	Fosfatase-proteína 1
TAG	Triacilglicerol
TCA	Ácido tricarboxílico
TG	Triglicerídios
VLDL	Proteínas de muito baixa densidade
%	Porcentagem

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alimentos utilizados e composição bromatológica (100% MS) -----	43
Tabela 2 - Formulação das dietas experimentais (Matéria original) -----	44
Tabela 3 - Composição bromatológica das dietas experimentais (100% MS)-----	46
Tabela 4 - Quadro esquemático da análise de variância -----	48
Tabela 4.1- Quadro esquemático do delineamento em quadrado latino 4X4 -----	48
Tabela 5 - Médias (4 animais), dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), matéria orgânica (CDAMO), proteína bruta (CDAPB) fibra em detergente ácido (CDAFDA); respectivos coeficientes de variação e valores de p, das dietas teste obtidas pelo método de coleta total -----	53
Tabela 6 - Percentuais dos nutrientes digestíveis e energia predita (100% MS) ----	54
Tabela 7- Demonstrativo de preços e custos dos alimentos estudados -----	63
Tabela 8 - Custo de formulação das dietas experimentais, base matéria original----	63
Tabela 9 - Custos relativos dos tratamentos utilizados no experimento (Matéria original) -----	64
Tabela 10 - Incremento (%) sobre as digestibilidades aparentes totais médias, para os tratamentos processamento e/ou adição de óleo -----	65
Tabela 11- Custos relativos dos tratamentos utilizados no experimento para NDT e ED (Matéria original) -----	66
Tabela 12 - Incremento (%) sobre os valores médios de NDT e ED, para os tratamentos processamento e/ou adição de óleo -----	67

LISTA DE FIGURAS

Figuras 1 e 2 - Potros no início e final do período experimental -----	42
Figura 3 - Feno de alfafa, armazenado em cubos, utilizado no experimento-----	45
Figura 4 - Feno de alfafa, armazenado em fardos, utilizado no experimento-----	46
Figura 5 - Digestibilidade média aparente dos nutrientes por tratamento (100%MS) -----	53
Figura 6 - Digestibilidade média aparente dos nutrientes por tratamento processamento, (100%MS) -----	54
Figura 7 - Digestibilidade média aparente dos nutrientes por tratamento, adição de óleo, (100%MS) -----	55

RESUMO

LORENZO, C. L. F. **Efeitos do processamento no feno de alfafa (*Medicago sativa* L) e da adição de óleo de soja sobre a digestibilidade aparente total em dietas para potros.** [Effects of the processing in the alfalfa (*Medicago sativa* L) hay and of the addition of soy oil, on the total apparent digestibility in diets for L. weanlings]. 2005, 78 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

Quatro potros machos, sem raça definida, com peso médio de 197,25 Kg, foram utilizados em um delineamento experimental Quadrado Latino 4X4 (quatro animais e quatro períodos), com arranjo fatorial do tipo 2X2, para tratamentos, onde os fatores foram: processamento do feno de alfafa (em cubos X em ramas); com adição ou não de óleo refinado de soja, (com óleo X sem óleo), adicionado no cocho, sobre o concentrado em dietas contendo concentrado comercial na forma de peletes para : avaliar a digestibilidade aparente total da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e a viabilidade econômica das dietas estudadas. A adição de óleo refinado de soja afetou positivamente a digestibilidade aparente total da MS (66,18%), ($p < 0,0093$), MO (70,66%), ($p < 0,0111$), para a dieta com a alfafa na forma de cubos; EE (90,52%), ($p < 0,0001$) e FDN (53,24%), (0,0257) da dieta com feno de alfafa na forma de ramas. O processamento da alfafa interferiu positivamente sobre a digestibilidade aparente total da PB (80,02%), ($p < 0,0048$), para a dieta com feno na forma de cubos; FDN (47,92%), ($p < 0,0147$) e FDA (43,40%), ($p < 0,0237$), para a

dieta com feno na forma de ramas. Independentemente do processamento sobre o feno de alfafa, a adiço de leo refinado de soja aumentou de maneira significativa e econmica a digestibilidade da frao EE. Feno de alfafa na forma de ramas, com adio de leo, seria a opo mais econmica para utilizao na dieta de potros devido ao custo de mercado ser mais baixo. A adio de leo refinado de soja na dieta composta por : concentrado comercial, em uma base volumosa de feno de alfafa, aumentou a densidade calrica (NDT ou ED (predita)) das dietas estudadas, no deprimindo a digestibilidade aparente total dos macros nutrientes orgnicos e de maneira economicamente vivel, para as condies desse experimento.

Palavras-chave: Digestibilidade. Alimentao. Eqinos. Alfafa. leo.

ABSTRACT

LORENZO, C. L. F. **Effects of the processing in the alfalfa (*Medicago sativa* L) hay and of the addition of soy oil, on the total apparent digestibility in diets for L. weanlings.** [Efeitos do processamento no feno de alfafa (*Medicago sativa* L) e da adição de óleo de soja sobre a digestibilidade aparente total em dietas para potros]. 2005, 78 f. Dissertação (Mestre em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

Four male weanlings, without defined breed, were used in this study, with middleweight 197, 25 Kg in an experimental Latin-square design for four (four animals and four periods), with factorial arrangement of the type 2 X 2 for treatments, where the factors were: processing of the alfalfa hay (cubes X long-stem) and addition or not of refined soybean oil top dressed (with oil X without oil). Diets containing commercial concentrate in the pellets form aimed: to evaluate the total apparent digestibility of the crude matter, organic matter, crude protein, fat, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and the economical aspects. The addition of refined soybean oil, affected positively the total apparent digestibility of the CM (66,18%), ($p < 0,0093$), OM (70,66%), ($p < 0,0111$), for cubes fat diet; EE (90,52%), ($p < 0,0001$) and NDF (53,24%), ($p < 0,0257$), for long-stem hay more fat diet. The processing in the alfalfa hay interfered positively on the total apparent digestibility of CP (80,02%), ($p < 0,0048$), for cube diet; NDF (47,92%), ($p < 0,0147$) and ADF (43,40%), ($p < 0,0237$) for long-stem diet. Independently of the processing on the alfalfa hay, the addition of refined soybean oil increased, significant and economical way the total apparent digestibility of the fat fraction. Alfalfa hay in the long-stem forms, with soybean oil addition, would be the most economical option for use in the

diet of colts due to the cost of lower market. The addition of refined oil of soy in the composed diet for: commercial concentrate, in a forage base of alfalfa hay, increased the caloric density (TDN or DE (predict)) in the studied diets, not depressing the total apparent digestibility of the organic nutritious macros and in way economically viable, for the conditions of that experiment.

Key Words: Digestibility. Feed. Horse. Alfalfa. Fat.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS A RESPEITO DO TUBO DIGESTÓRIO	21
2.1.1	Boca e Estômago	21
2.1.2	Intestino Delgado	23
2.1.3	Intestino Grosso, Ceco e Cólon	24
2.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE FENO PROCESSADO NA ALIMENTAÇÃO DE EQUINOS	25
2.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE ADIÇÃO DE GORDURA EM DIETAS PARA EQUINOS	26
2.4	DIGESTÃO E CARREAMENTO DAS GORDURAS	31
2.4.1	Mobilização da gordura	33
2.4.2	Reações de Oxidação	34
2.4.3	Regulação do Metabolismo do Ácido Graxo	35
2.5	GORDURA E DIGESTIBILIDADE DA FIBRA	36
2.6	ALFAFA EM CUBOS E GORDURA NA ALIMENTAÇÃO DE POTROS	37
3	MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1	LOCAL	41
3.2	ANIMAIS	41
3.3	CLIMA	43
3.4	DIETAS E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	43
3.5	METODOLOGIA DE COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS	46
3.6	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	47
3.7	PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS	48

3.8	EQUAÇÕES	48
3.8.1	Coeficiente de digestibilidade	49
3.8.2	Nutrientes digestíveis totais	49
3.8.3	Extrativos não nitrogenados	49
3.8.4	Predição da energia digestível relacionada ao NDT	49
3.8.5	Estimativa da fração hemicelulose	49
3.9	ANÁLISE ECONÔMICA	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1	ASPECTO DOS ANIMAIS	52
4.2	DEMONSTRATIVO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS EXPERIMENTAIS, NDT E PREDIÇÃO DA ENERGIA DIGESTÍVEL	52
4.3	DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA MATÉRIA SECA	55
4.4	DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA MATÉRIA ORGÂNICA	57
4.5	DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA PROTEÍNA BRUTA	57
4.6	DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DO EXTRATO ETÉREO	59
4.7	DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO	60
4.8	DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO	61
4.9	ANÁLISE ECONÔMICA DAS DIETAS EXPERIMENTAIS	63
5	CONCLUSÕES	68
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

No manejo nutricional dos eqüídeos, muitas vezes são utilizados métodos empíricos baseados na tradição, sem que haja algum embasamento técnico. Tal fato pode acarretar a criação riscos ou prejuízos desnecessários. Soma-se a este cenário, o incremento de atividades esportivas em diversas modalidades hípcas que juntamente com os custos de criação, demandam manejo que propicie crescimento rápido dos potros que, quanto antes sejam capazes de suportar o estresse causado por treinamentos e competições. Nestes casos portanto, são utilizadas suplementações alimentares, nas quais são fornecidos fenos, volumosos verdes picados ou não e alimentos concentrados que normalmente, possuem altas concentrações de carboidratos solúveis, cuja alimentação acontece em duas a três refeições por dia, de modo a completar os níveis nutricionais do feno ou pasto exigidos para aquela determinada categoria animal (GILL,1997).

A alimentação representa, na criação de eqüinos, a maior parte dos custos, constituindo um dos principais fatores para o sucesso do empreendimento. O arraçoamento dos eqüinos deve ser feito com base na fisiologia digestiva para se obter melhor eficiência alimentar e, desse modo, evitar transtornos gastrointestinais (WOLTER,1997).

Ott (1977) observou que a proteína e a energia são os nutrientes básicos que controlam o crescimento, ou seja, as ingestões de níveis adequados de proteína e energia, proporcionam ao animal taxa de crescimento de acordo com o seu potencial genético. Jackson e Pagan (1993), relataram que o manejo adequado de potros na fase de crescimento traz benefícios futuros, em virtude da menor incidência de

problemas nos membros locomotores, maior longevidade e maximização do potencial atlético dos animais.

Energia é o primeiro fator dietético limitante para o crescimento de potros (STANIAR et al., 2001). A exigência nutricional de energia para os eqüinos está relacionada com a necessidade de cada categoria e com a quantidade, qualidade e digestibilidade desse nutriente (NRC,1989).

Fibra em dietas para eqüinos é um importante nutriente para manter a estabilidade intestinal e diminuir a susceptibilidade à acidose (MOORE-COLYER et al., 2000).

O conhecimento da composição química e dos valores de digestibilidade dos alimentos permite formulações de rações mais ajustadas às exigências nutricionais dos animais, maximizando o desempenho e reduzindo os custos (NRC,1989).

Alfafa é uma fonte excelente de proteínas, vitaminas, e minerais para os eqüinos, além de fornecer substrato para síntese de energia microbiana. A indústria e muitos proprietários de cavalos consideram a alfafa (***Medicago sativa L***), como uma das melhores opções de forragens, tanto para a produção de feno como, para alimentar cavalos em todas as idades e fases de produção (CROZIER et al.,1997).

Potros de sobreano preferem feno de alfafa, em detrimento a outros tipos de volumosos secos (LA CASHA et al., 1999).

Segundo Potter et al. (1992), fontes de gordura têm sido bastante utilizadas em dietas para cavalos, adicionadas à ração para aumentar a densidade energética , aceitabilidade e diminuir a quantidade de alimento ingerido.

Nos últimos anos, foram realizados vários estudos a respeito da influência dos níveis de gordura dietética no arraçoamento para desempenho do cavalo atleta porém, pouco se conhece a respeito de seus efeitos sobre os nutrientes ingeridos por animais em crescimento. Uma dieta rica em gordura decresceu a digestibilidade

aparente da fibra (JANSEN et al., 2000). Por outro lado, a adição de gordura não afetou o desaparecimento “in vitro” da matéria seca, matéria orgânica e fibra, nutrientes comuns na avaliação de dietas para equino (BUSH et al., 2001).

Jansen et al. (2000), afirmaram que a interação das gorduras com outros nutrientes apresentam resultados contraditórios sendo portanto, necessárias mais pesquisas que incluam rações com adição de gordura em dietas para equinos.

O uso de níveis mais altos de gordura (5% a 10% da MS total da dieta) como fonte de energia está se tornando, recentemente, um método utilizado por vários criadores e proprietários de cavalos com benefícios percebidos nos animais, como melhoria da pelagem e diminuição da hiperatividade, fatos estes, associados a dietas com altos níveis de carboidratos solúveis (HOLLAND et al., 1996). As gorduras possuem densidades energéticas maiores quando comparadas com carboidratos solúveis e não solúveis, 9 kcal/g, 4 kcal/g e 2 kcal/g respectivamente (NRC, 1989).

Alfafa em cubos pode ser utilizada efetivamente como fonte exclusiva de volumoso em todas as categorias de cavalos. Devido ao alto valor nutricional para energia, proteína, cálcio, e vitaminas, a alfafa em cubos é um alimento que efetivamente pode fazer parte de um programa nutricional para éguas, animais em crescimento, adultos e especialmente aos cavalos com certos problemas respiratórios, onde se tenta reduzir a exposição a poeira e bolores (COLEMAN, 2004).

Forragem na forma de cubos tem tido algum espaço, como uma alternativa para alimentar cavalos em detrimento às forragens tradicionais, principalmente nos centros hípicas localizados em cidades onde as dificuldades para se conseguir e armazenar volumosos com qualidade nutricional, é cada vez mais difícil, principalmente por fatores de ordem econômica e disponibilidade de áreas para o

cultivo. Cabe aqui externar que este é o principal foco desse trabalho, ou seja, estudar alimentos que possam de maneira tecnicamente possível e eficaz nutrir os animais que se insiram neste cenário, formado por centenas de hípicas, hipódromos, centros eqüestres de lazer e afins onde os cavalos, permanecem em regime de confinamento, sem acesso a pastagens. Com o intuito de colaborar para um melhor entendimento a respeito do assunto, elaboramos o presente estudo avaliando os parâmetros : se o processamento (cubo ou rama); (com ou sem) a adição de óleo interferem na digestibilidade aparente de alguns dos nutrientes constituintes da ração, quando utilizados para a alimentação de potros bem como, precificar e avaliar economicamente as dietas estudadas, para a região de Campinas no estado de São Paulo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Resultados de estudos relativos a efeitos da ingestão de gordura e digestibilidade aparente dos nutrientes em cavalos são polêmicos, alguns informam que a adição de gordura à dieta não afetou a digestibilidade enquanto que outros, apontam para diferenças para este parâmetro.

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS A RESPEITO DO TUBO DIGESTÓRIO

Os cavalos são herbívoros, possuem ceco e cólon funcionais, com fermentação microbiana. O sistema digestivo é equipado fisiológica e anatomicamente, para utilizar alimentos fibrosos. O estômago possui regiões com digestão enzimática e fermentação microbiana. O intestino delgado executa preferencialmente a enzimática, considerando que no ceco e cólon ocorre somente a fermentativa. O próprio alimento, em si mesmo, influencia o modo no qual será digerido, por exemplo, forma física, processamento, a relação entre concentrado / volumoso da dieta, composição de nutrientes, taxa de alimentação e o nível de fatores antinutricionais bem como, o nível de trabalho físico realizado pelo cavalo (JACKSON,1998).

2.1.1 Boca e estômago

A ingestão é modulada através de estímulos pré-gástricos como sabor, textura e odor, considerando que a duração de saciedade é principalmente determinada através de aspectos metabólicos e gastrintestinais (RALSTON, 1984).

Os eqüinos apreendem a forragem com os dentes ao invés da língua como fazem os bovinos. Isto insinua que o pastejo pode ser mais intensivo e partes mais fibrosas das forragens como consequência, seriam ingeridas. Componentes fibrosos no alimento são necessários para induzir uma mastigação que permita adequada produção de saliva para embeber o bolo alimentar (PILLINER, 1995).

A saliva é secretada na boca e depende da quantidade e composição do alimento ingerido para sua produção, não contém enzimas digestivas como alfa-amilase, porém possui outras funções importantes: carrear bicarbonato e proteger o pH do estômago, considerando que o alto conteúdo de muco na saliva previne variações bruscas e auxilia no caminhamento da digesta (FRAPE, 1986). A proteção contínua da porção proximal do estômago devido ao bicarbonato salivar, permite uma tênue fermentação microbiana com produção de lactato, oriundo de carboidrato fermentável que será absorvido no intestino delgado ou convertido a ácido graxo volátil no intestino grosso (FRAPE, 1986).

O compartimento distal do estômago é semelhante ao de outros monogástricos, com secreção de ácido clorídrico que baixa o pH a um nível onde a fermentação bacteriana é inibida. Junto com HCl, a pepsina é secretada para iniciar o fracionamento das proteínas. O estômago representa uma porção relativamente pequena do sistema digestivo dos eqüinos, indicando que o fluxo da digesta deveria ser contínuo (JACKSON, 1998). Não obstante, quando a ingestão é exagerada por exemplo através de um grande e rápido consumo de concentrado, o risco de cólica é real devido à fermentação causada por uma sobrecarga de substratos de fácil fermentação no estômago, porque o esfíncter da região cárdia que controla a entrada do alimento nesse compartimento, aceita o fluxo alimentar somente em um sentido não permitindo o refluxo, conseqüentemente não acontece o alívio da pressão, caso aconteça uma fermentação mais intensa e duradoura, portanto, as

refeições deveriam ser constituídas de pequenas porções de alimento continuamente servidas (PILLINER,1995).

2.1.2 Intestino delgado

O quimo passa do estômago para o intestino delgado. Este segmento está composto pelo duodeno, jejuno e íleo. O intestino delgado possui aproximadamente 22 metros de comprimento e tem uma capacidade aproximada de 56 litros de ingesta (em cavalos com aproximadamente 500 kg de peso), recebe um fluxo contínuo de suco pancreático que pode aumentar, devido a estímulos nervosos ou hormonais, associados com a ingestão de alimentos (JACKSON, 1998).

No intestino delgado, a proteína é hidrolisada por enzimas pancreáticas e epiteliais a aminoácidos e estes absorvidos na parede intestinal. Também neste compartimento são digeridos e/ou absorvidos a maior parte dos carboidratos solúveis, gorduras, vitaminas e a maioria dos minerais, que compõem os alimentos (MARTIN-ROSSET, 1984).

Meyer (1995) dividiu o trato digestivo do ponto de vista fisiológico, em duas regiões: região pré-cecal, incluindo estômago e intestino delgado, com predominância de digestão enzimática e região pós-ileal, incluindo ceco e cólon, com digestão microbiana.

O conteúdo intestinal flui pelo intestino delgado a uma velocidade de 30 cm por minuto, demorando em média 8 horas para percorrê-lo, dependendo da quantidade de fibra ingerida. Baixos fluxos são esperados com aumento da proporção de concentrado na ração e maiores fluxos com aumento de volumoso (WOLTER, 1997).

Em resumo, o intestino delgado é o principal local para absorção de açúcares simples, derivados de amido, aminoácidos oriundos de processos digestórios de proteínas, ácidos graxos livres resultantes da digestão de gordura da dieta, vitaminas lipossolúveis A, D, E e K e de alguns minerais (JACKSON, 1998).

2.1.3 Intestino grosso, ceco e cólon

A porção formada pelo ceco e cólon tem capacidade de aproximadamente 120 litros e representa a maior parte do sistema digestivo dos eqüinos. Bicarbonato vindo do pâncreas eleva o pH intestinal a um nível que permite a ocorrência de fermentações microbianas, onde são convertidas fontes de nitrogênio, em proteína microbiana de alta qualidade, com digestibilidade alta embora os autores sugiram que pouco ou nenhuma desta proteína seria absorvida no intestino grosso (GIBBS et al., 1988). Também neste local, ácidos graxos voláteis oriundos da fermentação da fibra são sintetizados e podem contribuir, com o fornecimento de energia para o cavalo que dependendo da composição, pode prover de 30 a 70% de suas necessidades energéticas (MOORE-COLYER et al., 2000).

Não há nenhuma enzima produzida pelos mamíferos para a digestão da fibra, esta é realizada pela flora microbiana do ceco e cólon maior. A celulose (carboidrato não solúvel) é quebrada por celulasas de origem microbiana com resultante síntese de ácidos graxos voláteis. Estes ácidos graxos, principalmente o acetato, propionato e butirato podem ser utilizados pelo animal, como fonte de energia. Os AGVs são metabolizados de vários modos e derivam produtos finais diferentes. O acetato é um AGV cetogênico, significa que é usado para sintetizar gordura. Butirato também é chamado de cetogênico embora represente uma proporção menor dos AGVs

produzidos. Propionato é gliconeogênico, isto é, utilizado para sintetizar glicose no fígado ou glicogênio muscular (DE FOMBELLE, 1999).

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE FENO PROCESSADO NA ALIMENTAÇÃO DE EQUÍNOS

Existem várias espécies de forragens que são bem aceitas e podem prover nutrientes em concentrações adequadas para atender as exigências nutricionais de cavalos em manutenção porém, para animais que se encontrem em outras categorias por exemplo, éguas em lactação, potros e cavalos de desempenho, o pasto deve ser completado com energia e outros nutrientes (NRC,1989).

Fenos, de gramíneas ou de leguminosas, constituem a principal fonte de fibra na formulação de rações destinadas aos eqüinos. Os fenos de leguminosas, normalmente, possuem valores nutricionais mais elevados comparativamente aos de gramíneas por outro lado estes, são produzidos mais facilmente e apresentam custos menores, porém com qualidades nutricionais inferiores (LEWIS, 2000).

Vários fatores podem afetar a digestão nos eqüinos: individualidade, composição química dos alimentos, quantidade consumida, tipo de exercício, grau de moagem dos ingredientes que compõem a dieta, processamento da matéria prima, água contida, tempo de trânsito no trato digestivo, quantidade de fibra presente na dieta e procedimentos analíticos utilizados (HINTZ,1969).

Os eqüinos gastam menos tempo para ingerir uma refeição composta por feno na forma de cubos do que em ramas. Em consequência, podem desenvolver vícios de estábulo como: mastigar madeira, aerofagia ou outros. A mastigação de cama aumentou, quando foi oferecido, forragem na forma de pelete ou cubo, como fonte exclusiva de volumoso para animais estabulados (HINTZ,1975).

A dureza do pelete ou cubo também pode influenciar a ocorrência de mastigação de cama, à medida que a dureza do pelete diminui, a incidência aumenta (LEWIS, 2000). Gagnon, (s/d), estudando quantidade de consumo, volume de fezes produzidas e ganho de peso em potros, não encontrou diferenças, em quaisquer destas variáveis estudadas, quando comparou cavalos alimentados com feno em ramas, contra feno em cubos.

Alimentos que continham uma grande quantidade de carboidratos solúveis foram associados com distúrbios digestivos metabólicos e alterações hormonais (CLARKE et al., 1990).

Do mesmo modo, outros efeitos decorrentes do aumento abrupto ou consumo de quantidades inadequadas de carboidratos solúveis, pode criar um ciclo de alimentação / jejum no qual são geradas, grandes flutuações hormonais e de outros substratos metabólicos importantes para o crescimento e formações ósseas (KRONFELD, 1996).

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE ADIÇÃO DE GORDURA EM DIETAS PARA EQUÍNOS

Substituição de amido por gordura no alimento foi utilizada para : prevenir Mioglobinúria (DE LA CORTE et al., 1999; KRONFELD, 1990; VALENTINE et al., 1998), melhorar o metabolismo aeróbico (MEYERS et al., 1989) e anaeróbico (OLDHAN et al., 1990), acentuar a curva de crescimento (HOFFMAN, 1997) e ainda reduzir a excitabilidade (HOLLAND et al., 1996). Microrganismos existentes no ceco e cólon dos eqüinos digerem as frações, celulose e hemicelulose, de parte desse processo, são liberados na luz intestinal ácidos graxos voláteis que por sua vez provêm energia (HINTZ et al., 1971).

Argenzio et al. (1974) baseados na semelhança de fermentação da fibra bruta no rumem de bovino sugeriram que o fornecimento de uma dieta com alto teor de gordura, poderia provocar redução na utilização da fibra no ceco e cólon. A digestão da fração extrato etéreo no intestino delgado dos eqüinos é bastante eficiente, a digestibilidade aparente da gordura é da ordem de 55 - 70% da quantidade ingerida contudo em valores absolutos, quanto maior o consumo, maior será a quantidade de gordura que entrará no ceco (POTTER et al., 1992).

Estudos realizados para medir a influência das gorduras na digestibilidade aparente total da fibra bruta em cavalos têm apresentado resultados contraditórios. Alguns pesquisadores informaram que a adição de gordura na dieta não afetou a digestibilidade aparente do conteúdo da parede celular (MCCANN et al., 1987; RICH et al., 1981), fibra em detergente neutro, (DAVISON et al., 1987; KANE; BAKER, 1977; KANE; BAKER; BULL, 1979; MCCANN et al., 1987; MEYERS et al., 1987) ou fibra em detergente ácido (MCCANN et al., 1987). Outros autores informaram um aumento na digestibilidade aparente na fração fibra em detergente neutro (HUGHES et al., 1995; JULEN et al., 1995; SCOTT et al., 1987; WEBB et al., 1987) e fibra em detergente ácido (RICH et al., 1981), após a alimentação com dietas que tiveram gordura adicionada. Contradizendo tais afirmações, existem dados reportando que a administração de uma dieta rica em gordura, reduziu a digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro, (RICH et al., 1981; WORTH et al., 1987).

Os resultados contraditórios provavelmente relacionam o fato que, além das diferenças quanto aos teores de gordura, os vários estudos também diferiram com respeito a múltiplos componentes. Uma mudança na ingestão pode afetar por si só a porcentagem da digestibilidade aparente, o pH do ceco e cólon pode ser alterado e a microflora será mais ou menos afetada conforme disponibilidade dos substratos envolvidos no processo (JANSEN, 2000).

Segundo alguns autores, a entrada de gordura extra, deveria estar associada a uma redução de outros nutrientes. Em alguns estudos foram oferecidas quantidades de modo que a ingestão de gordura coincidiu, com a redução de carboidratos solúveis, fibra bruta e proteína bruta. Em outros estudos, estas substituíam isoenergicamente parte da energia oriunda do feno (KANE; BAKER, 1977; RICH et al., 1981; SNYDER et al., 1981).

Os óleos vegetais em sua maioria, são fonte de energia prontamente disponível para o consumo, são alimentos palatáveis entretanto os lipídeos que os compõem variam em seu valor dietético devido a estrutura química dos triacilgliceróis (TAG) e dos ácidos graxos de cadeia longa (AGCL), há desinformação quanto às interações que ocorrem com os demais nutrientes que fazem parte da dieta, o que dificulta obter conclusões sobre o seu real valor nutritivo, mesmo com tais dificuldades os autores afirmam que a prática de se adicionar gordura vem se tornando um procedimento comum na alimentação de eqüinos (MARCHELLO et al., 2000).

De acordo com Lawrence (1990,1995), o principal benefício na utilização de gordura no alimento diário, é o de fornecer maior quantidade de energia quando já se alcançou a taxa máxima de consumo de matéria seca na dieta de eqüinos, o que parece ser uma alternativa eficiente para as categorias com alta exigência energética, supri-la utilizando apenas carboidratos solúveis, exigiria grandes quantidades desses nutrientes que se oferecidos em excesso, poderiam trazer conseqüências indesejáveis como laminite e cólica.

Meyer (1995) mostrou que um aporte excessivo de substratos de fácil fermentação (amido, açúcares, proteínas) na dieta dos eqüinos pode levar a alterações da flora no intestino grosso, culminando com o aumento de produção de

ácidos, principalmente láctico, ou formação de gases (timpanismo), associados à digestão irregular do alimento.

A relação de energia / proteína é de suma importância porque é necessário energia para incorporar proteína nos tecidos. Se esta relação for baixa, proteínas serão metabolizadas, para atender este fim porém com menor eficiência. O excesso de ingestão protéica pode acarretar um aumento do consumo de água, frequência de micção e do risco de enterotoxemia por elevar as concentrações de uréia sanguínea (PAGAN, 1998).

Quando a relação energia / proteína for muito alta, pode haver um efeito na ingestão de alimento (SCHRYVER et al., 1987).

Valentine et al. (1998) e Hintz (1999) concordaram que a substituição de parte dos carboidratos solúveis por gorduras reduziu a severidade dos danos musculares como a rabdomiólise, nos cavalos de esporte e têm se mostrado como prática vantajosa em dietas para eqüinos como suprimento de energia.

Cavalos de esporte alimentados com concentrados contendo altos teores de extrato etéreo, com quantidades de até 130 g/kg de MS, devido a adição de gordura, tem a ingestão de MS por refeição facilitada devido a alta densidade energética desse alimento, esta prática é vantajosa para cavalos com exigências altas em energia (KANE; BAKER, 1977; KRONFELD, 1996; SNYDER et al., 1981).

Dietas com altos teores energéticos permitem uma redução no consumo total de matéria seca (HINTZ et al., 1978). Meyers et al. (1987) relatam que a redução dos conteúdos gastrointestinais pode ser considerada benéfica para cavalos de desempenho. Há realmente evidência sugestiva que cavalos em exercício executam melhor o trabalho, quando alimentados com rações que contenham altas quantidades de gordura (POTTER et al., 1992).

Kronfeld (1996), incluindo 10% de óleo vegetal na ração, reduziu o calor de fermentação em aproximadamente 3% e calor metabólico de 2 a 5%, e para os cavalos de desempenho, isto poderia aumentar a eficiência energética melhorando a termoregulação, retardando a fadiga muscular estreitando assim o tempo para recuperação.

A redução do equivalente de glicose na ração, com aumento dos teores de gordura e fibra provavelmente, causem alterações na resposta glicêmica, retardem ou diminuam o pico dessa resposta, em humanos, altas concentrações de lipídios retardam o esvaziamento gástrico, esse atraso de fluxo se existe, não está bem evidenciado para os eqüídeos (WOLEVER, 1990).

Estudo elaborado com diferentes níveis de gordura dietética afetou o ganho de peso dos animais com um ano de idade da raça Quarto de Milha, cujos tratamentos consistiam na adição de 5 ou 10% de gordura, ficou evidenciado que o ganho de peso diário foi maior, e o total de matéria seca ingerida menor, para os animais do tratamento com adição de 10% de gordura, quando comparado aos de 5% de inclusão. Não foram observadas diferenças entre grupos de tratamento para densidade óssea, glicose protoplasmática, insulina e concentração de lipídio (SCOTT et al., 1989). Em outro estudo semelhante, Davidson et al. (1991), compararam o crescimento de potros e a digestibilidade em rações para animais de um ano de idade, com ou sem adição de 10% de gordura. O consumo de concentrado também foi menor para os animais que receberam gordura, provavelmente devido ao aumento na digestibilidade das frações fibra em detergente neutro e extrato etéreo. O ganho de peso diário tendeu a ser maior no grupo, que recebeu gordura como tratamento e este, apresentou também a melhor conversão alimentar, quando comparado ao controle. Ambos os estudos concluíram que dietas

com adição de óleo em substituição de parte da fração de carboidratos solúveis, poderiam ser fornecidas para eqüinos em crescimento.

Gordura animal adicionada (10% do concentrado) a dietas para cavalos de esporte em repouso, mostrou um aumento significativo do glicogênio muscular quando comparado a uma dieta controle contendo principalmente milho e aveia (OLDHAN et al., 1990). A concentração de glicogênio muscular também foi significativamente maior para os cavalos suplementados com óleo vegetal do que no grupo controle (sem óleo), após completarem exercícios (227m/min.). Estes dados indicam que os eqüinos alimentados com dietas ricas em gordura tiveram maiores estoques de glicogênio muscular disponível para uso, em glicogenólise e glicólise durante exercício de anaerobiose (MARQUESE, 2001).

A gordura dietética teve um efeito de estimular a síntese de glicogênio muscular e de utilizar essa substância no músculo, quando cavalos foram submetidos a exercício com velocidade sub-máxima, os autores concluíram que cavalos arraçados com gordura tiveram uma concentração de glicogênio muscular inicial mais alta (MEYERS et al., 1989).

Outro estudo, apresentou resultado similar, de aumento do glicogênio muscular ao se acrescentar gordura na dieta de cavalos em exercício, foi evidenciado que a densidade calórica poderia ser aumentada com uma redução benéfica do consumo total de MS (GREIWE et al., 1989).

2. 4 DIGESTÃO E CARREAMENTO DAS GORDURAS

O aporte de gordura da dieta chega ao intestino delgado essencialmente na forma de triacilglicerol que sob ação de uma lipase pancreática é quebrado em dois ácidos graxos e um monoacilglicerol. Estes emulsificados pela ação detergente dos

sais biliares, no duodeno, formam micelas, que passam pelas células da mucosa intestinal onde posteriormente, dependendo do número de carbonos (2 a 10 átomos de carbono, tidos como de cadeia curta), podem ser diretamente liberados na corrente sanguínea pois são hidrossolúveis que ligados à albumina chegam até o fígado ou, pode ocorrer a ressíntese do triacilglicerol no caso dos ácidos graxos de cadeia longa, junto com proteínas e fosfolipídeos, quando então são formados os quilomicrons que alcançam a circulação via vasos linfáticos. A gordura alimentar ou metabólica sempre é transportada como componente de lipoproteínas (KURCZ et al., 1991; LAWRENCE, 1990).

As lipoproteínas são classificadas de acordo com a densidade: quilomicrons, lipoproteína menos densa, transportadora de triacilgliceróis exógenos na corrente sanguínea; proteínas de muito baixa densidade (VLDL), transportam triacilgliceróis endógenos; lipoproteínas de baixa densidade (LDL), as principais transportadoras de colesterol e lipoproteínas de alta densidade (HDL), atuam retirando o colesterol da circulação. Pela ação das LPLs, ácidos graxos são conduzidos para o tecido gorduroso. No caso de escassez de energia, por exemplo durante exercício ou jejum, são liberados ácidos graxos dos estoques para utilização no fígado ou músculo. A gordura constitui a fonte de armazenamento de energia mais importante no corpo, o total de energia armazenada nessa forma é de 30 a 60 vezes maior do que a de carboidrato, é degradada anaerobicamente. As formas disponíveis para combustão muscular são : triacilglicerol armazenada no músculo, ácidos graxos circulantes, triacilgliceróis agregados em quilomicrons circulantes e como lipoproteínas de baixa densidade. Os ácidos graxos são liberados do tecido adiposo, formando uma ligação com albumina (lipoproteína) para transporte através do sangue (LAWRENCE, 1990).

Durante exercício prolongado a concentração de ácidos graxos circulantes aumenta consideravelmente, dessa maneira cresce sua disponibilidade para combustão muscular. O triacilglicerol circulante é sintetizado no fígado ou absorvido pelo intestino oriundo do alimento ingerido e segregado no sistema linfático como componente dos quilomicrons cujo carreamento, para o músculo e/ou tecido adiposo é regulado por ação de uma lipoproteína. A atividade física exercida pelo animal (descanso ou exercício) e seu estado nutricional (jejum ou alimentando) determinarão se a concentração da lipase será ativada no tecido adiposo ou muscular (LAWRENCE, 1995).

2.4.1 Mobilização da gordura

As fontes primárias de ácidos graxos para oxidação são dietéticas ou, mobilizadas dos estoques no organismo. Ácidos graxos da dieta podem ser carreados das células intestinais por transporte no sangue. Os ácidos graxos são armazenados principalmente na forma de triacilgliceróis nos adipócitos do tecido adiposo. Com respeito a demanda de energia, os ácidos graxos podem ser mobilizados dos triacilgliceróis armazenados para utilização nos tecidos periféricos. A liberação de energia metabólica, na forma de ácidos graxos, é controlada por uma série complexa de etapas relacionadas, que resultam na ativação de lipases hormônio-sensíveis (HINEY, 1996).

O estímulo para ativar estas etapas, nos adipócitos, é devido principalmente ao glucagon. Este hormônio ativa os receptores de superfície da membrana plasmática dos adipócitos, que são acoplados a adenilil-ciclase que transforma o ATP em AMPc. O aumento da concentração deste complexo, induz a ativação da proteína-cinase, que em troca, fosforila e ativa as lipases hormônio-sensíveis. Esta

enzima hidrolisa os ácidos graxos a partir do átomo de carbono 1 ou 3 do triacilglicerol. O diacilglicerol resultante será substrato para as lipases hormônio-sensíveis ou para outra enzima, diacilglicerol lipase. Finalmente o monoacilglicerol será substrato para a monoacilglicerol lipase. O resultado líquido da ação destas enzimas são três moléculas de ácido graxo livres e uma molécula de glicerol. Os ácidos graxos livres se difundem através da membrana das células adiposas, combinam com albumina no sangue, e são transportados a outros tecidos por uma proteína transportadora de ácidos graxos que associados ao transporte ativo do sódio, adentram nas células. Ao contrário da ativação hormonal da adelinil-ciclase, a mobilização de gordura destes tecidos, é inibida por estímulos, sendo o mais importante através do aumento da concentração de insulina quando o indivíduo é alimentado (WATSON, 1991).

2.4.2 Reações de oxidação

Os ácidos graxos antes de serem oxidados nas mitocôndrias, devem ser ativados no citoplasma. A ativação é catalisada através da sintetase acil-CoA também denominada de tiocinase. O resultado líquido deste processo de ativação é o consumo de duas moléculas de ATP. A oxidação dos ácidos graxos acontece na mitocôndria. O transporte do complexo ácido graxo-acil-CoA na mitocôndria é realizado por um intermediário da acil-carnitina que é gerado pela ação da acil-transferase carnitina I, enzima externa de membrana mitocondrial. A molécula de acil-carnitina é transportada então para o interior da mitocôndria onde a acil-transferase carnitine II catalisa a regeneração da molécula de ácido graxo-acil-CoA. O processo de oxidação dos ácidos graxos está condicionado à beta-oxidação. Esta acontece através da remoção seqüencial de duas unidades de carbono constantes da cadeia,

a partir do carbono beta, no qual está ligada a molécula de ácido graxo-acil-CoA (NELSON; LEHNINGER, 2002).

Cada rodada da beta -oxidação produz um mol de NADH, outro de FADH₂ e um terceiro de acetil-CoA. O acetil-CoA, produto final de cada rodada da beta-oxidação, entra no ciclo do ácido tricarboxílico onde é oxidado mais adiante a gás carbônico com a geração concomitante de três moles de NADH, um de FADH₂ e outro de ATP. O NADH e o FADH₂, gerados durante a oxidação de ácidos graxos e oxidação de acetil-CoA pelo ciclo do TCA podem entrar na via respiratória para a produção de ATP. Os rendimentos gerados na oxidação de ácidos graxos produzem significativamente mais energia por átomo de carbono do que na oxidação de carboidratos. O resultado líquido da oxidação de um mol de ácido de oleico (ácido graxo com dezoito carbonos na cadeia) por exemplo, será 146 moles de ATP (dois moles são utilizados durante a ativação do ácido graxo), enquanto que o número equivalente de átomos de carbono vindos da glicose produziria 114 moles (VOET et al., 2000).

2.4.3 Regulação do metabolismo do ácido graxo

Para entender como a necessidade de síntese ou degradação de gordura pode ser regulada, o organismo deve ser visto como um todo. O sangue é o portador de triacilgliceróis na forma de VLDLs e quilomicrons, ácidos graxos acoplados a albumina, aminoácidos, lactato, corpos cetônicos e glicose. O pâncreas é o órgão primário envolvido em detectar o estado dietético e energético do organismo, monitorando as concentrações de glicose no sangue. Baixa concentração de glicose no sangue estimula a secreção de glucagon, considerando que, altas quantidades deste substrato (glicose), condiciona a secreção de insulina. O metabolismo de

gordura é regulado através de dois mecanismos distintos. A regulação rápida, atribuída a substratos hormônios-sensíveis, e lenta que acontece devido a alteração da taxa da rotatividade para síntese enzimática. A produção de lipase de lipoproteína no tecido adiposo, também é aumentada com a diminuição da insulina no jejum. O tecido adiposo contém lipase hormônio-sensível que é ativada através de fosforilação de PKA-dependente, esta ativação aumenta a liberação de ácidos graxos no sangue. Tal fato, conduz a um aumento da oxidação de ácidos graxos em outros tecidos como músculo e fígado. No fígado, o resultado líquido (devido ao aumento da concentração de acetil-CoA) é a produção de corpos cetônicos, isto acontece sob condições nas quais o carboidrato armazenado e precursor da via gliconeogênica disponível no fígado não é suficiente para permitir a produção de glicose. Os níveis maiores de ácidos graxos disponíveis com respeito ao glucagon ou epinefrina estão completamente protegidos de serem oxidados, porque a PKA também fosforila a ACC, deste modo a síntese de ácido graxo é inibida.

A insulina tem o efeito oposto ao glucagon e epinefrina, aumentando a síntese de triacilgliceróis e indiretamente o glicogênio. Um dos muitos efeitos da insulina é o de baixar os níveis de acoplamento que conduzem a defosforilação pelo aumento da atividade fosfatase proteína como PP-1. A reação de defosforilação do ácido graxo, inativa a lipase hormônio-sensível. O metabolismo de gordura também pode ser regulado por inibição malonil-CoA-mediada por aciltransferase carnitina I. Tal regulação serve para prevenir que ácidos graxos recém sintetizados entrem na mitocôndria onde então seriam oxidados (KING, 2004; VOET et al., 2000).

2.5 GORDURA E DIGESTIBILIDADE DA FIBRA

Os carboidratos vegetais consistem de dois componentes, parede celular e conteúdo celular. A parede celular é composta basicamente por celulose, hemicelulose, substâncias pépticas, galactanos e beta-glucanos e o conteúdo celular, é uma mistura de açúcares, amido, gorduras, ceras, pigmentos e outros precursores de energia. Parte destes carboidratos a exceção da hemicelulose e celulose, formam a fração CSDN, que não é nutricionalmente equivalente. Alterando as proporções dos componentes desta fração nas dietas, poderão ocorrer mudanças na digestibilidade destes elementos e conseqüentemente desta fração. Com um sistema para determinar quantidades da fração do CSDN na ração, é possível se entender melhor como os diferentes tipos afetam o desempenho animal, e desenvolver recomendações para CSDN dentro de um raciocínio para formulação de dietas, como entendemos por exemplo, que a proteína bruta ou fibra em detergente neutro de diferentes fontes, não se portam exatamente da mesma maneira em todas as dietas. É necessário trazer a mesma visão para o CSDN como para estas outras frações que, podem alterar a digestibilidade, taxa de fermentação e outros atributos nutricionais.

Estes conteúdos, CSDN, são digeridos da mesma maneira descrita anteriormente como, amido, gordura e proteína, preferencialmente no intestino delgado (HALL, 2000).

Resultados de estudos relativos a efeitos da ingestão de gordura e digestibilidade aparente da fibra em cavalos são conflitantes. Alguns investigadores informam que a adição de gordura à ração não afetou a digestibilidade da fibra (BUSH et al., 2001; RESENDE et al., 2004) embora outros encontraram um aumento (HUGHES, 1995; SCOTT, 1989).

2.6 ALFAFA EM CUBOS E GORDURA NA ALIMENTAÇÃO DE POTROS

Coleman et al. (2004), relataram vantagens e desvantagens na utilização de feno de alfafa na forma de cubos.

Vantagens : Redução do desperdício. Feno na forma de cubos não é desperdiçado na mesma proporção que em ramas, mesmo se o alimento cair no chão. Cavalos alimentados com feno na forma de ramas podem separar as folhas dos talos e consumir somente as partes preferidas, tal fato não acontece com cubos; Controle do consumo. É mais fácil controlar o consumo diário da forragem na forma de cubos do que a em ramas; Conteúdo consistente de nutrientes. Os níveis de nutrientes tendem a ser mais consistente no feno em cubos; Redução de pó. Cubos apresentam pouco pó sendo portanto uma boa alternativa para cavalos com problemas respiratórios causados por este fator; Facilidade de controle de estoque e manuseio. Cubos podem ser estocados e manuseados como qualquer concentrado que seja ensacado; Exigências de armazenamento reduzidas. Cubos são mais densos que feno em ramas portanto requerem menos espaço para armazenamento ; Custos de transporte reduzidos. Por apresentarem maior densidade permite uma grande economia de frete; Segurança no armazenamento. Alfafa em cubos por estar ensacada, apresenta maior segurança e facilidade para rotação de estoques.

Desvantagens: Consumo de alimento excessivo. Cubos devem ser fornecidos com controle rígido para evitar consumo exagerado; Controle de umidade. Alfafa em cubos requer atenção no armazenamento para prevenir umidade excessiva; Custo. Processamento acrescenta custo de equipamentos e manufatura ao feno.

Bush et al. (2001) estudou o efeito da gordura dietética “in vitro” sobre o desaparecimento dos nutrientes em fluido cecal de eqüinos foi estudado em experimento, que utilizou animais alimentados somente com feno de alfafa ou alfafa mais 100 g de óleo. Foram utilizados cinco alimentos para determinar “in vitro” o

desaparecimento da MS, MO, FDN, FDT.: alfafa cubo, festuca , trevo vermelho, casca de soja e aveia laminada. A adição de gordura não afetou o desaparecimento da MS, MO, ou FDN, enquanto que na dieta com aveia laminada, aumentou o desaparecimento para a fração FDN. Para os componentes, MS e MO o maior índice encontrado foi para aveia laminada, seguida por casca de soja, alfafa, trevo vermelho, e festuca. O desaparecimento “In vitro” do FDN foi mais alto para casca de soja seguida por aveia laminada, alfafa, trevo vermelho, e festuca.

Em outro trabalho os autores estudaram, o efeito de níveis variados no consumo de nutrientes e digestibilidade aparente total, em quatro éguas adultas que foram alimentadas com 60% de forragem (alfafa em cubos) e 40% de concentrado. As dietas continham diferentes concentrações de gordura : 0% controle; 5%;10% ou 15% de óleo de milho. Os tratamentos não afetaram o consumo de concentrado, PB, EB, FDN. As éguas que consumiram a dieta controle tiveram maior consumo de alfafa em cubos, MS, e MO, seguido por 10, 5, e 15% de inclusão de óleo de milho, respectivamente. Os tratamentos não afetaram a digestibilidade dos nutrientes. Os animais que consumiram a dieta com 15% de óleo de milho tiveram a maior digestibilidade para o EE, enquanto que esse a controle apresentou a mais baixa. Em geral a gordura adicionada na forma de óleo de milho apresentou pequeno efeito “in vitro” e “in vivo” sobre a digestibilidade dos nutrientes em cavalos (BUSH et al., 2001).

Ropp et al. (2003), mostraram que a adição de 10% de gordura no concentrado não afetou as concentrações de insulina, hormônio de crescimento fator-I e a média de ganho de peso diário comparado a uma dieta convencional a base de carboidratos solúveis. A adição de óleo, não afetou a produção de hormônios de crescimento e insulina, associados a doenças ortopédicas desenvolvimentares ou seja, predispor os potros a distúrbios prejudiciais de

crescimento. Os resultados do estudo citado, apóiam o conceito de que a gordura pode substituir uma porção da fonte de energia no concentrado destinado a alimentação de potros, com intuito de se obter crescimento rápido. A utilização de gordura na dieta para eqüinos, demonstrou benefícios para o crescimento e estado nutricional dos potros contudo, a idéia de se aliviar a incidência de doenças associadas com problemas ortopédicos de crescimento, devido a esta substituição, pode não ser verdadeira.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste experimento foram adotados os materiais e as metodologias descritas a seguir.

3.1 LOCAL

O experimento foi conduzido no período compreendido entre os meses de setembro e novembro de 2004, nas dependências do setor de Equideocultura do Campus Administrativo de Pirassununga e as análises feitas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP), localizados no município de Pirassununga, estado de São Paulo.

3.2 ANIMAIS

Foram utilizados quatro eqüinos machos, meio irmãos, sem raça definida, $\frac{1}{2}$ sangue Appaloosa, com idade aproximada de dez meses e peso médio de 197,25 Kg (170 kg ; 216 kg), pertencentes ao rebanho da USP, vermifugados, pulverizados contra ectoparasitos e imunizados contra tétano.

As figuras 1 e 2 , têm o intuito de exemplificar as características raciais dos animais utilizados no experimento, fotografados no início e final do período experimental, respectivamente.

Figura 1 - Potro no início do período experimental

Figura 2 – Foto no final do período experimental

3.3 CLIMA

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, descrito por Oliveira e Prado, (1984) é do tipo Cwa-temperado chuvoso, com inverno seco e verão quente e úmido.

3.4 DIETAS E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os animais foram colocados em baias individuais (2,5 m X 3,0 m) devidamente identificadas. Estas possuíam porta em madeira formada por duas partes que possibilitavam movimento independente entre si. Nas baias, existiam bebedouros, cochos separados para o fornecimento de volumoso e concentrado, piso de cimento queimado sobre o qual foi colocada maravalha de madeira, material este que era retirado na tarde que precedia os dias de coleta das fezes.

Para a formulação das dietas, utilizou-se quatro ingredientes, cujas descrições e análises bromatológicas encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 - Alimentos utilizados na formulação das dietas experimentais e composições bromatológicas (100% MS)

Alimento	MS	MO	PB	EE	FDN	FDA	MM	Ca	P
Alfafa em cubos	89,76	79,95	20,51	1,63	39,44	32,79	9,81	1,31	0,35
Alfafa em ramas	89,91	80,92	16,79	1,35	51,24	39,94	8,99	1,42	0,19
Concentrado Comercial	90,56	75,58	13,96	3,59	39,49	15,70	14,98	2,19	0,89
Óleo de soja	99,80	99,7	-	99,70	-	-	-	-	-

Para determinação da digestibilidade aparente total, formulou-se quatro dietas cujas variações foram: forma de processamento do feno (alfafa: em cubos ou em ramas); com adição ou não de óleo refinado de soja (cubo óleo ou rama óleo) colocado sobre a fração concentrado da dieta, no momento do fornecimento. Os níveis nutricionais formulados, ficaram de acordo com as exigências para crescimento moderado, para animais que atingiriam 450 kg de peso quando adulto, conforme recomendações descritas no NRC (1989).

As formulações das dietas experimentais, base matéria original, encontram-se na tabela 2 .

Tabela 2 - Formulações das dietas experimentais, base matéria original

Dieta	Alfafa em cubos		Alfafa em ramas		Concentrado Comercial		Óleo de soja	
	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)
Cubo	55,56	2500,	-	-	44,44	2000,	-	-
Rama	-	-	55,56	2500,	44,44	2000,	-	-
Cubo óleo	51,87	2500,	-	-	41,49	2000,	6,64	320,
Rama óleo	-	-	51,87	2500,	41,49	2000,	6,64	320,

A tabela 3, apresenta as análises bromatológicas das dietas (feno + concentrado).

As rações foram fornecidas em duas refeições ao dia, divididas em partes iguais e servidas em horários constantes as 7:00hs e 19:00hs. O concentrado foi fornecido em um comedouro separado do volumoso, água e sal mineral estavam disponíveis *ad libitum*.

As figuras 3 e 4 mostram uma imagem da alfafa em cubos e em ramas, respectivamente.

Figura 3 – Feno de alfafa conservado na forma de cubos, utilizado no experimento

Figura 4 – Fardos de alfafa conservado na forma de ramas, utilizado no experimento

Tabela 3 - Composição bromatológica das dietas experimentais (100% MS).

Dietas	MO	PB	EE	FDN	FDA	MM	Ca	P
Cubo	87,88	17,58	2,51	39,46	25,16	12,12	1,70	0,59
Rama	88,34	15,53	2,35	46,00	29,12	11,66	1,76	0,50
Cubo óleo	88,77	16,3	9,6	36,58	23,32	11,23	1,53	0,52
Rama óleo	89,19	14,39	9,45	42,64	27,00	10,81	1,59	0,44

3.5 METODOLOGIA DE COLETAS E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

O experimento foi realizado em quatro períodos com duração de onze dias cada, sendo que, os oito primeiros dias foram para adaptação às dietas e os três dias subsequentes, para coletas dos materiais (ARAÚJO et. al., 2003). As coletas

totais das fezes foram feitas em um período de 24 horas durante três dias, com os animais mantidos nas baias, com piso de concreto, sem cama. As fezes foram recolhidas, identificadas individualmente, e do total coletado, após homogeneização, foram retiradas frações correspondente a 10% do total, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas para posterior análises laboratoriais.

Ao final dos quatro períodos de coletas, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, homogeneizadas manualmente, pesadas e secas em estufa de ventilação forçada a 65° C, por 72 horas. Logo após foram moídas em moinhos com peneira de 1 mm². Amostras compostas foram elaboradas, com base no peso seco, para cada animal e período. Todas as amostras após serem moídas e acondicionadas em recipiente de vidro, com tampa de polietileno foram estocadas para devidas análises.

3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado o delineamento experimental em Quadrado Latino 4X4 (quatro animais e quatro períodos), com arranjo fatorial do tipo 2X2, para tratamentos, onde os fatores foram processamento do feno de alfafa (em cubos X em ramas) e adição de (com óleo X sem óleo).

Adotando-se para análise estatística o procedimento GLM (General Linear Model), do programa SAS (Statistical Analysis System, 1985), sendo anteriormente verificada a normalidade dos resíduos pelo teste de SHAPIRO-WILK (Proc Univariate) e as variâncias comparadas pelo teste F considerando 5% ($P < 0,05$) como nível de significância. O quadro de análise de variância é mostrado na tabela 4, e o delineamento em Quadrado Latino na tabela 4.1.

Tabela 4 - Quadro esquemático de análise de variância

Causas de variação	Graus de liberdade	
Tratamentos	3	
Fonte (com ou sem óleo)		[1]
Processamento (cubo ou rama)		[1]
Interação		[1]
Linhas (período)	3	
Colunas (animais)	3	
Resíduo	6	
Total	15	

Tabela 4.1 – Quadro esquemático do delineamento em Quadrado Latino 4X4

Animal					
Período		1	2	3	4
	1º	Cubo Óleo	Rama	Rama Óleo	Cubo
	2º	Cubo	Cubo Óleo	Rama	Rama Óleo
	3º	Rama Óleo	Cubo	Cubo Óleo	Rama
	4º	Rama	Rama Óleo	Cubo	Cubo Óleo

3.7 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

As análises de: matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), fibra bruta (FB), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), foram realizadas segundo a metodologia descrita por Silva (1990).

3.8 EQUAÇÕES

As equações utilizadas para a obtenção do coeficiente de digestibilidade, NDT, ENN e ED, estão aqui relacionadas conforme descrição no trabalho de Pagan

(1998).

3.8.1 Coeficiente de digestibilidade

$$CD\% = \frac{(\text{fração ingerida} - \text{fração excretada})}{(\text{fração ingerida})} \times 100$$

3.8.2 Nutrientes digestíveis totais

$$NDT\% = PD\% + EED\% \times (2,25) + FDND\% + ENND\%$$

3.8.3 Extrativos não nitrogenados

$$ENN\% = 100 - PB\% - EE\% - FDN\% - MM\%$$

3.8.4 Predição da energia digestível relacionada ao NDT

$$ED \text{ (kcal/kg)} = 255 + 3660 \times NDT$$

3.8.5 Estimativa da fração de hemicelulose

$$HEMICELULOSE\% = FDN\% - FDA\%$$

3.9 ANÁLISE ECONÔMICA

Por não se tratar de comódites, portanto não possuindo preços base divulgados em veículos específicos para tal, os valores para se compor este item, foram obtidos por levantamento direto através de enquete, em cinco lojas agropecuárias da região de Campinas, estado de São Paulo.

Aplicando-se os preceitos da Teoria Econômica ao contexto deste trabalho, pode-se dizer que uma curva de indiferença é aquela que permite o mesmo desempenho ao animal (no caso, digestibilidade), empregando-se os 4 tratamentos (alfafa em cubos ou em ramas e adição ou não de óleo), utilizados na dieta do animal. Logo, trata-se de uma curva que permite ao animal o mesmo desempenho com combinações diferentes alfafa cubo (x_1); alfafa rama (x_2); cubo óleo (y_1) e rama óleo (y_2). Assim após a substituição de uma dieta pela outra, o equino estaria tão bem suprido quanto antes. Pode-se considerar então que $\Delta x_1 / \Delta y_1$ ou $\Delta x_2 / \Delta y_2$, é a taxa à qual o animal está disposto a substituir uma dieta pela outra, mantendo o mesmo desempenho. Esta taxa é denominada Taxa Marginal de Substituição Técnica (TMST). Para insumos que são substitutos próximos, a combinação ótima é aquela em que a relação entre os produtos marginais dos insumos (TMST) é igual à relação entre seus preços. Para substitutos perfeitos, se utiliza exclusivamente o insumo que gerar o menor custo médio ou qualquer combinação de insumos, se as relações entre produtividade e preços forem iguais (EATON; EATON, 1999). No caso dos equinos, o produto não está associado a características produtivas como em outras culturas tais como, ganho de peso, produção de leite e outras, mas a resposta na manutenção dos animais em igual condição de resposta à digestão. Assim, não se define um valor de mercado para o produto, mas indicadores físicos, mensuráveis do produto.

Foram considerados no caso desse trabalho como indicadores (i) do produto de nutrição: a digestibilidade, relacionada às dietas com alfafa em cubos ou ramas

com ou sem a adição de óleo. Sob a hipótese de que os insumos são substitutos perfeitos, a escolha ótima recairá sobre o tratamento que propiciar o menor custo por unidade de nutriente absorvido pelo animal.

Para a obtenção do custo total do arraçãoamento foi considerado o custo das matérias -prima, entregues na região de Campinas. Não foram considerados o custo fixo e outros variáveis da eqüideocultura, a não ser o custo do arraçãoamento, uma vez que os primeiros são semelhantes para todos os tratamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ASPECTO DOS ANIMAIS

Os potros utilizados nesse trabalho, terminaram o período experimental, com idade aproximada de onze meses e peso médio de 227, 25 Kg (216 kg ; 242 kg). O ganho de peso médio diário foi de 0,66 kg que está de acordo com o esperado para eqüinos em crescimento moderado segundo o NRC (1989). Visualmente a aparência, das pelagens e coberturas muscular melhoraram, concordando com os comentários apresentados no estudo de Ropp et al. (2003).

Os alimentos oferecidos foram bem aceitos, aparentemente não ocorreu qualquer distúrbio digestivo ou de outro tipo no decorrer desse experimento. Os resultados observados nesse trabalho refletiram as condições de cada tratamento testado e as digestibilidades encontradas são semelhantes às publicadas por, Pagan (1998); Ordakowski et al. (2001) e Hussein et al. (2004).

4.2 DEMONSTRATIVO DOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE DAS DIETAS EXPERIMENTAIS, NDT E PREDIÇÃO DA ENERGIA DIGESTÍVEL

Os coeficientes médios de digestibilidade estão apresentados na tabela 5 e figura 5.

Tabela 5 – Médias (4 animais), dos coeficientes 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); respectivos coeficientes de variação e valores de p, das dietas teste obtidas pelo método de coleta total

	Cubo	Cubo Óleo	Rama	Rama Óleo	Coeficiente de variação	Valor de P Processamento	Valor de P Óleo (com ou sem)
MS	60,60 ^b	66,18 ^a	60,10 ^b	65,18 ^a	7,15	NS	0,0093
MO	66,47 ^b	70,66 ^a	65,35 ^b	69,83 ^a	5,67	NS	0,0111
PB	80,02 ^a	79,98 ^a	76,71 ^b	76,29 ^b	3,04	0,0048	NS
EE	67,41 ^b	89,23 ^a	68,68 ^b	90,52 ^a	15,06	NS	< 0,0001
FDN	42,15 ^{bc}	47,15 ^{a b}	47,92 ^b	53,24 ^a	15,52	0,0147	0,0257
FDA	35,60 ^b	41,43 ^b	43,40 ^a	47,23 ^a	20,96	0,0237	NS

a, b, c - Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente. As variâncias foram comparadas pelo teste F com 5% de significância.
NS – Não significativo

Figura 5 - Digestibilidade média aparente, desvios padrão dos nutrientes por tratamento (100% MS)

Os percentuais médios de digestibilidade dos nutrientes, NDT e predição da energia digestível estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Percentual dos nutrientes digestíveis e energia digestível predita, Mcal / kg, (base 100% de MS)

Dietas	PD	EED	FDND	ENND	NDT	ED (Mcal/kg)
Cubo	14,06	1,69	16,63	26,02	60,51	2,22
Rama	11,91	1,61	22,04	22,15	59,72	2,19
Cubo óleo	11,52	8,57	17,24	23,86	71,90	2,63
Rama óleo	10,98	8,55	22,70	20,04	72,95	2,67

As figuras 6 e 7 apresentam as digestibilidades médias dos nutrientes por tratamento, processamento com ou sem adição de óleo, respectivamente.

Figura 6 - Digestibilidade média aparente dos nutrientes e desvios padrão por tratamento processamento, sem adição de óleo (100% MS)

Figura 7 - Digestibilidade média aparente dos nutrientes por tratamento e desvios padrão com adição de óleo (100% MS)

4.3 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA MATÉRIA SECA

A dieta com o tipo de processamento sobre o feno de alfafa na forma de cubo, com adição de óleo foi a que apresentou o maior valor médio numérico para o CDAMS (66,18%), seguida por rama óleo (65,18%), cubo (60,60%) e rama (60,10%).

A adição de óleo influenciou significativamente a digestibilidade da matéria seca ($p < 0,0093$).

Esses resultados se assemelham aos encontrados por Cunha (1991); Todd et al. (1995); Nascimento et al. (2000) e Bush et al. (2001).

Os melhores resultados obtidos para digestibilidade aparente total da matéria seca oriunda das dietas cubo óleo e rama óleo poderia ser explicado devido a quantidade física de óleo adicionado (6,64 % da dieta total, tabela 2). O óleo é um alimento altamente digestível pela espécie em estudo. Níveis de até 25% da matéria

seca da ração total, sob a forma de gordura adicionada, são digeridos eficazmente pelos eqüinos, com digestibilidade aparente de 70 a 90% (HINTZ, 1994).

No caso desses dois tratamentos (cubo e rama com adição de óleo), aproximadamente 10% da MS está composta por EE contra a média de 2,5% contido nas rações cubo e rama (tabela 3). As digestibilidades do EE foram de: 90,52; 89,23; 67,41; 68,68% para as dietas rama óleo, cubo óleo, rama e cubo, respectivamente (tabela 5). Por si só a leitura e interpretação algébrica desses números corroboram para o entendimento da superioridade do ponto de vista da digestibilidade aparente total da MS, a favor das dietas que contenham óleo vegetal adicionado. Outro fator a se considerar seria o possível retardo do esvaziamento gástrico.

Dietas com elevadas quantidades de gordura podem retardar o esvaziamento gástrico em humanos (WOLEVER, 1990). Uma diminuição na velocidade de passagem ocasionada pela adição de gordura poderia ter contribuído com uma melhor exposição do bolo alimentar aos processos digestórios, melhorando com isto a digestibilidade dessas dietas.

Manzano et al. (1995), observaram que a taxa de passagem da fase sólida na dieta com gordura foi estatisticamente mais lenta que nas demais dietas estudadas que não tiveram adição de gordura.

Há contradição entre autores quanto aos efeitos da adição do óleo às dietas dos eqüinos. Rammerstorfer (1998) afirmou que a utilização de gordura na alimentação dos eqüinos não causa efeitos deletérios na digestão dos constituintes da dieta, enquanto que Jansen et al. (2000) declararam que afeta, por alterar a taxa de passagem da digesta e provocar inibição no desenvolvimento da microflora do intestino grosso, com conseqüente redução na capacidade de fermentação pelas bactérias celulolíticas.

A forma de processamento sobre o feno de alafafa (cubo ou rama) não influenciou significativamente a digestibilidade da MS ($p < 0,6163$). Não houve interação significativa entre os tratamentos ($p < 0,8668$).

4.4 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA MATÉRIA ORGÂNICA

A dieta com feno processado sob a forma de cubo acrescida de óleo, foi a dieta que apresentou o maior valor médio numérico do CDAMO (70,66%), seguida por rama óleo (69,82%), que foi superior aos apresentados pelas dietas cubo (66,46%) e rama (65,34%).

Como esta fração (MO), é obtida por diferença algébrica entre MS e MM, podemos estabelecer raciocínio análogo ao CDAMS anteriormente descrito, a adição de óleo sobre o concentrado contribuiu significativamente para o aumento da digestibilidade da matéria orgânica ($p < 0,0111$), enquanto que a forma de processamento sobre o feno de alfafa (cubo ou rama) não influenciou estatisticamente no resultado ($p < 0,4454$).

Não houve interação significativa entre os tratamentos ($p < 0,9085$).

4.5 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA PROTEÍNA BRUTA

A dieta com processamento do feno na forma de cubo, apresentou o maior valor médio numérico para o CDAPB (80,01%), seguida por cubo óleo (79,98%), rama (76,70%) e rama óleo (76,28%). A digestibilidade da PB foi significativamente afetada pelo processamento ($p < 0,0048$). Lambert e Janika (s/data) citados por Nascimento et al., (2000) relataram que, apesar da parte folhar fazer parte com menos de 50% do peso total do feno de alfafa, contém 70% da proteína e 90% do

caroteno. Com base nesta afirmação, podemos suspeitar, que a relação folha / haste, seria maior nas dietas quando o processamento do feno foi na forma de cubo quando comparadas às dietas sob a forma de rama.

Componentes da parede celular não são digeridos no intestino delgado, conteúdos ricos em fibra podem diminuir a digestibilidade de outros nutrientes pois, a associação da lignina a outras frações reduz sua digestibilidade, impedindo a fermentação adequada pelas bactérias ruminais e cecais (VAN SOEST, 1982).

Pagan (1998) descreve a relação inversa entre o nível de proteína que está incorporada ao conteúdo celular de um alimento e a digestibilidade da proteína bruta. Para ocorrer uma boa digestão de alguns nutrientes das células vegetais é necessário que haja um bom fracionamento da parede celular com exposição desse conteúdo aos processos digestórios. Assim, o melhor resultado obtido para digestibilidade aparente da PB oriunda das dietas cubo e cubo óleo talvez possa ser explicado devido ao fato destas rações conterem relações folha haste, maiores quando comparadas com as dietas cujo processamento do feno era sob a forma de rama, possuindo relação folha haste menor portanto com maior teor de lignina, acarretando por este fato, uma diminuição da digestibilidade.

O tratamento óleo sobre o concentrado (com ou sem) não influenciou significativamente a digestibilidade da PB ($p < 0,7881$). Não houve interação significativa entre os tratamentos ($p < 0,8178$), na digestibilidade da PB. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Cunha (1991) e Todd et al. (1995), ambos relataram que dietas com óleo não afetaram a digestibilidade da proteína bruta em estudos com eqüinos. Jansen et al. (2000) também não encontraram diferença na digestibilidade da proteína bruta quando testaram dietas com elevada concentração de óleo para alimentação de eqüinos.

4.6 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DO EXTRATO ETÉREO

A dieta cujo processamento do feno foi na forma de rama, com adição de óleo, apresentou a maior média numérica para o CDAEE (90,51%), seguida por cubo óleo (89,23%), rama (68,68%) e cubo (67,40%). A digestibilidade do EE foi significativamente influenciada pela adição de óleo ($p < 0,0001$). No caso das dietas em estudo, o total do EE, foi obtido através da soma de duas ou três fontes de alimentos distintas, ou seja, concentrado comercial, alfafa e óleo, para as dietas cubo óleo e rama óleo ou duas como são os casos das rações cubo e rama (tabela 1). Seguindo o raciocínio, em função do EE adicionado não fazer parte do conteúdo celular da fração fibrosa, estaria mais disponível aos processos digestórios, já a partir do duodeno e, durante todo o percurso através do intestino delgado enquanto que o EE, intrínseco ao conteúdo celular das frações fibrosas, teria parte de sua exposição à esses processos somente após este percurso, ou seja, somente no intestino grosso, onde para a absorção desta forma de gordura, seria de pouca ou nenhuma valia, podendo então ter sido contabilizada como parte da porção fecal indigestível (PAGAN, 1998).

Alguns autores obtiveram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho ou seja, a adição de óleo vegetal à dieta de cavalos aumentou a digestibilidade da fração extrato etéreo (BOWMAN et al., 1977; JANSEN et al., 2000; JULEN et al., 1995; KANE et al., 1979; KRONFELD, 2004; RAMMERSTORFER et al., 1998; TODD et al., 1995).

Os resultados favoráveis obtidos com adição de gordura podem ser justificados devido a alta digestibilidade do óleo de soja, pois de acordo com Meyer (1995), fontes lipídicas de alta digestibilidade, como os óleos vegetais, podem ser totalmente degradadas no intestino delgado, não permitindo que 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) e Cunha (1991) afirmaram que a ausência da vesícula biliar nos eqüinos otimiza a digestão e absorção dos lípides no intestino delgado, pois a bile é constantemente lançada nessa porção do sistema digestivo.

A forma de processamento sobre o feno de alafafa (cubo ou rama) não influenciou significamente a digestibilidade do EE ($p < 0,5332$). Não houve interação significativa entre os tratamentos na digestibilidade do EE ($p < 0,9980$).

4.7 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA FDN

Em relação ao feno de alfafa, a respeito da influência na digestibilidade, o tipo de incrustação e a complexidade da lignina presente parecem ser menos severos do que nas gramíneas. Hartley e Haverkamp (1984), disseram:- apesar de apresentar altos teores de lignina, as leguminosas apresentam uma razoável digestibilidade da fibra pelo tipo de incrustação da lignina dessas plantas.

A dieta cujo processamento do feno de alfafa, foi na forma de rama, com adição de óleo, apresentou o maior valor médio numérico do CDAFDN (53,23%), seguida por rama (47,92%), cubo óleo (47,15%) e cubo (42,15%). A digestibilidade da FDN foi significativamente influenciada pela adição de óleo ($p < 0,0257$) e processamento no feno ($p < 0,0147$). Os coeficientes de digestibilidade da fração FDN encontrados, são similares aos descritos na literatura.

Talvez a adição de óleo modificou a cinética da passagem, diminuindo a velocidade de transito do bolo alimentar através do tubo digestório. A possível diminuição da velocidade de passagem com conseqüente aumento do tempo de permanência da digesta no trato intestinal e maior tempo de exposição da parede celular aos processos fermentativos, possivelmente colaboraram para a melhoria da

digestibilidade do FDN da dieta rama óleo. Por outro lado, ao observarmos a composição em hemicelulose (item 3.8.5) das duas fontes de alfafa, rama e cubo (16,88%) e (14,3%) respectivamente, verificaremos que a alfafa em rama possui aproximadamente 15% mais desta fração do que a em cubo. Como a digestibilidade, para a espécie eqüina da hemicelulose é maior em relação a da celulose (PAGAN, 1998), entendemos que tal fato, tenha influenciado significativamente este coeficiente a favor do processamento, neste experimento.

Alguns autores obtiveram resultados parecidos aos desse experimento ou seja, aumento do coeficiente de digestibilidade aparente total da FDN com adição de óleo na dieta para eqüinos (HUGHES, 1995; JULIEN, 1995; SCOTT, 1987; WEBB, 1987).

Gordura em excesso que não pôde ser aproveitada no intestino delgado entrará no ceco e cólon, e inibirá a fermentação bacteriana de componentes de fibra (FRAPE, 1986).

Outros autores obtiveram resultados diferentes quando adicionaram uma fonte extra de gordura à dieta dos eqüinos e não observaram alterações na digestibilidade da fibra detergente neutro (DAVISON et al., 1987; KANE et al., 1979; MCCANN et al., 1987; MEYERS et al., 1987).

Segundo Harris (1997), os resultados das pesquisas de digestibilidade aparente total realizadas com eqüinos alimentados com dietas ricas em gordura, são variáveis em virtude da utilização de animais de diferentes raças, idades, condições corporais, tempo de duração do experimento e, principalmente, diferentes dietas. Não houve interação significativa entre os tratamentos ($p < 0,9317$), na digestibilidade da FDN.

4.8 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL DA FDA

A dieta com processamento do feno na forma de rama com adição de óleo, apresentou a maior média numérica para o CDAFDA (47,22%), seguida por rama (43,40%), cubo óleo (41,42%) e cubo (35,60%).

A digestibilidade da FDA foi significativamente influenciada pelo processamento ($p < 0,0237$). A fração FDA basicamente consiste de celulose e lignina (PAGAN, 1998) portanto, uma forte razão para se explicar tal fato, seria o feno de alfafa em rama, base para as duas dietas rama (com ou sem óleo), apresentarem uma relação celulose / lignina maior que as em cubo (alfafa cubo com ou sem óleo).

Os resultados obtidos, são semelhantes aos de outros autores, nos quais não houve alteração significativa na digestibilidade da fibra em detergente ácido ($p < 0,0766$), influenciada por adição extra de óleo (JULEN et al., 1995; KANE et al., 1979; MCCANN et al., 1987; Rammerstorfer et al., 1998). Embora diferenças numéricas existam, sempre a favor da rama, seguida por óleo.

Jansen et al. (2000) verificaram que a substituição de parte dos carboidratos solúveis da dieta por óleo de soja reduziu a digestibilidade dos componentes da parede celular porém, o método empregado foi de substituição e não de adição de gordura como trata esse experimento o que possivelmente poderia acarretar resultados diferentes.

As Informações disponíveis relativas às interações de gordura, com outros componentes dietéticos, particularmente sobre a fibra, no sistema digestivo dos eqüinos são limitadas (BUSH et al., 2001).

Resultados obtidos nesse experimento se assemelham aos de outras pesquisas e concorda que a adição de óleo não influenciou significativamente a digestibilidade da fração FDA ($p < 0,0766$). Não houve interação significativa entre os tratamentos ($p < 0,6742$), na digestibilidade da FDA.

4.9 ANÁLISE ECONÔMICA DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Neste item do trabalho, estão colocados, os principais custos envolvidos que possam influenciar os resultados das dietas experimentais sob uma ótica econômica.

Nas tabelas 7 e 8, estão demonstradas as composições de preços e custos dos alimentos, que fizeram parte das dietas experimentais.

Tabela 7 – Demonstrativo de preços e custos dos alimentos estudados

<i>Preço / Itens</i>	<i>Custo R\$ / ton.</i>
Feno cubo FOB (Mun. Nova Fátima - PR)	800,00
Frete até Campinas -15 Ton. / carga, R\$720,00,00	48,00
Alfafa em cubos CIF Campinas	848,00
Feno rama FOB (Mun. Nova Fátima - PR)	500,00
Frete até Campinas - 7,0 Ton./ carga, R\$720,00	102,86
Alfafa em ramas CIF Campinas	602,86
Preço do concentrado CIF Campinas	450,00
Preço do óleo de soja CIF Campinas	2.600,00

Tabela 8 - Custo de formulação das dietas experimentais, base matéria original

<i>Dieta / ingrediente</i>	<i>Alfafa em cubos</i>		<i>Alfafa em ramas</i>		<i>Concentrado Comercial</i>		<i>Óleo de soja</i>		<i>Dieta total</i>
	(R\$/kg)	(kg/dia)	(R\$/kg)	(kg/dia)	(R\$/kg)	(kg/dia)	(R\$/kg)	(kg/dia)	(R\$/dia)
Cubo	0,85	2,5	-	-	0,45	2,0	-	-	3,02
Rama	-	-	0,6	2,5	0,45	2,0	-	-	2,41
Cubo óleo	0,85	2,5	-	-	0,45	2,0	2,6	0,32	3,85
Rama óleo	-	-	0,6	2,5	0,45	2,0	2,6	0,32	3,24

De posse das informações de custos, obtém-se os preços relativos das distintas dietas, que estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9 – Custos relativos dos tratamentos utilizados no experimento (Matéria original)

Relação entre dietas	Custo R\$/dia	Preço relativo
Cubo óleo / cubo	3,85 / 3,02	1,27
Rama óleo / rama	3,24 / 2,41	1,34
Cubo / rama	3,02 / 2,41	1,25
Cubo óleo / rama óleo	3,85 / 3,24	1,18

Em termos econômicos, os resultados da tabela 9 indicam que a dieta cubo óleo seria viável se os indicadores físicos apresentassem um desempenho, no mínimo, 27% superior ao desempenho do animal tratado com a dieta cubo. No caso da dieta rama óleo, o desempenho apresentado deveria ser 34% superior quando comparado ao da dieta rama. Da mesma forma, os desempenhos apresentados sob influência das dietas cubo / rama e cubo óleo / rama óleo deveriam ser no mínimo 25 e 18% superiores, respectivamente.

Verificando os dados da tabela 5 e transcritos para a tabela 10, observa-se que, apesar da digestibilidade aparente total de diversos nutrientes ter sido superior a vários nutrientes, o aumento proporcionado não atinge os limites mínimos necessários indicados pela análise econômica, exceto para o EE das dietas cubo óleo X cubo e rama óleo X rama, pois ambos excederam em 5 pontos percentuais o limite mínimo econômico (32-27%).

Tabela 10 – Incremento (%) sobre as digestibilidades aparentes totais médias, para os tratamentos processamento e/ou adição de óleo

Efeitos	Relação entre dietas	MS	PB	EE	FDN	FDA
Adição de óleo	Cubo óleo / cubo	1,09	1,0 *	1,32	1,12	1,16 *
	Rama óleo / rama	1,08	1,0 *	1,32	1,11	1,09 *
Processamento	Cubo / rama	1,0 *	1,04	0,98 *	0,88	0,82
	Cubo óleo / rama óleo	1,01*	1,05	0,98 *	0,88	0,88

Os algarismos marcados com (*), representam as médias dos tratamentos que não apresentaram significância.

Analisando-se os ganhos nos índices físicos (Tabela 10), (valores > 1), verifica-se que os incrementos estão aquém dos aumentos de custos gerados pelo processamento e / ou adição de óleo a exceção do EE, a favor das dietas cubo óleo ou rama óleo, confirmando com isto que nos moldes deste experimento a variável resposta (digestibilidade aparente total) medida, respondeu economicamente à adição de óleo para a fração EE. Considerando-se, por outro lado, que o custo da dieta cubo óleo foi praticamente 19% superior que a da rama óleo, pode-se concluir que o uso desta última seria o mais recomendado, sob o ponto de vista econômico.

De posse das informações dos custos das dietas (Tabela 8), podemos obter também os preços relativos para o NDT e ED (predita), (Tabela 6), correspondente a cada uma delas, que estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11 – Custos relativos dos tratamentos utilizados no experimento para NDT e ED (Matéria original)

Relação entre dietas	Custo (R\$/kg)		Preço relativo	
	NDT	ED	NDT	ED
Cubo óleo / cubo	1,11 / 1,11	0,30 / 0,30	1,00	1,00
Rama óleo / rama	0,92 / 0,89	0,25 / 0,24	1,03	1,04
Cubo / rama	1,11 / 0,89	0,30 / 0,24	1,25	1,25
Cubo óleo / rama óleo	1,11 / 0,92	0,30 / 0,25	1,21	1,20

Em termos econômicos, os resultados da tabela 11 indicam que a dieta cubo óleo seria viável se os valores para (NDT ou ED) apresentassem um número, no mínimo, 1% superior ao da dieta cubo. No caso da dieta rama óleo, o valor apresentado deveria ser 3 e 4% superior para o NDT e ED, respectivamente quando comparado aos da dieta rama. Da mesma forma, os valores apresentados sob influência das dietas cubo / rama e cubo óleo / rama óleo deveriam ser no mínimo 25 e aproximadamente 20% superiores, para o NDT e ED, respectivamente.

Verificando os dados da tabela 6 transcritos para a tabela 12, observa-se que, o valor do NDT e ED é superior para dois tratamentos, dietas cubo óleo X cubo e rama óleo X rama, que excederam em aproximadamente 18 e 21 pontos percentuais do limite mínimo econômico.

Tabela 12 – Incremento (%) sobre os valores médios de NDT e ED, para os tratamentos processamento e/ou adição de óleo

<i>Efeitos</i>	<i>Relação entre dietas</i>	<i>NDT</i>	<i>ED</i>
Adição de óleo	Cubo óleo / cubo	1,19	1,18
	Rama óleo / rama	1,22	1,22
Processamento	Cubo / rama	1,01	1,01
	Cubo óleo / rama óleo	0,98	0,98

Analisando-se os ganhos nos índices físicos para NDT e ED (Tabela 12), (valores > 1), verifica-se que os incrementos para processamento estão aquém dos aumentos de custos gerados. Porém para a adição de óleo, a análise econômica demonstra ser favorável às dietas cubo óleo ou rama óleo X cubo e rama, respectivamente, confirmando com isto que nos moldes deste experimento, para o aumento da concentração energética, estimado através dos valores do NDT ou ED a adição de óleo mostra-se viável economicamente.

5 CONCLUSÕES

Com base nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

A adição de óleo refinado de soja afetou positiva e significativamente, a digestibilidade aparente total da: MS (66,18%), MO (70,66%), para a dieta cubo óleo; EE (90,52%) e FDN (53,24%), para a dieta rama óleo.

O processamento da alfafa interferiu positiva e significativamente, sobre digestibilidade aparente total da PB (80,02%), para a dieta cubo; FDN (47,92%) e FDA (43,40%) para a dieta rama.

Independentemente do processamento sobre o feno de alfafa, a adição de óleo refinado de soja aumentou de maneira significativa e econômica a digestibilidade da fração EE.

Feno de alfafa na forma de ramas, com adição de óleo, seria a opção mais econômica para utilização na dieta de potros devido ao custo de mercado ser mais baixo.

A adição de óleo refinado de soja na dieta composta por : concentrado comercial, em uma base volumosa de feno de alfafa, aumentou a densidade calórica (NDT ou ED) nas dietas estudadas, não deprimindo a digestibilidade aparente total dos macros nutrientes orgânicos e de maneira economicamente viável, para as condições desse experimento.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, K. V. ; LIMA, J. A. F. ; FIALHO, E. T. ; FRANCO, G. L. Avaliação de períodos de coleta total de fezes para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. **Ciências agrotécnicas, Lavras**. v.27, n. 4, p. 886-893, jul./ago., 2003.

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, p. 1035-1042, 1974.

BOWMAN, V. A.; FONTENOT, J. P.; WEBB JR., K. E. Proceedings 5th Equine Nutrition and Physiology Symposium. St. Louis, MO: **Proceedings of the Equine Nutrition and Physiology Society**, p. 40, 1977.

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. 7, p. 232-239, 2001.

CLARKE, L. L.; ROBERTS, M. C. ; ARGENZIO, R. A. Feeding and digestive problems in horses. **Veterinary Clinic of North American: Equine Practice**, v. 6, n.2, p. 433-450, 1990.

COLEMAN, R. J. Alfalfa cubes: an alternative forage. Department of Animal Science, University of Kentucky. Disponível em:
<<http://www.neosoft.com/~iaep/pages/protected/jissues/j1906/j1906p392.html>>.
Acessado em: 25 jun. 2004.

COLEMAN, R. J.; MATHISON, G. W.; BURWOSH, L.; MILLIGAN, J. D. The effect of protein supplementation of alfalfa cube diets on the growth of weanling horses. Department of Agricultural, Food and Nutritional Science, University of Alberta. Disponível em:
<<http://www.neosoft.com/~iaep/pages/nutrition/nutritionresearch.html>>. Acessado em: 15 abr. 2004.

COVERDALE, J. A.; MOORE, J. A.; TYLER, H. D.; MILLER-AUWERDA, P. A. Soybean hulls as an alternative feed for horses. **Journal of Animal Science**, v. 82, n.6, p. 1663-1668, 2004.

CROZIER, J. A.; ALLEN, V. G.; JACK, N. E.; FONTENOT, J. P. ; COCHRAN, M. A. Digestibility, Apparent Mineral Absorption, and Voluntary Intake by Horses Fed Alfalfa, Tall Fescue, and Caucasian Bluestem. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 6, p. 1651–1658, 1997.

CUNHA, T. J. **Horse feeding and nutrition**. 2. ed. San Diego: Academic, 1991. 445 p.

- DE FOMBELLE, A.; JACOTOT, E.; DROGOUL, C. Effect of the hay, grain ratio on digestive physiology and microbial ecosystem in ponies. In: EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 16., 1999, North Caroline. **Proceedings...** North Carolina: ENPS, 1999, p. 151.
- DE FOMBELLE, A.; VEIGA, L.; DROGOUL, C.; JULLIAND, V. Effect of diet composition and feeding pattern on the prececal digestibility of starches from diverse botanical origins measured with the mobile nylon bag technique in horses. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 12, p. 3625-3634, 2004.
- DE LA CORTE, F. D.; VALBERG, S. J.; MACLEAVY, J. M.; WILLIANSON, S. E.; MICKELSON, J. R. Glucose uptake in horses with polysaccharide storage myopathy. **American Journal of Veterinary Research** V. 60, n. 4, p. 458-462, 1999.
- DAVIDSON, K. E.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W.; GREENE, L. W. ; HARGIS, P. S.; CORN, C. D. ; WEBB, S. P. Growth, nutrient utilization, radiographic bone characteristics and postprandial thyroid hormone concentrations in weanling horses fed added dietary fat. **Equine and Veterinary Science** V.11, n. 2, p. 119-125, 1991.
- DAVISON, K. E.; POTTER, G. D.; GREENE, L.W. et al. Lactation and reproductive performance of mares fed added dietary fat during late gestation. **Proceedings of the Equine Nutrition and Physiology Society**, v.10, p. 87-92, 1987.
- EATON, B. C.; EATON, D. F. **Microeconomia**. São Paulo: Livraria Saraiva, 1999, 606 p.
- FRAPE, D. In: Ingredients of horse feeding. **Equine nutrition and feeding**. Essex: Longman Scientific e Technical, 1986, 373 p.
- GAGMON, L.C.; BARBISAN, D. Consumption Time of Cubed Rations As Compared to Long-Stemmed Hay and Grain in Weanlings. Animal & Range Science Department Montana State University. Disponível em: <<http://www.animalrangeextension.montana.edu/Articles/Equine/ConsumpTime/ConsumpTime.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2004.
- GEELLEN, N. J. 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, n. 6, p 31-36, 2001.
- GIBBS, P. G.; POTTER, G. D.; SCHELLING, G. T.; KREIDER, J. L.; BOYD, C. L. Digestion of hay protein in different segments of the equine digestive tract. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 2, p. 400-406, 1988.
- GILL, A. M.; PARKER, A.; LEAK, S.; LAWRENCE, L. M. Effects of meal feeding frequency and roughage availability on behaviors of stabled horses. In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 15. 1997, **Proceedings...** p. 404-405.
- GREIWE, K. M.; MEACHAM, T. N.; FONTENOT, J. P. Effect of added dietary fat on exercising horses. In: EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 11. 1989, **Proceedings...** p. 101-106.

HAINZE, M. T. M.; MUNTIFERING, R. B.; WOOD, C. W.; MCCALL, C. A.; WOOD, B. H. Faecal phosphorus excretion from horses fed typical diets with and without added phytase. **Animal Feed Science and Technology**, v. 117, n. 3, p. 265-279, 2004.

HALL, M. B. Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. **Bulletin**, p. 339, 2000.

HARTLEY, R. D.; HAVERKAMP, J. Pyrolysis – mass spectrometry of the phenolic constituents of plant cell walls. **Journal of Science Food Agriculture**, v. 35, n. 1, p. 14-20, Jan., 1984.

HINEY, K. M.; POTTER, G. D. A review of recent research on nutrition and metabolism in the athletic horse. **Nutrition Research Reviews**, v. 9, n.1, p.149 -173, 1996.

HINTZ, H. Digestive physiology of the horse. **Journal of South Africa and Veterinary Associates**, v. 46, n. 1, p. 13-16, 1975.

HINTZ, H. F. Alimentando o cavalo atleta. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO CAVALO DE ESPORTE, 19., 1997. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1997, p. 49-57.

HINTZ, H. F. Comparison of digestion coefficient obtained with cattle, sheep, rabbits and horse. **Journal of Animal Science**, v. 28, n. 5, p. 1045-1066, 1969.

HINTZ, H. F. Nutrition reports from ICEEP-5. **Equine Practice**, v. 21, n.1, p. 6-21, 1999.

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

HINTZ, H. F.; ROSS, M. W.; LESSER, F. R.; LEIDS, P. F.; WHITE, K. K.; LOWE, J. E.; SHORT, C. E.; SCHRYVER, H. F. The value of dietary fat for working horses I. Biochemical and hematological evaluations. **Journal of Equine and Medicine Surgery**, v.2, n.1, p. 483, 1978.

HOFFMAN, R. M. Carbohydrate and fat supplementation in grazing mares and foals. 1997, 112 p. **Ph.D.dissertation**. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 1997.

HOFFMAN, R. M.; LAWRENCE, L. A.; KRONFELD, D. S.; COOPER, W. L.; SKLAN, D. J.; DASCANIO, J. J.; HARRIS, P. A. Dietary carbohydrates and fat influence radiographic bone mineral content of growing foals. **Journal of Animal Science**, v. 77, n.9, p. 3330-3338, 1999.

HOFFMAN, R. M.; WILSON, J. A.; KRONFELD, D. S.; COOPER, W. L.; LAWRENCE, L. A.; SKLAN, D.; HARRIS, P. A. Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay, and horse feeds: direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 2, p. 500-506, 2001.

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. 6, 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**, v. 18, n.1, p. 349-352, 1995.

HUSSEIN, H. S.; VOGEDS, L. A.; FERNANDEZ, G. C. J.; FRANKENY, R. L. Effects of cereal grain supplementation on apparent digestibility of nutrients and concentrations of fermentation end-products in the feces and serum of horses consuming alfalfa cubes. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 7, p. 1986-1996, 2004.

JACKSON, S. G. Form follows function? How does conformation affect the performance horse. In: PAGAN, J.D. (Ed.). **Advances in Equine Nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 1998, p. 129-140.

JACKSON, S. G.; PAGAN, J. D. Growth management of young horses. A key to future success. **Journal of Equine and Veterinary Science**, v.13, n.1, p.10-11, 1993.

JANSEN, W. L.; KUILEN, J. V ; GEELLEN, S. N. J.; BEYNEN, A. C. The Effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fiber in trotting horses. **Equine Veterinary Journal**, v.32, n.1, p. 27-30, 2000.

JULEN, T. R.; POTTER, G. D.; GREENE, L. W.; STOTT, G. G. Adaptation to a fat-supplemented diet by cutting horses. **Proceedings of the Equine Nutrition and Physiology Society**. V. 15, n.10, p. 436, 1995.

KANE, E.; BAKER, J.P. Utilization of a corn oil supplemented diet by the horse. **Proceedings 5th Equine Nutrition & Physiology Society**, p. 41, 1977.

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

KENNEDY, M. A. P.; PAGAN, J. D.; HOEKSTRA, K. E.; LANGFOSS, E.; HEIDERSCHIEDT, K. An evaluation of corn oil, rice bran and refined dry fat as energy sources for exercised thoroughbreds. EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SOCIETY. 16., 1999. Proceedings... p. 130-134.

KING, M. W. **Regulation of Fatty Acid Metabolism**. Medical Biochemistry Page, IU School of Medicine. Disponível em:
<<http://web.indstate.edu/thcme/mwking/lipid-synthesis.html>>. Acesso em: 12 jul. 2004.

KRONFELD, D. S. Dietary fat affects heat production and other variables of equine performance, under hot and humid conditions. **Equine of Veterinary Journal Supplement**, v. 22, n.1, p. 24-34, 1996.

KRONFELD, D. S. Dietary aspects of developmental orthopedic disease in young horses. **Clinical Nutrition**, v.6, n.2 , p. 451-465, 1990.

KRONFELD, D. S.; HOLLAND, J. L.; RICH, G. A.; T. N.; 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, n.3, p. 1773-1780, 2004.

KURCZ, E. V.; SCHURG, W. A.; MARCELLO, J. A.; CUNEO, S. P. Dietary fat supplementation changes lipoprotein composition in horses. **Proceedings of the 12th EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM**, 12., 1991, Calgary. **Proceedings...** p. 253-254.

LA CASHA, P. A.; BRADY, H. A.; ALLEN, V. G.; RICHARDSON, C. R.; POND, K. R. Voluntary intake, digestibility, and subsequent selection of *Matua* bromegrass, coastal bermudagrass, and alfalfa hays by yearling horses. **Journal of Animal Science**, v. 77, n.3, p. 2766-2773, 1999.

LAMBERT, W. V.; JANIKE, E. W. Making hay with forced air. University of Nebraska-College of Agricultural and U.S. Department of Agriculture, s/d.16. **(Extension Service)**.

LAWRENCE, L. M. Nutrition and fuel utilization in athletic horse. **Veterinary Clinical North America: Equine Practice.**, v. 6, n.1, p.193-198, 1990.

LAWRENCE, L.M. Nutrition for competition: preventing weight loss. **Equine Veterinary Education.**, v. 7, n., p.325-329, 1995.

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

MANZANO, A.; WANDERLEY, R. C.; ESTEVES, S. N. Óleo de soja e gordura animal na alimentação de eqüinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia** v.24, n.5, 1995.

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

MARQUESE, A.; KESSLER, A. M.; BERNARDI, M. L. Aumento do nível de óleo em dietas isoenergéticas para cavalos submetidos a exercício. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, 2001.

MARTIN-ROSSET, W. **Cheval**: reproduction, selection, alimentation, exploration. Paris, Institut National de la R Agronomique, 1984. 689 p.

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.2, p.1019-1026, 1987.

MEDINA, B.; GIRARD, I. D.; JACOTOT, E.; JULLIAND, V. Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. **Journal of Animal Science**, v. 80, n.3, p. 2600-2609, 2002.

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

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. **Proceedings of the Equine Nutrition and Physiology Society Symposium**, 1993. p. 92-97.

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. **Equine Veterinary Science**, v. 9, n.1, p. 218-223, 1989.

MEYERS, M. C.; POTTER G. D.; GREENE, L. W. et al. Physiological and metabolic response of exercising horses to added dietary fat. **Proceedings Equine Nutritional and Physiology Society Symposium**, v. 10, n. 1, p. 107-113, 1987.

MOORE, B. E.; DEHORITY, B. A. Effects of diet and hindgut defaunation on diet digestibility and microbial concentrations in the cecum and colon of the horse. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 5, p. 3350-3358, 1993.

MOORE-COLYER, M. J. S.; HYSLOP, J.; LONGLAND, A.C.; CUDDEFORD, D. The mobile bag technique as a method for determining the degradation of four botanically diverse fibrous feedstuffs in the small intestine and total digestive tract of ponies. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. 2, p. 729-740, 2002.

MOORE-COLYER, M. J. S.; LONGLAND, A.C.; HYSLOP, J. ; CUDDEFORD, D..Intra-caecal fermentation parameters in ponies fed botanically diverse fibre feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 84, p. 183–197, 2000.

MOORE-COLYER, M. J. S.;MORROW, H. J.; LONGLAND, A. C. Mathematical modelling of digesta passage rate, mean retention time and *in vivo* apparent digestibility of two different lengths of hay and big-bale grass silage in ponies. **British Journal of Nutrition**, v. 90, n. 1, p.109-118, 2003.

NASCIMENTO, J. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, A. C.; ARRIGONI, M. B. Influência do método de fenação e tempo de armazenamento sobre a composição bromatológica e ocorrência de fungos no feno de alfafa (*Medicago sativa*, L. cv. 77 Flórida). **Revista brasileira de zootecnia**, v. 29, n.3, p. 669-677, 2000.

NELSON, D. L.; LEHNINGER, M. M. **Princípios de bioquímica**. 3 ed. São Paulo: Sarvier, 2002. p. 599-638.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient and requeriments of horses**. 5. ed. rev. Washington: National Academy Press, 1989. 100 p.

O'CONNOR, C. I.; LAWRENCE, L. M.; ST. LAWRENCE, A. C.; JANICKI, K. M.; WARREN, L. K.; HAYES, S. The effect of dietary fish oil supplementation on exercising horses. **Journal of Animal Science**, v. 82, n.10, p. 2978-2984, 2004.

OLDHAM, S.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W.; SMITH, S. B.; TAYLOR, T. S.; BARNES, W. S. Storage and mobilization of muscle glycogen in exercising horses fed a fat supplemented diet. **Journal of Equine and Veterinary Science** V. 10, n.1, p. 353-359, 1990.

OLIVEIRA, J. B. ; PRADO, W. Levantamento pedológico do estado de São Paulo. São Carlos: Boletim técnico I A C, 1984, 132 p.

ORDAKOWISKI, A. L.; KRONFELD, D. S.; HOLLAND, J. L.; HARGREAVES, B. J.; GAY, L. S.; HARRIS, P. A.; DOVE, SKLAN, H.,D. Alkanes as internal markers to estimate digestibility of hay or hay plus concentrate diets in horses. **Journal of Animal Science**, v.79, n. 4, p. 516-1522, 2001.

OTT, E. A. Feeding the growing foal for optimum growth and development. In: ANNUAL CONFERENCE ON LIVESTOCK AND POULTRY IN LATIN AMÉRICA, 11., 1977, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida Press, 1977. p. 1-12.

OTT, E. A.; KIVIPELTO, J. Influence of chromium tripicolinate on growth and glucose metabolism in yearling horses. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 8, p. 3022-3030, 1999.

PAGAN, J. Forages for horses: More than just a filler. In: PAGAN, J. (Ed.). **In Advances in equine nutrition**. Nottingham, UK: Nottingham University Press, 1998. p. 13-27.

PILLINER, S. **Nutricion y alimentación del caballo**. , 1995. 207 p.

POTTER, G. D.; HUGHES, S. L.; JULEN, T.R.; SWINNEY, D.L. A review of research on digestion and utilization of fat by the equine. *Pferdeheilkunde*, **EUROPEAN EQUINE NUTRITION CONFERENCE, Hannover**, 1., 1992, Germany. p. 119-123.

RALSTON, S .L. Controls of feeding in horses. **Journal of Animal Science** v. 59, n. 5, p. 1354-1361, 1984.

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 and 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. EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 7., 1981, Warrenton. **Proceedings...** Warrenton, VA: Arlie House, 1981. p. 30-30

ROPP, J. K; RAUB, R. H.; MINTON, J. E. The effect of dietary energy source on serum concentration of insulin-like growth factor-I, growth hormone, insulin, glucose, and fat metabolites in weanling horses . **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 6, p. 1581-1589, 2003.

SAS - STATISTICS ANALYSIS SYSTEM - User's guide: Version 5, 1985.

SCHRYVER, H. F.; MEAKIM, D. W.; LOWE, J. E.; WILIANS, J.; SONDERHOLM, L.; HINTZ, H. P. Growth and calcium metabolism in horses fed varying levels of protein. **Equine Veterinary Journal**, v. 19, n. 4, p. 280-286, 1987.

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. . **Proceedings Equine Nutritional Physiology Society**, v. 10, p. 101-105, 1987.

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. **Equine Veterinary Science**, v. 9, n. 4, p. 210-214, 1989.

SICILIANO, P. D.; WOOD, C. H. The effect of added dietary soybean oil on vitamin E status of the horse. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 12, p. 3399-3402, 1993.

SILVA, D. J. Análise de Alimentos (Métodos Químicos e Biológicos). Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 1990. 165 p.

SNYDER, J. L.; MEACHAN, T. N.; FONTENOT, J. P. ; WEBB JR, K. E. Heat production in pony geldings fed f at supplemented diets. **Proceedings Equine Nutritional Physiology Society**, v. 7, p. 144-148, 1981.

STANIAR, W. B.; KRONFELD, D. S.; WILSON, J. A.; LAWRENCE, L. A.; COOPER, W. L.; HARRIS, P. A. Growth of thoroughbreds fed a low-protein supplement fortified with lysine and threonine. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 8, p. 2143-2151, 2001.

STOVALL, T. C.; GAGNON, L. C.; PERLINISKY, A.; HIPPIE, B.; SHERWOOD, H.; SIMMONS, P. Comparison of Water Intake, Fecal Moisture and Output Between Long-Stemmed Hay and Complete Cubed Ration. Animal & Range Science Department Montana State University. Disponível em: <http://www.animalrangeextension.montana.edu/Articles/Equine/Comparison_files/Comparison.htm>. Acesso em: 25 jun. 2004.

SUNVOLD, G. D.; HUSSEIN, H. S.; FAHEY, G. C.; JR, MERCHEN, N. R.; REINHART, G. A. In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n.12, p. 3639-3648, 1995.

SWENSON, M. J. **Dukes physiology of domestic animals**. 9. ed. London: Cornell University, 1977. 914 p.

TODD, L. K.; SAUER, W. C.; CHRISTOPHERSON, R. J. The effect of level of feed intake on nutrient and energy digestibilities and rate of feed passage in horses. **Journal of Physiology and Animal Nutrition**, v. 73, p.140-148, 1995.

VALENTINE, B. A.; HINTZ, H. F.; FREELS, K. M. et al. Dietary control of exertional rhabdomyolysis in horses. **American journal and Veterinary Medicine Associate**, v. 212, p.1588-1593, 1998.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminants**. Corvallis: O. B. Books, 1982. 374 p.

VOET, D.; VOET, J. D.; PRATT, C. W. **Fundamentos de bioquímica**. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 562-610.

WATSON, T. D.; BURNS, L.; PACKARD, S.; SHEPHERD, J. The isolation, characterisation and quantification of the equine plasma lipoproteins. **Equine Veterinary Journal** v. 23, p. 353-359, 1991.

WEBB, S. P.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W. Physiology and metabolic response of race and cutting horses to added dietary fat. **Proceedings Equine Nutritional Physiology Society**, v. 10, p. 115-120, 1987.

WOLEVER, T. M. S. The glycemic index. **World Rev. Nutr. Diet**. V. 62, p. 120-185, 1990.

WOLTER, R. **Alimentación del caballo**. Zaragoza: Acribia, 1997, 172 p.

WORTH, M. J.; FONTENOT, J. P.; MEACHAN, T. N. Physiological effects of exercise and diet on metabolism in the equine. **Proceedings Equine Nutritional Physiology Society**, v. 10, p. 145, 1987.