MARCO HENRIQUE RAMOS FAGUNDES

**Efeito do sistema de fornecimento de alimentos e
processamento do concentrado sobre a digestibilidade da
dieta e resposta glicêmica plasmática, em eqüinos**

Pirassununga
2005

MARCO HENRIQUE RAMOS FAGUNDES

Efeito do sistema de fornecimento de alimentos e processamento do concentrado sobre a digestibilidade da dieta e resposta glicêmica plasmática, em eqüinos

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

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição 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.1578 FMVZ	<p>Fagundes, Marco Henrique Ramos</p> <p>Efeito do sistema de fornecimento de alimentos e processamento do concentrado sobre a digestibilidade da dieta e resposta glicêmica plasmática, em eqüinos / Marco Henrique Ramos Fagundes. – Pirassununga : M. H. R. Fagundes, 2005.</p> <p>90 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. Concentrado. 2. Digestibilidade. 3. Glicose. 4. Insulina. 5. Volumoso. I. Título.</p>
----------------	---

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

PARECER

Interessado: Marco Henrique Ramos Fagundes

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 775/2005, intitulado: "Efeito do sistema de fornecimento de alimentos e processamento do concentrado sobre a digestibilidade da dieta e resposta glicêmica plasmática, 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, 18 de outubro de 2005.

Prof. Dra. Júlia Maria Matera
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: FAGUNDES, Marco Henrique Ramos

Título: Efeito do sistema de fornecimento de alimentos e processamento do concentrado sobre a digestibilidade da dieta e resposta glicêmica plasmática, em eqüinos.

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: _____

À minha namorada Leticia,
pela participação constante em
minha vida;

Ao amigo Arnaldo Nadai,
exemplo de trabalho e seriedade;

Aos meus irmãos Cinthya e Fábio,
pelo companheirismo de sempre;

e em especial,
Aos meus pais João e Rivalma,
por acreditarem...

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar comigo em todas as horas, por me dar o amor das pessoas que amo, pelas milhares de bênçãos, principalmente durante realização deste trabalho, o que fez com que aumentasse ainda mais minha fé em sua força maior;

Ao Prof. Dr. Alexandre de Oliveira Gobesso, pela orientação, oportunidade de trabalho, experiência de vida, mas acima de tudo pela amizade cultivada nesses dois anos juntos;

À Agribands Internacional, pelo financiamento do projeto, em especial no nome do Sr. Alessandro;

A todos os estagiários da 69ª turma de Medicina Veterinária da FMVZ/USP, principalmente em nome de Thieska “Urtiga” e Rafael “Bigato”, pela ajuda inestimável;

Ao amigo Maurício e aos colegas de curso Waleska, Rodrigo, Mariano, Celso, Silvio, Eliana e Fernanda pela ajuda, convívio e amizade.

Aos amigos de alojamento, Bruno “Pâmela”, Luís Gustavo “Kibe”, Arlindo “Minhoca”, André “Pesquêro”, Weber, Ygor e muitos outros, pela alegria e ajuda de todos os dias;

À senhora Cristiane Lopes e senhor Ari de Castro e toda a equipe do Departamento de Nutrição e Produção, pela assistência e prontidão;

Aos funcionários e amigos do departamento de eqüideocultura, Srs. Jorge, Valdir e Maico, pela grande ajuda, prontidão e assistência.

Aos animais que participaram da minha formação com o que eles tinham de melhor, eles mesmos;

Aos amigos da FMVZ e FZEA de uma maneira geral e muitos outros mais que participaram do meu crescimento durante essa caminhada que foi o mestrado.

Não diga que é impossível, pergunte-se como pode ser feito.
(Robert Kiyosaki)

Creio que Deus me emprestará tudo que necessito para triunfar,
contanto que eu me esforce para alcançar.
Creio nas orações e nunca fecharei meus olhos para dormir,
sem pedir antes a devida orientação a fim de ser paciente com os outros
e tolerante com os que não acreditam no que eu acredito.
Creio que o triunfo é resultado de esforço inteligente,
que não depende da sorte, da magia.
Creio que tirarei da vida exatamente o que nela colocar.
Prestarei o melhor de que sou capaz,
porque jurei a mim mesmo triunfar na vida,
e sei que o triunfo é sempre resultado do esforço consciente e eficaz.
Finalmente, perdoarei os que me ofendem,
porque compreendo que às vezes ofendo e necessito de perdão.
(Mahatma Gandhi)

RESUMO

FAGUNDES, M. H. R. **Efeito do sistema de fornecimento de alimentos e processamento do concentrado sobre a digestibilidade da dieta e resposta glicêmica plasmática, em eqüinos.** [Effect of the feeding system and concentrate processing on diet digestibility and plasmatic glucose, in equines]. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

Foram utilizados quatro éguas, da raça brasileiro de hipismo, com idade aproximada de 24 meses, com peso médio de 500 Kg, em um delineamento experimental Quadrado Latino balanceado 4X4, com arranjo fatorial 2X2 dos tratamentos e medidas repetidas no tempo, sendo o primeiro fator dois concentrados, um somente peletizado (CT) e o outro peletizado com pré-extrusão do ingrediente milho (CM), e o segundo fator é constituído pela diferença na ordem de fornecimento do concentrado e do volumoso onde um o concentrado é fornecido às 7:00h e às 19:00h e o volumoso às 9:00h e às 21:00h (C7V9); e o outro o inverso (V7C9). Não houve efeito dos tratamentos na aceitabilidade, na digestibilidade aparente total da matéria seca (51,2; 54,5; 53,4; 58,2%) da matéria orgânica (54,1; 57,5; 56,1; 60,7%), do amido (98,2; 98,3; 98,2; 98,2%), da proteína bruta (65,6; 70,3; 68,9; 72,6%), da fibra em detergente neutro (42,5; 44,6; 42,9; 49,3%) e da fibra em detergente ácido (34,8; 37,3; 37,0; 42,3%), porém noto-se uma tendência de melhora para os fatores V7C9 e CM. A resposta glicêmica plasmática foi analisada pela área abaixo da curva de glicose com valores obtidos para CTC7V9 de 493,7; CTV7C9, 407,6; CMC7V9, 430,7 e CMV7C9, 387,8, porém não houve efeito do fator concentrado, já o fator sistema de alimentação sofreu diferença estatística com aumento para o sistema C7V9, o que demonstra uma curva menos acentuada para V7C9, demonstrando uma absorção mais uniforme da glicose.

Palavras-chave: Concentrado. Digestibilidade. Glicose. Insulina. Volumoso.

ABSTRACT

FAGUNDES, M. H. R. **Effect of the feeding system and concentrate processing on diet digestibility and plasmatic glucose, in equines.** [Efeito do sistema de fornecimento de alimentos e processamento do concentrado sobre a digestibilidade da dieta e resposta glicêmica plasmática, em eqüinos]. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

Four mares had been used, of the race Brazilian of jumping, with approach age of 24 months, average weight of 500 kg, in balanced Latin Squared experimental delineation 4X4, with factorial arrangement 2X2 of the treatments and measures repeated in the time, being the first factor two concentrates, one only pelletized (CT) and the other pelletized with daily pay-drawing of the ingredient maize (CM), and as the factor is constituted by the difference in the order feeding the concentrate and the voluminous one where one the concentrate is feeded 7:00h and to 19:00h and voluminous 9:00h and 21:00h (C7V9); e the other the inverse one (V7C9). It did not have effect of the treatments in acceptability, in the total apparent digestibilidade of dry substance (51,2; 54,5; 53,4; 58,2%) of organic substance (54,1; 57,5; 56,1; 60,7%), of starch (98,2; 98,3; 98,2; 98,2%), of rude protein (65,6; 70,3; 68,9; 72,6%), of the fiber in neutral detergent (42,5; 44,6; 42,9; 49,3%) and of the fiber in acid detergent (34,8; 37,3; 37,0; 42,3%), however I notice a trend of improvement for factors V7C9 and cm. The plasmatic glucose it was analyzed by the area below of the glucose curve with values gotten for CTC7V9 of 493,7; CTV7C9, 407,6; CMC7V9, 430,7 and CMV7C9, 387,8, however did not have effect of the concentrated factor, already the factor feeding system suffered to difference statistics with increase for system C7V9, what it less demonstrates an accented curve for V7C9, demonstrating an absorption more uniform of the glucose.

Key words: Concentrate. Digestibility. Glucose. Insulin. Voluminous.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 –	Valores médios de digestibilidade de MS, MO, PB, Amido, FDA e FDN (%) em eqüinos alimentados com duas dietas e dois sistemas de fornecimento	50
Figura 4.2 –	Valores dos desvios padrões das médias de digestibilidade de MS, MO, PB, Amido, FDA e FDN (%) em eqüinos alimentados com duas dietas e dois sistemas de fornecimento	51
Figura 4.3 –	Média dos valores de digestibilidade isolando o efeito do sistema de arraçãoamento	52
Figura 4.4 –	Média dos valores de digestibilidade isolando o efeito do tipo de concentrado	53
Figura 4.5 –	Valores médios de glicose plasmática (mg/dL) e desvio padrão (mg/dL) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do concentrado e 30, 90, 150 e 210 minutos após o fornecimento do concentrado no período matutino	68
Figura 4.6 –	Área abaixo da curva (AAC) da reposta plasmática de glicose para o tratamento CTC7V9 (mg/dL x tempo)	72
Figura 4.7 –	Área abaixo da curva (AAC) da reposta plasmática de glicose para o tratamento CMC7V9 (mg/dL x tempo)	73
Figura 4.8 –	Área abaixo da curva (AAC) da reposta plasmática de glicose para o tratamento CTV7C9 (mg/dL x tempo)	74
Figura 4.9 –	Área abaixo da curva (AAC) da reposta plasmática de glicose para o tratamento CMV7C9 (mg/dL x tempo)	75
Figura 4.10 –	Áreas abaixo das curvas das médias do fator sistema de arraçãoamento, C7V9 e V7C9, isolado (mg/dL x tempo)	76
Figura 4.11 –	Áreas abaixo das curvas das médias do fator tipo de concentrado, CM e CT, isolado (mg/dL x tempo)	77
Figura 4.12 –	Valores médios de insulina plasmática (μ UI/ml) e desvio padrão (μ UI/ml) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do concentrado e 150 minutos após o fornecimento do concentrado no período matutino	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 –	Condições de temperatura, permanência no sistema, umidade e pressão para o processamento de extrusão do milho	41
Tabela 3.2 –	Composição bromatológica do volumoso (feno) e dos 2 suplementos concentrados (100 % da MS)	42
Tabela 3.3 –	Delineamento em quadrado latino 4 x 4	44
Tabela 3.4 –	Análise de variância com medidas repetidas no tempo.....	45
Tabela 4.1 –	Valores da massa corporal no início e final de cada período, ganho de peso de cada período, média de ganho de peso por animal no final do experimento e desvio padrão dessas médias, em kg	47
Tabela 4.2 –	Médias (4 animais), dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), amido, fibra em detergente neutro (FDN) fibra em detergente ácido (FDA); respectivos desvios padrões, coeficientes de variação e valores de p, das dietas teste obtidas pelo método de coleta total	49
Tabela 4.3 –	Valores médios de glicose plasmática (mg/dL) e desvio padrão (mg/dL) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do concentrado e 30, 90, 150 e 210 minutos após o fornecimento do concentrado no período matutino.....	67
Tabela 4.4 -	Valores da área abaixo da curva (AAC) da reposta plasmática de glicose para os tratamentos (mg/dL x tempo)	78
Tabela 4.5 -	Valores médios de insulina plasmática (μUI/ml) e desvio padrão (μUI/ml) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do concentrado e 150 minutos após o fornecimento do concentrado no período matutino....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAC	área abaixo da curva de glicose
AGV	ácido graxo volátil
ATP	adenosina tri-fosfato
C7V9	refeição com concentrado às 7 e 19h e volumoso às 9 e 21h
CM	concentrado com ingrediente milho pré-extrusado
CMC7V9	combinação de CM e C7V9
CMV7C9	combinação de CM e V7C9
CSDN	carboidrato solúvel em detergente neutro
CT	concentrado peletizado (controle)
CTC7V9	combinação de CT e C7V9
CTV7C9	combinação de CT e V7C9
Des Pad	desvio padrão
EE	extrato etéreo
FB	fibra bruta
FDA	fibra em detergente ácido
FDN	fibra em detergente neutro
Gan Pes	ganho de peso
Gan Tot	ganho total de peso
MM	matéria mineral
MO	matéria orgânica
MS	matéria seca
PB	proteína bruta
V7C9	refeição com volumoso às 7 e 19h e concentrado às 9 e 21h

LISTAS DE SÍMBOLOS

%	porcentagem
<	menor
>	maior
μUI/mL	micro unidades internacionais por mililitro
atm	atmosfera
Ca	cálcio
cm	centímetro
h	hora
kg	quilograma
kgf/cm ²	quilograma força por centímetro quadrado
mg/dL	miligrama por decilitro
mim	minuto
mm ²	milímetros quadrados
Na ⁺	íon de sódio
°C	graus Celsius
P	fósforo
pH	gradiente de acidez

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Fisiologia Digestiva dos Eqüinos	17
2.2 Digestibilidade	20
2.3 Eficiência da utilização de Fibras	23
2.4 Eficiência da utilização do Amido	24
2.5 Velocidade de Trânsito e Digestão	26
2.6 Efeitos do processamento na digestão dos alimentos	28
2.7 Fisiologia Glicolítica	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Local	39
3.2 Animais	39
3.3 Clima	40
3.4 Tratamentos	40
3.5 Metodologia de coleta e processamento das amostras	43
3.6 Procedimentos laboratoriais	44
3.7 Delineamento experimental	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 Demonstrativo dos coeficientes de digestibilidade	49
4.2 Digestibilidade aparente total da matéria seca	54
4.3 Digestibilidade aparente total da matéria orgânica	57
4.4 Digestibilidade aparente total da proteína bruta	59
4.5 Digestibilidade aparente total do Amido	61

4.6 Digestibilidade aparente total da FDN.....	63
4.7 Digestibilidade aparente total da FDA.....	65
4.8 Concentração plasmática de glicose e insulina.....	66
5 CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS.....	82

1 INTRODUÇÃO

O processo da vida é constituído de dois componentes básicos: um plástico ligado às modificações, à origem e à preservação da forma e outro funcional, expresso pelo fluxo e pela renovação constante dos substratos do metabolismo celular. Assim, a sobrevivência está diretamente ligada ao suprimento contínuo de substratos alimentares necessários para cobrir a totalidade das demandas energéticas do animal, ou seja, uma boa nutrição. Esta nutrição é fundamental para o desenvolvimento e manutenção de um sistema musculoesquelético saudável, em qualquer fase da vida ou atividade dos equinos. Os excessos ou deficiências podem predispor ou mesmo causar o surgimento de patologias.

O manejo alimentar de equinos envolve uma série de fatores, estando entre os principais, a qualidade e digestibilidade dos nutrientes, balanceamento da dieta, aceitabilidade dos alimentos e horário de arraçoamento.

A qualidade e digestibilidade dos nutrientes são o primeiro passo para uma boa nutrição, este fator pode ser influenciado pela origem dos ingredientes e seu processamento. O processo de extrusão é um dos mais eficientes em conservar a composição bromatológica e aumentar a digestibilidade do alimento (HERKELMAN; CROMWELL, 1990), que ocorre devido a gelatinização do amido e desnaturação parcial das proteínas. Já o horário de arraçoamento muitas vezes é negligenciado, o que não indica que seja menos importante. A desatenção com este fator causa uma condição de estresse, o que pode acarretar úlceras gástricas.

É conhecidamente adotado, para equinos confinados, um manejo alimentar onde a alimentação concentrada é dividida em duas ou três refeições diárias, e o

volumoso é fornecido “ad libitum” com renovação diária. A troca do volumoso normalmente é feita logo após o fornecimento do concentrado. Porém acredita-se que não se deve fornecer o volumoso imediatamente após o concentrado, pois devido à sua composição de fibras longas, este passa mais rapidamente pelo estômago e intestino delgado levando o concentrado para o intestino grosso onde o aproveitamento é consideravelmente menor, diminuindo sua eficiência. A ordem de fornecimento entre o concentrado e o volumoso poderia então influenciar na digestibilidade e conseqüentemente na absorção e aproveitamento dos nutrientes. As pesquisas em relação a esse assunto são bastante diminutas no mundo, e quase nulas em nosso país. Muito das informações a esse respeito são antigas, ou baseadas em experiências próprias sem embasamento científicas, ou ainda meramente especulativas.

A nutrição abrange reações químicas e processos fisiológicos que transformam os alimentos em atividades e tecidos orgânicos. Ela engloba a ingestão e absorção de nutrientes diversos, seu transporte a todas as células do organismo e a remoção de produtos não utilizáveis. Duas maneiras práticas e confiáveis de se avaliar a eficiência de um manejo nutricional é a identificação do quanto o animal consegue aproveitar de uma maneira geral o alimento ingerido, sendo avaliado de uma forma prática através da digestibilidade aparente total; e o quanto deste aproveitamento é transformado em energia disponível, sendo avaliado de uma maneira eficiente pela reposta glicêmica plasmática. Estudos indicam que uma eficiente avaliação da resposta glicêmica pode ser dada através da relação entre a glicose e a insulina plasmática (STULL; RODIEK, 1988).

Conclui-se que o estudo de sistemas de arraçãoamento para eqüinos, é de grande importância perante a comunidade científica e criadores. Assim, o objetivo

deste trabalho foi avaliar o efeito do sistema de fornecimento, sobre a aceitabilidade da dieta, a digestibilidade aparente total da matéria seca, da matéria orgânica, do amido, da proteína bruta, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido e resposta glicêmica plasmática, de eqüinos, utilizando concentrado com duas formas diferentes de processamento.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Inúmeros estudos foram realizados para determinar os locais específicos de digestão e absorção de nutrientes em eqüinos. Assim, conhecer as peculiaridades do aparelho digestivo dos eqüinos, comparando-o as demais espécies, pode ajudar a elucidar a função digestiva em cada seguimento (GOBESSO, 2001), desta maneira poderemos aprofundar nossos conhecimentos sobre valor nutritivo dos alimentos para eqüinos e na nutrição destes animais de um forma geral (TISSERAND, 1988).

2.1 Fisiologia Digestiva dos Eqüinos

A classificação dos eqüinos, segundo sua anatomia digestiva, é definida como herbívoros não ruminantes, ou ainda sendo mais específica, herbívoros ceco funcionais. Esta característica anatômica e fisiológica permite que os eqüinos absorvam os carboidratos solúveis presentes nos alimentos, especialmente nos concentrados energéticos, antes da ação bacteriana do intestino grosso (RAMOS, 2003).

O processo digestivo começa com a apreensão dos alimentos pelos lábios e língua, sendo também utilizados os dentes incisivos na ingestão de substâncias mais firmes como tubérculos e ramos. Na boca, especificamente com dentes molares e pré-molares, esmagam e moem os alimentos, disponibilizando proteínas e

carboidratos que podem ser prontamente digeridos no estômago e intestino delgado (MEYER, 1995). O processo mastigatório dos eqüinos é extremamente eficiente, tornando-se assim um processo metódico e completo. Neste processo os carboidratos estruturais, aqueles constituintes da parede celular, são quebrados em partículas menores, o que facilitará a ação da microbiota cecal posteriormente no intestino grosso. A saliva, presente também neste momento, tem o papel estritamente de umidificar os alimentos para facilitar a deglutição devido ao seu baixo teor enzimático e pequeno tempo de atuação, com ação pré-gástrica restrita (TISSERAND, 1983).

No esôfago o alimento é forçado para baixo através de ondas peristálticas ou através de contrações da musculatura. A deglutição no cavalo é feita de maneira irreversível em razão do desenvolvimento do véu palatino que impede o retorno do bolo alimentar do esôfago para a boca e também impede a expulsão pelas vias nasais (TISSERAND, 1988).

Devido ao pequeno estômago do cavalo, em torno de 8 a 18 litros ou 10% do trato digestivo, os alimentos não permanecem no estômago por mais de 2 horas, esvaziando-se de 6 a 8 vezes por dia e o bolo alimentar é estratificado, sendo que a ordem de chegada dos alimentos é condicionada pela ordem de saída, permanecendo somente o último terço do bolo que sofrerá com maior intensidade a ação do suco gástrico (WOLTER, 1977). Apesar de no estômago não ocorrer digestão significativa, o funcionamento deste como regulador do trânsito intestinal é um dos fatores determinante à digestão do amido e das proteínas no intestino delgado (TISSERAND, 1983).

Wolter (1981) cita que a parede do intestino delgado é muito musculosa, rígida e ricamente enervada, propiciando a geração de fortes ondas de contração,

facilitando assim a progressão do conteúdo intestinal associada a sua grande fluidez resultante do sinergismo das secreções salivar, gástrica, pancreática, biliar e entérica. O intestino delgado possui na sua porção inicial (duodeno) uma mucosa constituída de vilosidades, que por sua vez possuem microvilosidades com função de aumentar a superfície de absorção. Esta mucosa apresenta inúmeras glândulas, que secretam suco entérico e um produto mucóide. O pâncreas secreta seu suco que, com produção constante, porém de baixa concentração de enzimas, ajuda na digestão dos nutrientes. O suco pancreático, devido à presença de álcalis e bicarbonatos, funciona como tampão para neutralizar os ácidos oriundos do estômago e os produzidos no cólon. A bile é liberada de forma contínua sem concentração prévia, pois falta no cavalo a vesícula biliar. O fluxo do intestino delgado gira em torno de 20 cm/minuto, demorando aproximadamente 1,5 horas para percorrê-lo, dependendo da quantidade de fibra ingerida sendo que, quanto maior a porcentagem de concentrado maior o tempo de trânsito (MEYER, 1995). Segundo Tisserand (1983), é no intestino delgado que o cavalo digere a maior parte do amido e das proteínas alimentares.

O intestino grosso do cavalo compreende seções volumosas, bem articuladas e compartimentalizadas. O número de microorganismos no conteúdo do intestino grosso do eqüino é semelhante ao encontrado no rúmen e retículo dos ruminantes. O intestino grosso, considerando volume de aproximadamente 130 litros para animais de 500kg e tempo de retenção entre 36 e 46 horas, é o mais significativo seguimento do trato digestivo dos eqüinos, o suficiente para ação da digestão microbiana. O ceco e a porção anterior do cólon são câmaras de fermentação das quais, semelhantes aos pré-estômagos dos ruminantes, onde bactérias, e também protozoários no ceco, degradam carboidratos estruturais não digeridos no intestino

delgado. O número desses microorganismos é semelhante aos dos pré-estômagos dos ruminantes. Sua atividade depende principalmente do tipo e da quantidade de substrato proveniente do intestino delgado, da velocidade de trânsito e da capacidade de tamponamento de lúmen. Os microorganismos são capazes de sintetizar uma parte das vitaminas hidrossolúveis, tendo o eqüino uma boa capacidade de aproveitamento das vitaminas do complexo B e vitamina K (MEYER, 1995).

2.2 Digestibilidade

A digestibilidade é determinada pela diferença entre o ingerido e o excretado pelo animal, e corresponde à quantidade de matéria seca ou nutrientes dos alimentos que, atacados e ou desdobrados no trato digestivo pelas enzimas ou microbiota, são absorvidos pelo organismo; quando relacionados à composição química e ao consumo de matéria seca, fornecem o valor nutritivo dos alimentos. Quanto maior a digestibilidade de um alimento maior será a quantidade de nutrientes fornecidos aos processos de manutenção, crescimento, reprodução e trabalho (CARVALHO, 1992).

Digestibilidade aparente total é a porcentagem de alimento ou de seus nutrientes, digerido ao longo de todo trato digestivo do animal (MARTIN-ROSSET, 1990).

Fagundes (2003) afirma que a digestibilidade dos principais nutrientes dos alimentos, nos eqüinos, é constante, comprovando que as metodologias utilizadas

atualmente para determinação de digestibilidade total aparente com marcadores são eficientes, porém Vermorel e Martin-Rossset (1997) afirmam que o método de coleta total de fezes é considerado o mais confiável.

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.

Na digestão pré-cecal a ação microbiana na fermentação de açúcares e amido no estômago é restrita e o grau de digestão protéica é pequeno (KONHKE, 1992). A digestão no intestino delgado dos eqüinos é intensa e predominantemente enzimática. Os principais nutrientes digeridos são proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), amido e açúcares, semelhante à digestão dos outros monogástricos (FRAPE 1992; HINTZ 1979; KOHNKE 1992; WOLTER, 1981).

Na digestão pós-ileal, o intestino grosso forma câmaras fermentativas dentro da qual os carboidratos estruturais são degradados, a atividade bacteriana estende-se em menor amplitude à decomposição de materiais protéicos e à formação de proteína microbiana. A degradação microbiana dos carboidratos estruturais leva à formação de ácidos graxos voláteis (AGV) (WOLTER 1981).

Os lipídios são degradados, absorvidos e excretados no intestino delgado. Sua digestibilidade em eqüinos é de 90% ou mais, com valores melhores para gorduras com baixo ponto de fusão (óleos vegetais) e valores piores para gorduras saturadas (gordura animal). Ocorre eliminação endógena fecal, através da síntese microbiana no intestino delgado (MEYER, 1995).

As proteínas, no aspecto nutricional, podem ser classificadas pelo seu valor biológico, que é determinado pelo tipo e qualidade dos aminoácidos presentes em

sua composição. As proteínas iniciam sua digestão no estômago, terminado seu processo digestivo no intestino delgado, sendo desdobrada em peptídeos e aminoácidos pelas peptidases. O equino tem um pequeno aproveitamento de proteínas de baixo valor biológico e nitrogênio não protéico que são degradados nas câmaras fermentativas (ceco e cólon) seqüencialmente em amônia, e dióxido de carbono e amoníaco que, no fígado podem ser transformados em aminoácidos não essenciais (ALLISON, 1999).

Os carboidratos se dividem em carboidratos do conteúdo celular e carboidratos da parede celular. Os carboidratos do conteúdo celular são uma mistura de açúcares e amido e possuem digestibilidade em torno de 60 a 95%, digeridos e absorvidos, quase que na sua totalidade, no intestino delgado. Os carboidratos da parede celular possuem digestibilidade de 10 a 60% estando entre eles a celulose, hemicelulose, substâncias pépticas, galactanos e beta-glucanos. Passam pelo intestino delgado sem sofrerem alterações significativas, ocorrendo efetivamente degradação microbiana somente no intestino grosso, particularmente no ceco e na porção anterior do cólon, liberando assim ácidos graxos voláteis (AGVs) que fornecem energia ao animal (MEYER, 1995).

Parte destes carboidratos, a exceção da hemicelulose e celulose, constituem os carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN) (HALL, 2000), que não são nutricionalmente semelhantes. Alterando as proporções nas dietas, poderão ocorrer mudanças na digestibilidade destes elementos e conseqüentemente desta fração, assim como a proteína bruta ou fibra em detergente neutro de diferentes fontes, não se portam exatamente da mesma maneira em todas as dietas, alterando sua digestibilidade, taxas de fermentação e outros atributos nutricionais, o que

demonstra uma resposta imediata, a qualquer sensível alteração no regime alimentar, Hall (2000).

2.3 Eficiência da utilização de Fibras

A capacidade de utilização de nutrientes de alimentos de origem vegetal nos eqüinos é bastante diversificada, porém isto lhe custa a eficiência no aproveitamento de substâncias específicas, principalmente das fibras vegetais. Quando se compara a capacidade digestiva entre cavalos e ruminantes, fica claro que o aproveitamento de produtos com alto conteúdo em fibras, proteínas de baixo valor biológico, pouca quantidade de açúcar, amido ou gorduras é melhor nos ruminantes. Nos eqüinos os materiais fibrosos são degradados com ajuda de enzimas de microorganismos no intestino grosso. Assim alimentos ricos em fibra podem ser relativamente bem aproveitados pelos eqüinos (MEYER, 1995).

Koller (1978) utilizando pôneis fistulados no ceco e bovinos fistulados no rúmen, concluiu que as bactérias do rúmen digerem matéria seca e parede celular vegetal mais eficientemente que as bactérias cecais mesmo quando expostas a semelhantes intervalos de tempo. Frape (1992) também cita a reduzida capacidade dos eqüinos em digerir fibras em relação a ruminantes domésticos, sendo assim, gramíneas antes do florescimento são ideais na dieta de eqüinos, por possuírem uma proporção maior de folhas.

Os AGVs oriundos da degradação dos carboidratos da parede celular (estruturais) 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.

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).

2.4 Eficiência da utilização do Amido

A digestão do amido pode ser influenciada por fatores intrínsecos, como a forma física do alimento, granulação, recristalização, complexos amilose-lipídeo, inibidores nativos da alfa-amilase e por fatores extrínsecos: mastigação, tempo de trânsito, concentração de alfa-amilase no intestino, quantidade de amido ingerido e a presença de outros constituintes alimentares que podem retardar a hidrólise enzimática (ENGLYST; HAY; MACFARLANE, 1987). Os autores ressaltam também a existência de uma porção indigestível, resistente à ação da alfa-amilase, a qual escapa a digestão pré-cecal.

Meyer, Radicke e Kienzle (1993), trabalhando com pôneis fistulados no jejuno posterior, observaram que cinco fatores podem interferir diretamente na digestibilidade pré-cecal do amido: a fonte do grão, o tipo de processamento do grão a quantidade consumida de amido, a fonte do volumoso e possíveis diferenças individuais entre os animais. Consumos excessivos de amido também podem

interferir na digestibilidade, sobrecarregando a capacidade do intestino delgado, assim como, consumo de alimentos volumosos com altos teores de fibra, que aumentam a taxa de passagem, dificultando a ação enzimática.

Do mesmo modo Radicke, Kienzle e Meyer (1991), concluíram que a baixa digestibilidade do amido até o final do intestino delgado implica em um alto fluxo deste componente para o interior do ceco e alto risco de acidose metabólica.

Segundo Gray (1992), a estrutura do amido (amilose+amilopectina) é clivada na cavidade duodenal pela enzima alfa-amilase secretada pelo pâncreas. Desse modo originam-se dissacarídeos, trissacarídeos e alfa-dextrinas, que posteriormente, sofrem hidrólise, pela ação complementar de três enzimas presentes na borda em escova da superfície intestinal. O monossacarídeo gerado como produto final, a glicose, é então co-transportado para o interior dos enterócitos com o auxílio do sódio (Na^+), por uma proteína transportadora específica (75-KDA) presente na superfície da borda em escova, numa taxa limitante de assimilação do amido. Devido a esta digestão seqüencial luminal e membranosa, seguido pelo transporte de glicose, o amido é assimilado de maneira muito eficiente em animais não ruminantes.

Apesar da digestibilidade total do amido ser alta, podendo variar de 87 a 100%, os eqüinos possuem baixa atividade da enzima alfa-amilase pancreática, o que pode comprometer a digestibilidade pré-cecal de dietas com altas quantidades ou fontes morfológicamente complexas deste nutriente (KIENZLE et al., 1994a; MEYER, 1995).

Massey e Potter (1985) avaliaram a digestão aparente parcial pré-cecal e pós-ileal do amido, em um concentrado comercial fornecido em duas, três ou quatro refeições em intervalos respectivamente de doze, oito e seis horas entre as

refeições. Os autores não observaram diferenças nos coeficientes de digestibilidade aparente parcial pré-cecal e pós-ileal do amido, concluindo que dietas com alta proporção da relação concentrado/volumoso (70/30%) podem ser fornecidas em apenas duas refeições por dia para atender as exigências de energia digestível para manutenção.

2.5 Velocidade de Trânsito e Digestão

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).

Konhke (1992) acrescentou um tempo mínimo de retenção estomacal de 20 minutos, limitando a ação de secreções gástricas. Essa velocidade de trânsito, associada ao pH estomacal baixo, restringe a ação da ação microbiana na fermentação de açúcares e amido. O grau de digestão protéica no estômago é pequeno.

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, 1981).

De acordo com Meyer (1995), vários fatores afetam o tempo de permanência dos alimentos nos diversos segmentos do trato digestivo dos equinos, alterando

conseqüentemente, sua digestibilidade, são eles: a individualidade do animal, a composição química e quantidade do alimento, o tipo de atividade do animal, o tipo e tamanho das partículas do alimento e a quantidade de fibra presente na dieta.

Levando-se em consideração que o tempo de permanência dos alimentos no estômago varia de 2 a 3 horas (FRAPE, 1992), com um tempo de retenção mínimo de 20 minutos (KONHKE, 1992), e que a digesta leva em torno de 8 horas para percorrer todo o intestino delgado (WOLTER, 1977), o tempo de digestão, pré-cecal é de aproximadamente 10 horas. Nesse tempo, segundo GOBESSO (2001), já terão sido digeridos em média 15,2% da matéria seca (MS), 31,8% da matéria orgânica (MO), 35,8% da proteína bruta (PB), 94% do amido e 20,9% da fibra bruta (FB), sendo que os valores para a digestibilidade total são 65,3% para MO; 73,2% para PB; 98,3% para amido e 55,5% para FB, considerando que a velocidade de trânsito para volumosos seja maior na porção pré-cecal e menor na porção pós-ileal que a velocidade de trânsito do concentrado.

O esfíncter da região cárdia que controla a entrada do estômago, aceita o fluxo alimentar somente em um sentido não permitindo o refluxo. Conseqüentemente, tal fato incapacita o alívio de pressão, caso aconteça uma fermentação mais intensa e duradoura, Pilliner (1995). Logo, as refeições deveriam ser mais espaçadas com pequenas porções de alimento.

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 (1977).

Harper (2004) afirmam que não se deve fornecer o volumoso logo após o concentrado, pois devido à sua fibra longa, passa mais rapidamente pelo estômago e intestino delgado levando o concentrado para o intestino grosso, deve-se existir

um intervalo de aproximadamente 45 minutos a 1 hora por quilograma de concentrado, entre o volumoso e o concentrado.

2.6 Efeitos do processamento na digestão dos alimentos

Os principais objetivos do processamento de alimentos é, aumentar a disponibilidade dos nutrientes para os animais e também preservar a qualidade destes na matéria prima por tempo mais longo possível. O National Research Council (NRC) em sua edição de 1989 aconselha o processamento de alimentos fornecidos a equinos como forma de elevar a digestibilidade dos alimentos.

Diversos tratamentos químicos e físicos (tais como extrusão e peletização) são utilizados no processamento de rações, com o objetivo de incrementar a eficiência de sua utilização, aproveitando melhor o potencial do animal.

Segundo Andrigueto et al. (2002), os alimentos e matérias-primas extrusadas promoveram aumento de peso e eficiência alimentar em animais e em alguns casos, melhoraram significativamente a palatabilidade dos ingredientes ou alimentos.

A extrusão é um processo de cozimento à alta pressão (30 a 60 atm), umidade (19 até 25%) e temperatura (130 a 140°C), em curto espaço de tempo (10 a 30 segundos) (BATAGLIA, 1990; MUSTAKAS, 1970; NETO, 1992). Este conjunto de fatores distingue a extrusão de outros tratamentos utilizados no processamento de dietas (O'CONNOR, 1987) tais como peletização, floculação ou tostagem.

O amido é o principal componente energético dos grãos de cereais (55 a 77%) e no processo de extrusão, devido a suas características, contribui na

expansão e coesão do produto final, além de ser gelatinizado (HARMANN, HARPER, 1974) a uma temperatura de 50 a 80°C, quando o amido torna-se solúvel (tanto em água fria como em água quente), absorvendo grande quantidade de água (BATAGLIA, 1990; GOELEMA, 1999), o que resulta em melhor digestão enzimática devido a maior facilidade para absorção das enzimas (MELLO JR., 1991). A melhoria na utilização do amido é dependente dos métodos de processamento e das fontes de amido utilizadas (THEURER, 1986).

As barreiras físicas para a digestão do amido incluem a cutícula da semente, a matriz protéica que envolve os grânulos de amido e a baixa solubilidade do amido, por si só. Alguns processos como a trituração, por exemplo, rompem a cutícula mas, normalmente, têm pouco efeito sobre a matriz protéica que envolve o amido, ou sobre sua solubilidade. A utilização mais completa do amido requer um maior grau de rompimento do grânulo de amido, que pode ser obtido através do processamento a vapor apropriado. A extrusão, tratamento que envolve umidade, calor e pressão, causa o rompimento da matriz protéica que recobre e encapsula o grânulo de amido e aumentam a sua eficiência de utilização (OWENS, 1986).

Segundo Thomas e Van Der Poel (1998), o principal fator que contribui para mudanças do amido é o vapor. Aumentando-se a pressão de vapor, aumenta-se o grau de gelatinização do amido (porcentagem do conteúdo total de amido que é imediatamente acessível a glicoamilase) (VERVUERT; COENEN; BOTHE, 2004) e, com tempo maior de permanência da mistura no canhão da extrusora, ocasiona-se melhor absorção da umidade e aumento no tamanho da partícula do amido, devido à dilatação pela hidratação.

Durante o processo de extrusão, ocorre desnaturação protéica, um conjunto de alterações na conformação da molécula, provocando modificações relacionadas

à tecnologia de alimentos (ARAÚJO, 1999; GOMES; AGUILERA, 1984; NETO, 1992). A proteína desnaturada é mais sensível à hidrólise pelas enzimas proteolíticas e em muitos casos a sua digestibilidade e utilização aumentam (ARAÚJO, 1999). Esse processo é benéfico para os alimentos, quando provoca uma desnaturação parcial na molécula protéica.

A utilização da pressão na extrusão faz com que este processo apresente algumas vantagens em relação aos demais tipos de processos, tais como: inibição de fatores antinutricionais; minimização das reações de Maillard, devido brevíssimo tempo de retenção dentro do extrusor (BATAGLIA, 1990); retardamento na rancificação das gorduras (HERKELMAN; CROMWELL, 1990; PABLOS, 1986) aumento na digestibilidade do óleo por tornar-se mais disponível para os animais (SAKOMURA, 1996) e diminuição nas perdas de vitaminas, principalmente as lipossolúveis (NETO, 1992).

Complexos de lipídios com amilose podem ser formados durante o processamento de alimentos, incluindo a extrusão (BHATNAGAR; HANNA, 1994). A formação do complexo amilose-lipídio reduz a extração de lipídios por éter de materiais extrusados, e vários autores têm reportado decréscimo na extração de gordura após a extrusão. Delort-Laval e Mecier (1976) encontraram que somente 40-55% dos lipídios presentes em materiais fibrosos puderam ser extraídos com éter dietílico após a extrusão.

Nierle et al. (1980), usando diferentes solventes, obteve em média 40% de extração da gordura original do milho extrusado. Asp e Björck (1984) reportaram baixo conteúdo de gordura aparente após extração com hexano, mas a recuperação total em ingredientes fibrosos, deu-se quando a hidrólise ácida precedeu a extração

de gordura. Maga (1978) por outro lado, recuperou 15% a menos em relação ao conteúdo de gordura original do alimento extrusado, após a hidrólise ácida.

Os efeitos da peletização em alimentos volumosos são: aumento da aceitabilidade pelo animal promovendo aumento de consumo e diminuição na digestibilidade (MINSON, 1962 aput. GREENHALGH; REID, 1973). A peletização torna o alimento mais denso (apresentando facilidades para o transporte), reduz a seletividade e segregação dos ingredientes, destrói organismos patogênicos e torna o alimento mais palatável, reduzindo partículas de pó presentes no mesmo, facilitando a ingestão (BEHNKE, 1996). Dozier (2001), citou como vantagens da peletização a redução da seletividade entre ingredientes da ração, menor energia despendida para o consumo de alimentos, redução de perdas e facilidade quanto ao manejo.

Segundo Gray (1992), a digestão e absorção do amido em cavalos aumentam significativamente pelo processamento de grãos com aquecimento à 100°C por vários minutos antes de sua ingestão. Do mesmo modo, Lewis (2000) concluiu que o aquecimento e a moagem suficientes para desintegrar o grão e a sua estrutura granular amilácea aumentam a quantidade de amido digerido no intestino delgado.

Lewis (2000) descreve que o aumento da digestão pré-cecal do amido e, portanto, a quantidade de amido que atinge o ceco, diminuem o risco do grão causar diarreia, cólica ou laminite, se for consumida uma quantidade excessiva.

Comparando os coeficientes de digestibilidade do feno de alfafa na forma peletizada, farelada e, laminada, Haelein, Smith e Yoon (1996), encontraram coeficientes de digestibilidade da fibra 15% menor na forma peletizada em relação às demais formas, contudo Manzano e Carvalho (1978) e, Todd, Sauer e

Christopherson (1995) não encontraram diferenças nos coeficientes de digestibilidade entre as formas de processamento da ração fornecida a eqüinos.

Meyer, Radicke e Kienzle (1993), trabalhando com diferentes formas de processamento de grão de milho, inteiro, laminado, triturado, moídos e extrusado oferecidos a eqüinos, relataram que a digestibilidade pré-cecal do amido de milho extrusado foi significativamente maior do que o milho inteiro ou triturado possivelmente resultado do aumento da superfície de exposição às enzimas digestivas.

2.7 Fisiologia Glicolítica

Os mecanismos glicoregulatórios nos cavalos aparentemente não têm sofrido avaliações criteriosas, apesar de serem supostamente importantes para compreensão do padrão plasmático da glicose, não somente nos casos de doenças, como também em consequência da influência de exercícios, medicações e nutrição. Para ilustrar, a concentração de glicose plasmática é menor em pôneis alimentados com dietas contendo grãos, quando comparada com a de pôneis que comem feno, mas aumenta, e se equivale, quando estes animais recebem infusão intravenosa de glicose (GARCIA; BEECH, 1986).

Argenzio e Hintz (1972) observaram uma maior disponibilidade de glicose e uma utilização mais eficiente, da glicose, quando pôneis eram mantidos em uma dieta à base de aveia, em comparação com o momento que recebiam uma dieta

com alto teor de fibra a base de alfafa/polpa de beterraba, apesar do fato de que esta última supria maior energia digestível.

A glicose é principalmente absorvida no intestino delgado e em condições naturais sua disponibilidade é proporcional à digestão dos polissacarídeos e oligossacarídeos da dieta (HINTZ; HOGUE; WALKER, 1971a). Então, uma absorção normal depende de uma mucosa intestinal íntegra e funcional (ALEXANDER, 1955).

A glicemia depende do equilíbrio entre entrada da glicose sanguínea (glicose absorvida e glicose endógena), sua liberação pelo fígado e sua utilização pelos tecidos (ARGENZIO; HINTZ, 1972; FORD; EVANS, 1982). Esta utilização é, praticamente, regulado pela insulina hormônio produzido pelas células pancreáticas β e principalmente encontradas no tecido muscular. Em adição à insulina, outros hormônios regulatórios estão envolvidos na homeostase da glicose como o glucagon, glicocorticóides, catecolaminas e hormônios de crescimento (LACERDA NETO et al., 1998).

De acordo com Hintz (1971b), dietas ricas em grãos tendem a ter uma maior digestão de carboidratos no intestino delgado e maior absorção de glicose, enquanto uma dieta exclusiva de forragens estimula uma maior conversão de carboidratos para ácidos graxos voláteis por bactérias no ceco e cólon, entretanto, a glicose plasmática não foi influenciada pela variação da relação concentrado/volumoso na dieta, sugerindo que diferenças nas propriedades glicêmicas da dieta podem ser compensadas por ação hormonal.

Nos cavalos, a gliconeogênese é a principal fonte de glicose utilizada pelos tecidos, que aumenta durante o jejum e então minimiza os efeitos da redução da absorção intestinal de glicose. Desta forma é possível especular que nos animais alimentados exclusivamente com gramíneas, a glicemia é mantida somente pela

glicose endógena associada a baixos níveis de secreção de insulina. Por outro lado, quando os animais recebem uma estimulação aguda com glicose, a secreção de insulina é menos intensa que em animais adaptados à alimentação com concentrados (FORD; EVANS, 1982).

Argenzio e Hintz (1972) sugerem que a concentração de glicose plasmática é mediada por mecanismos diferentes dos que atuam em ruminantes e que a resposta da insulina à glicose em pôneis, se assemelha a que é descrita em humanos.

Segundo Davidson et al. (1991), os picos plasmáticos de glicose e insulina, em potros, ocorrem cerca de 2 horas e trinta minutos após a ingestão de alimento. A concentração plasmática de glicose após a ingestão de alimento, chamada de resposta glicêmica, pode ser influenciada pelo tamanho da partícula, grau de processamento térmico, composição em proteína, gordura e fibra do alimento, estrutura bioquímica e processo de absorção do carboidrato, conteúdo e intervalo de tempo da refeição anterior (GUEZENNEC, 1995).

Pesquisa realizada por Greppi et al. (1996), concluíram que a mensuração cinética de metabólitos na circulação periférica, durante o dia, pode explicar algumas trocas bioperiódicas envolvidas com a ingestão e absorção de nutrientes e, um aumento nos níveis de glicose após a alimentação pode estar relacionado com a absorção gastrintestinal, sugerindo que a forma do alimento, quantidade de fibras e interação amido-proteína podem modificar a resposta glicêmica.

Potter et al. (1992) demonstraram que a moagem dos grãos pode melhorar a digestibilidade do amido no intestino delgado; porém, alimentos peletizados podem produzir um significativo aumento na glicose e insulina plasmáticas, quando comparada com a de alimentos menos processados.

Rankin (1997) sugere que para completar a avaliação do índice glicêmico de um alimento, ou seja, a magnitude da resposta em glicose plasmática após sua ingestão, a concentração plasmática de insulina pode ser um bom indicativo da presença de açúcar na corrente sanguínea. Neste sentido, Glade, Gupa e Reimers (1984), informam que uma rápida resposta secretora de insulina pelo pâncreas pode estar associada com a ingestão de grandes quantidades de energia e proteína.

Lawrence et al. (1993) observaram que a glicose plasmática pode ser uma importante fonte de carboidratos durante o trabalho muscular, mas durante o exercício, o transporte de glicose, dentro do músculo, não é dependente de insulina, não podendo ser considerado o índice de insulina durante o exercício. Segundo Sherman, Peden e Wright (1991), durante o jejum, quando a concentração de insulina é baixa, a disponibilidade de ácidos graxos não esterificados e, conseqüente oxidação de lipídios é favorecida e, por comparação, uma dieta com a presença de carboidratos aumenta a disponibilidade de glicose e insulina e diminui a disponibilidade de ácidos graxos não esterificados. Do mesmo modo, afirmaram que a ingestão de dieta rica em carboidratos, antes do exercício, pode ajudar a melhorar o desempenho.

Nadal, Thompson e Kincaid (1997), entenderam que os valores plasmáticos de insulina aumentam logo após a ingestão de alimento, mas sempre se mantiveram menores nos eqüinos alimentados com feno de alfafa do que nos que não ingeriram alimentos. Do mesmo modo, informam que os altos valores plasmáticos de insulina, nos eqüinos que receberam alimento peletizado e água à vontade, indicam a necessidade da presença de água no processo de digestão ou absorção de nutrientes, entretanto a resposta de glicose entre os grupos que receberam esta dieta e não tinham água à vontade não teve diferença, demonstrando a não

interferência da água no processo que determina a concentração plasmática de glicose. Por outro lado, a concentração de glicose e insulina plasmáticas determinadas após a alimentação pode prover algumas informações interessantes sobre a condição nutricional de ruminantes, mas tem mostrado poucas informações em não ruminantes e nenhum desses indicadores pode ser usado para avaliação do metabolismo energético em cavalos.

De acordo com Fowden et al. (1999), o glucagon tem uma importante função no metabolismo da glicose. Ele é secretado pelas células alfa do pâncreas em resposta a estímulos variados e age sobre o fígado e outros tecidos para aumentar a produção de glicose.

Segundo Sticker et al. (1995), um aumento na concentração plasmática de glucagon e diminuição de insulina são esperados para início da mobilização de nutrientes através da glicogenólise, lipólise e gliconeogênese, mas em éguas submetidas a um jejum de 53 horas, os níveis plasmáticos de glucagon aumentaram sem redução dos níveis de insulina e glicose, determinando a necessidade de novos estudos na homeostase de glicose em eqüinos.

De acordo com Arai et al. (1994), a glicose é a maior fonte de energia para animais e a glicólise é a melhor reação enzimática para a produção de ATP nas células. O transporte de glicose no interior das células é o primeiro passo para sua utilização. Forhead et al. (1994), afirmam que a insulina é de fundamental importância para a regulação dos processos metabólicos glicoregulatórios, mas, um aumento da função das células beta e hiperinsulinemia nos estados resistentes à insulina (esforço compensativo para diminuição da resposta dos tecidos) podem desconectar os receptores nos adipócitos de humanos e roedores. Nos cavalos, o controle da glicose e insulina, pode ser prejudicado em vários estágios de vida, em

condições como crescimento, exercício, obesidade, gestação, disfunção da pituitária, laminite e idade (RALSTON, 2002).

É importante observar, segundo Madigan e Evans (1973), que a observação das trocas plasmáticas de insulina, esta associada à secreção e não à remoção. Desde que a insulina é secretada no sistema porta, e uma porção significativa é removida pelo fígado, estas perdas irreversíveis no plasma podem não fornecer informações sobre os níveis de secreção pancreática. Do mesmo modo, Giraudet et al. (1994) informam que o aumento inicial nos níveis plasmáticos de insulina, após a alimentação, é decorrente da secreção de insulina armazenada nas células pancreáticas beta.

Uma melhora na sensibilidade à insulina foi definida como um decréscimo na liberação de insulina depois de um desafio no fornecimento de glicose oral. Também a prática de exercícios induziu a uma melhora na sensibilidade à insulina e o controle no fornecimento de rações também manteve a melhora na sensibilidade à insulina mesmo na falta de exercícios físicos (FREESTONE et al., 1992).

Segundo Haagsman e Van Golde (1984), a presença de um grau de resistência à insulina em pôneis pode ser resultado da seleção natural para sobreviver em condições desfavoráveis, como terrenos acidentados, clima severo e falta de alimento, proporcionando um desvio metabólico que leva a maior parte do carboidrato ingerido para o fígado, e não para os músculos, onde são transformados em triglicérides.

Neste sentido, Forehead e Dobson (1997), observaram que, em jumentos saudáveis, o jejum de três dias induz à resistência a insulina exógena. A ação de desequilíbrio glicoregulatório da insulina diminui a utilização de glicose nos tecidos periféricos e aumenta a utilização de glicose em tecidos vitais.

A presença desta adaptação metabólica na raça de pôneis, que seria uma vantagem na sobrevivência em condições naturais de suprimento alimentar incerto, torna-se uma desvantagem para pôneis que foram domesticados e recebem boa quantidade de alimento de qualidade e tem baixos níveis de atividade física (JEFFCOTT; FIELD, 1986).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste experimento foi necessário adotar as metodologias e utilizar os materiais descritos neste capítulo.

3.1 Local

O experimento foi realizado nas dependências do Setor de Eqüideocultura do Campus Administrativo de Pirassununga, 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.

Os animais permaneceram em baias de alvenaria, individuais, com área 12 metros quadrados e sem cama nos três dias de coleta de fezes.

3.2 Animais

Foram utilizados quatro eqüinos, fêmeas, da raça brasileiro de hipismo, com idade aproximada de vinte e quatro meses, com peso médio de 500 Kg, pertencentes ao rebanho da Universidade de São Paulo. Todos os animais foram

previamente imunizados contra tétano e raiva, sendo também vermifugados e pulverizados contra ectoparasitas.

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 Tratamentos

O trabalho foi composto por 4 tratamentos, separados por dois fatores. O primeiro fator foi constituído por dois concentrados peletizados, sendo os dois semelhantes, diferindo somente pela pré-extrusão do ingrediente milho no concentrado CM, onde no concentrado CT, estes são somente triturados antes da peletização, o que ocorre também no concentrado CM. O segundo fator é constituído pela diferença na ordem de fornecimento do concentrado e do volumoso onde a ordem C7V9 identifica o fornecimento do concentrado às 7:00h e às 19:00h e do volumoso às 9:00h e às 21:00h; e a ordem V7C9 identifica o fornecimento do volumoso às 7:00h e às 19:00h e do concentrado às 9:00h e às 21:00h. A fração volumosa consistiu de feno de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. var. Coast Cross – 1.

Os tratamentos podem ser assim descritos:

CTC7V9 = Concentrado simples às 7:00 e 19:00h e volumoso às 9:00 e 21:00h

CTV7C9 = Concentrado simples às 9:00 e 21:00h e volumoso às 7:00 e 19:00h

CMC7V9 = Concentrado pré-extrusado às 7:00 e 19:00h e volumoso às 9:00 e 21:00h

CMV7C9 = Concentrado pré-extrusado às 9:00 e 21:00h e volumoso às 7:00 e 19:00h

O processo de extrusão dos grãos de cereais que consiste na trituração e subsequente exposição à temperatura, pressão, umidade e permanência no sistema estão descritos na tabela 3.1 segundo dados fornecidos pela empresa que efetuou o processamento.

Tabela 3.1 – Condições de temperatura, permanência no sistema, umidade e pressão para o processamento de extrusão do milho

Temperatura (°C)	100
Permanência no sistema (min)	5
Umidade (%)	25 – 30
Pressão (Kgf/cm²)	6,33

A composição bromatológica do volumoso e dos 2 concentrados, encontra-se descrita na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Composição bromatológica do volumoso (feno) e dos 2 suplementos concentrados (100 % da MS)

	MS	PB	Amido	FDN	FDA	MM	FB	EE	Ca	P
CM	90,7	17,9	31,9	32,7	12,8	7,3	7,0	4,7	1,04	0,55
CT	90,2	16,6	22,9	38,9	14,8	10,5	8,1	4,2	1,23	0,85
FENO	91,6	3,6	2,4	83,2	47,6	4,3	35,1	3,6	0,24	0,16

As dietas foram fornecidas quatro vezes ao dia, com intervalos constantes, às 7:00 e 19:00h o concentrado e 9:00 e 21:00h o volumoso para o fator do tratamento C7V9; e 7:00 e 19:00h o volumoso e 9:00 e 21:00h o concentrado para o fator do tratamento V7C9. Essas refeições foram divididas em partes em partes iguais, adotando-se o consumo diário individual de matéria seca, de 2,0% do peso vivo, sendo 45% de concentrado e 55% de volumoso do feno da gramínea Coast-cross (*Cynodon dactylon*). O concentrado foi fornecido em um comedouro separado do volumoso e foi observado o tempo de consumo máximo, para o concentrado, de 45 minutos, a fim de padronizar os estudos de digestibilidade e conforme metodologia adotada por Gibbs e Schelling (1996).

Água e suplemento mineral foram fornecidos à vontade. Os animais foram pesados no início e no final de cada tratamento e a formulação das dietas foi feita para atender as exigências de manutenção da categoria equina utilizada, segundo o National Research Council (NRC, 1989).

3.5 Metodologia de coleta e processamento das amostras

O experimento teve a sua realização de quatro períodos de onze dias cada, sendo oito primeiros dias de adaptação às dietas e os três dias subseqüentes para coleta de fezes. Amostras individuais das dietas fornecidas foram retiradas diariamente, durante os períodos de coleta, sendo acondicionadas em sacos plásticos para posterior análise bromatológica. As fezes coletadas em um período de 24 horas durante 3 dias foram pesadas, devidamente identificadas e armazenadas em freezer horizontal, com temperatura variando de 5° a 10° C negativos para posterior análise.

No primeiro dia de coleta de fezes também foram realizadas as coletas de sangue pela manhã, na veia jugular, às 6:30h (-30), 30 minutos antes de fornecer a primeira refeição e as 7:30 (30), 8:30 (90), 9:30 (150), 10:30 (210), durante a ingestão da dieta oferecida pela manhã (7:00 horas) para dosagem de glicose; e às 6:30h (-30) e 9:30 (150), 30 minutos depois da última refeição da manhã, para dosagem de insulina do mesmo modo que Stull e Rodiek (1988).

Ao final dos quatro períodos de coletas, as amostras de fezes totais foram descongeladas à temperatura ambiente, homogeneizadas manualmente, pesadas e secas em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72 horas, sendo posteriormente retiradas da estufa, deixadas à temperatura ambiente e novamente pesadas e calculada a MS original (SILVA, 2002).

Logo após foram moídas em moinho com peneira de 1mm² e acondicionadas em sacos plásticos que permaneceram fechados até o momento de sua análise.

3.6 Procedimentos laboratoriais

As análises de MS, MO, PB, FDN, FDA, EE, MM, Ca e P foram realizadas segundo a metodologia descrita por Silva (2002). A análise do amido foi conduzida segundo o método enzimático descrito por Pereira e Rossi Junior (1998). Para a análise da glicose plasmática foi utilizada a técnica descrita por Bergmeyer (1975) e Tonkk (1972) e para a insulina plasmática a rotina descrita por Yalow e Berson (1960) utilizando a técnica de radioimunoensaio.

3.7 Delineamento experimental

Foi utilizado um delineamento experimental em Quadrado Latino balanceado 4X4 (quatro animais, quatro tratamentos e quatro períodos), com arranjo fatorial 2X2 dos tratamentos e medidas repetidas no tempo (Tabelas 3.3 e 3.4).

Tabela 3.3 – Delineamento em quadrado latino 4 x 4

Sub-períodos	Animais			
	1	2	3	4
I	CMC7V9	CMV7C9	CTC7V9	CTV7C9
II	CMV7C9	CTV7C9	CMC7V9	CTC7V9
III	CTC7V9	CMC7V9	CTV7C9	CMV7C9
IV	CTV7C9	CTC7V9	CMV7C9	CMC7V9

Tabela 3.4 - Análise de variância com medidas repetidas no tempo

Fontes de variação	Graus de liberdade
Tratamentos	3
Horário (C7V9 e V7C9)	[1]
Concentrado (CM ou CT)	[1]
Interação	[1]
Linhas (Período)	3
Colunas (animais)	3
Resíduo A	6
Sub-parcelas	15
Tempos	4
Interação tempo x tratamentos	12
Interação tempo x animal	12
Interação tempo x coluna	12
Resíduo B	39
Total	79

Os resultados de digestibilidade e resposta plasmática de glicose foram analisados através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1995), sendo anteriormente verificada a normalidade dos resíduos pelo teste de SHAPIRO-WILK (PROC UNIVARIATE) e a homogeneidade das variâncias comparadas pelo teste F. A análise de variância foi realizada pelo procedimento

GLM (General Linear Model) e PROC EXP e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

Os resultados de análise da área de resposta plasmática de glicose foram analisados através do PROC EXPAND do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1995).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados neste experimento refletiram as condições de cada tratamento testado, e, em alguns casos, observaram-se resultados semelhantes aos obtidos por Meyer (1995), que concluíram que podem ocorrer variações individuais com relação à digestibilidade de um mesmo alimento, causadas pelo comportamento durante a ingestão do alimento (tempo de mastigação), alteração de peristaltismo ou diferenças na produção de enzimas.

Durante a fase de coleta de amostras o peso dos equinos foi avaliado, no início e final de cada período e não houve variação significativa mantendo-se um peso constante, como demonstrado na tabela 4.1, o que indica que a dieta foi adequada à categoria animal utilizada.

Tabela 4.1 – Valores da massa corporal no início e final de cada período, ganho de peso de cada período, média de ganho de peso por animal no final do experimento e desvio padrão dessas médias, em kg

Peso (kg) período	23/10 2004	3/11 2004	Gan Pes 1	15/11 2004	Gan Pes 2	26/11 2004	Gan Pes 3	07/12 2004	Gan Pes 4	Gan Tot	Média Final	Des Pad
Tiara	515	500	-15	491	-9	514	23	505	-9	-10	-2,5	17,23
Tora	492	488	-4	502	14	490	-12	494	4	2	0,5	11,12
Tila	459	458	-1	459	1	477	18	473	-4	14	3,5	9,88
Trovoada	514	502	-12	505	3	511	6	521	10	7	1,75	9,60

Quanto à aceitabilidade, não foi observado nenhuma reação pelos animais em relação a todos os tratamentos tendo em vista que, nas proporções que eram colocadas, não havia sobras nos comedouros, sendo o concentrado consumido em um prazo de aproximadamente 30 minutos e o volumoso consumido ao longo do dia,

antes do próximo fornecimento de volumoso. Os resultados observados nesse trabalho refletiram as condições de cada tratamento testado e as digestibilidades encontradas são semelhantes às publicadas por, Pagan (1998) e Ordakowski et al. (2001).

A apresentação e discussão dos resultados obtidos, com intuito de facilitar a observação dos pontos de destaque, foram divididas em: demonstrativo dos coeficientes de digestibilidade; digestibilidade aparente total da matéria seca; digestibilidade aparente total da matéria orgânica; digestibilidade aparente total da proteína bruta; digestibilidade aparente total do amido; digestibilidade aparente total da fibra em detergente neutro; digestibilidade aparente total da fibra em detergente ácido e concentração plasmática de glicose e insulina.

4.1 Demonstrativo dos coeficientes de digestibilidade

Os coeficientes médios de digestibilidade estão apresentados na tabela 4.2 e figura 4.1 e seus desvios padrões estão demonstrados na figura 4.2.

Tabela 4.2 – Médias (4 animais), dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), amido, fibra em detergente neutro (FDN) fibra em detergente ácido (FDA); respectivos desvios padrões, coeficientes de variação e valores de p, das dietas teste obtidas pelo método de coleta total

	CTC7V9	CTV7C9	CMC7V9	CMV7C9	Desvio Padrão	Coeficiente de variação	Valor de P Ração	Valor de P Horário
MS	51,16	54,49	53,35	58,20	2,944	4,65	NS	NS
MO	54,13	57,50	56,14	60,75	2,782	4,50	NS	NS
PB	65,57	70,34	68,94	72,63	2,955	9,83	NS	NS
Amido	98,17	98,27	98,20	98,21	0,042	0,53	NS	NS
FDN	42,53	44,63	42,89	49,31	3,118	16,49	NS	NS
FDA	34,80	37,27	37,01	42,27	3,156	5,67	NS	NS

NS – Não significativo. As variâncias foram comparadas pelo teste F com 5% de significância.

A figura 4.3 apresenta a média das digestibilidades isolando o efeito do sistema de arração e a figura 4.4 apresenta o efeito isolado do tipo de concentrado.

Figura 4.1 – Valores médios de digestibilidade de MS, MO, PB, Amido, FDA e FDN (%) em equinos alimentados com duas dietas e dois sistemas de fornecimento

Figura 4.2 – Valores dos desvios padrões das médias de digestibilidade de MS, MO, PB, Amido, FDA e FDN (%) em eqüinos alimentados com duas dietas e dois sistemas de fornecimento

Figura 4.3 – Média dos valores de digestibilidade isolando o efeito do sistema de arraçoamento

Figura 4.4 – Média dos valores de digestibilidade isolando o efeito do tipo de concentrado

4.2 Digestibilidade aparente total da matéria seca

O tratamento com o concentrado CM sendo fornecido posteriormente ao volumoso, foi o que apresentou o maior valor médio numérico na digestibilidade da MS (58,2%), em seguida pelo tratamento com o concentrado CT sendo fornecido posteriormente ao volumoso (54,5%), depois o tratamento com o concentrado CM sendo fornecido primeiramente que o volumoso (53,3%) e por fim o tratamento com o concentrado CT sendo fornecido primeiramente que o volumoso (51,2%). Sendo os valores das digestibilidades apresentados na tabela 7. Apesar destes valores não mostrarem significância entre si ($p < 0,05$), podemos perceber uma tendência de melhora na digestibilidade da MS, primeiro, com o fornecimento do volumoso anteriormente ao concentrado, e depois com a pré-extrusão do ingrediente milho do concentrado.

Os valores encontram-se dentro dos índices normais, determinados Cunha (1991) e Perali (2001), para digestibilidade aparente total de MS em eqüinos.

A tendência de piora na média das digestibilidades aparente total da matéria seca oriunda das dietas com o fator C7V9 (com fornecimento do concentrado anteriormente ao volumoso), apresentados na figura 4.3, poderia ser explicado devido ao volumoso passar depois pelo trato digestivo. Levando em consideração que esse tem um tempo menor de retenção pré-cecal que o concentrado (GOBESSO, 2001), o volumoso poderia “arrastar” o concentrado para a porção pós-ileal antes de uma digestão completa.

Nos tratamentos com o fator V7C9, as diferenças nos valores das digestibilidades aparentes totais das matérias secas podem não ter sido

significativos devido ao fato de que os animais não consumiam completamente o volumoso antes do fornecimento do concentrado, então aquela parte do volumoso que não foi consumida em 2 horas (antes do fornecimento do concentrado), foi consumida alternadamente com o concentrado, misturando-se com esse no trato digestivo diminuindo o efeito do fator sistema de arraçãoamento.

Outro fator a se considerar seria a velocidade de consumo do alimento. Pois animais que já haviam ingerido volumoso, consumiriam mais lentamente o concentrado, parte mais digestiva da dieta (WOLTER, 1977), o que elevaria consideravelmente a digestibilidade do alimento de uma maneira geral.

A tendência de melhora na média das digestibilidades aparente total da matéria seca oriunda das dietas com concentrado CM (milho pré-extrusado), apresentados na figura 4.3, poderia ser explicado devido ao fato de que a extrusão, tratamento que envolve umidade, calor e pressão, causa o rompimento da matriz protéica que recobre e encapsula o grânulo de amido e aumentam a sua eficiência de utilização (OWENS, 1986) aumentando conseqüentemente a eficiência de uma maneira geral da digestibilidade da MS.

Nos tratamentos com o concentrado CM, as diferenças nos valores das digestibilidades aparentes totais das matérias secas podem não ter sido significativos devido ao fato de que, de todos os ingredientes utilizados no concentrado, apenas o milho foi pré-extrusado. Meyer, Radicke e Kienzle (1993), trabalhando com milho isoladamente, concluíram que a digestibilidade pré-cecal do amido de milho extrusado foi significativamente maior do que o milho inteiro ou triturado possivelmente resultado do aumento da superfície de exposição às enzimas digestivas. Assim podemos supor que, valor numérico do benefício da extrusão

sobre o milho foi diluído no valor da digestibilidade aparente total da matéria seca do alimento que continha outros ingredientes não extrusados.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) e não houve interação entre tratamentos ($p < 0,05$).

4.3 Digestibilidade aparente total da matéria orgânica

O tratamento com o concentrado CM sendo fornecido posteriormente ao volumoso, foi o que apresentou o maior valor médio numérico na digestibilidade da MO (60,7%), em seguida pelo tratamento com o concentrado CT sendo fornecido posteriormente ao volumoso (57,5%), depois o tratamento com o concentrado CM sendo fornecido primeiramente que o volumoso (56,1%) e por fim o tratamento com o concentrado CT sendo fornecido primeiramente que o volumoso (54,1%). Sendo os valores das digestibilidades apresentados na tabela 4.2. Apesar destes valores não mostrarem significância entre si ($p < 0,05$), podemos perceber que segue a mesma tendência de melhora na digestibilidade da MS, primeiro, com o fornecimento do volumoso anteriormente ao concentrado, e depois com a pré-extrusão do ingrediente milho do concentrado.

Os valores de digestibilidade aparente total da MO encontram-se dentro dos índices normais para eqüinos determinados Cunha (1991) e Perali (2001).

Como esta fração (MO), é obtida por diferença algébrica entre MS e MM, podemos estabelecer raciocínio análogo ao da digestibilidade aparente total da MS anteriormente descrito, o fornecimento de volumoso anteriormente ao concentrado não contribuiu significativamente para o aumento da digestibilidade da matéria orgânica ($p < 0,05$), porém houve uma tendência de melhora e a presença de concentrado CM na dieta, também não contribuiu significativamente para o aumento da digestibilidade da matéria orgânica ($p < 0,05$), porém houve uma tendência de melhora.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) e não houve interação entre tratamentos ($p < 0,05$).

4.4 Digestibilidade aparente total da proteína bruta

A dieta com o concentrado CM sendo fornecido posteriormente ao volumoso foi o que apresentou o maior valor médio numérico na digestibilidade da PB (72,6%), em seguida pelo tratamento com o concentrado CT sendo fornecido posteriormente ao volumoso (70,3%), depois o tratamento com o concentrado CM sendo fornecido primeiramente que o volumoso (68,9%) e por fim o tratamento com o concentrado CT sendo fornecido primeiramente que o volumoso (67,6%). Sendo os valores das digestibilidades apresentados na tabela 4.2.

Os valores da digestibilidade aparente total da PB encontram-se dentro dos índices normais para eqüinos de acordo com revisão de Pagan (1998) e Cunha (1991).

Assim como na MS a digestibilidade aparente total da PB não foi significativamente afetada por nenhum dos tratamentos ($p < 0,05$), mas a figura 4.1 demonstra a mesma tendência de aumento da digestibilidade com o fornecimento do volumoso em primeira (7:00h) e terceira refeição (19:00h), acompanhado do concentrado CM; logo em seguida pelo volumoso em primeira e terceira refeição com concentrado CT; volumoso como segunda (9:00h) e quarta (21:00h) refeição, com concentrado CM e volumoso como segunda e quarta refeição, com concentrado CT.

Observamos também na figura 4.3 que as médias dos valores de digestibilidade aparente total da PB com sistema de arraçoamento V7C9, são numericamente maiores que no sistema C7V9, mostrando uma tendência de melhora na digestibilidade da proteína, essa tendência pode ocorrer pelo fato do

concentrado no tratamento V7C9, não ser carregado pelo volumoso, o qual tem um tempo menor de permanência no estômago. Esse menor tempo de permanência do alimento no estômago prejudica a ação das enzimas das proteínas o que conseqüentemente afeta a digestibilidade da PB de uma forma geral.

A não significância pode ter ocorrido devido fato de que os animais não consumiam completamente o volumoso antes do fornecimento do concentrado, então aquela parte do volumoso que não foi consumida em 2 horas (antes do fornecimento do concentrado), foi consumida alternadamente com o concentrado, misturando-se com esse no trato digestivo diminuindo o efeito do fator sistema de arraçoamento.

O fator tipo de concentrado também não apresentou diferenças significativas entre as médias das digestibilidade total das PB, porém também mostram uma tendência de melhora para o concentrado CM, como visto na figura 4.4. Essa tendência pode ser dividido ao fato que durante o processo de extrusão, ocorre desnaturação protéica, um conjunto de alterações na conformação da molécula (ARAÚJO, 1999; GOMES; AGUILERA, 1984; NETO, 1992). A proteína desnaturada é mais sensível à hidrólise pelas enzimas proteolíticas, podendo assim ter aumentado a digestibilidade e utilização das mesmas como observado por Araújo (1999).

A não significância das médias, podem ter ocorrido devido ao valor numérico do benefício da extrusão sobre o milho, na digestibilidade da PB, ter sido diluído no valor da digestibilidade aparente total da PB do alimento que continha outros ingredientes não extrusados.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) e não houve interação entre tratamentos ($p < 0,05$).

4.5 Digestibilidade aparente total do Amido

A digestibilidade aparente total do amido apresentou valores bem próximos entre os tratamentos sendo 98,5% para o concentrado CM sendo fornecido posteriormente ao volumoso, 98,3% para o tratamento com o concentrado CT sendo fornecido posteriormente ao volumoso, 98,6% para o tratamento com o concentrado CM sendo fornecido primeiramente que o volumoso e 98,1% para o tratamento com o concentrado CT sendo fornecido primeiramente que o volumoso. Sendo os valores das digestibilidades apresentados na tabela 4.2.

Os valores da digestibilidade aparente total do amido encontram-se dentro dos índices normais para eqüinos de acordo com revisão de Kienzle (1994b) e Cunha (1991).

Nos coeficientes de digestibilidade aparente total do amido, além de não haver diferença significativa, é possível observar valores bastante semelhantes entre os tratamentos. Esta semelhança foi observada nos resultados apresentados por Kienzle (1994b), que afirma que a digestibilidade aparente total de amido de diferentes dietas varia muito pouco devido à alta digestão microbiana deste nutriente. Neste sentido Potter et al. (1992), afirmam que o processamento tem um pequeno efeito sobre a digestibilidade em todo o trato, mas pode afetar o local de digestão de determinados nutrientes. Então, propõe-se, devido à tendência dos valores de digestibilidade da MS, que o trânsito do amido na porção pré-cecal é mais lento nos tratamentos que contém o fator sistema V7C9, por estes não estarem sendo carregados pelo volumoso que devido sua quantidade de fibra passa mais rapidamente na porção pré-cecal do trato digestivo levando com sigo parte do amido

não digerido do concentrado para a porção pós-ileal nos tratamentos com fator sistema C7V9, prejudicando assim a digestão e absorção do amido no intestino delgado.

Quanto ao efeito do processamento no fator concentrado CM, Harmann e Harper (1974) afirmam que com a extrusão o amido gelatiniza, ou seja, torna-se solúvel (tanto em água fria como em água quente), absorvendo grande quantidade de água (BATAGLIA, 1990; GOELEMA, 1999), o que resulta em melhor digestão enzimática devido a maior facilidade para absorção das enzimas (MELLO JR., 1991) aumentando assim a quantidade de amido digerido no intestino delgado. Propõe-se então que com o aumento da digestão do amido no intestino delgado, diminui-se o extravasamento de amido para o intestino grosso, o que diminui os distúrbios gastrointestinais e colabora para uma digestão saudável e eficiente, de uma maneira geral, para todos os nutrientes, principalmente as fibras.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) e não houve interação entre tratamentos ($p < 0,05$).

4.6 Digestibilidade aparente total da FDN

A dieta com o concentrado CM sendo fornecido posteriormente ao volumoso foi o que apresentou o maior valor médio numérico na digestibilidade da FDN (49,3%), em seguida pelo tratamento com o concentrado CT sendo fornecido posteriormente ao volumoso (44,6%), depois o tratamento com o concentrado CM sendo fornecido primeiramente que o volumoso (42,9%) e por fim o tratamento com o concentrado CT sendo fornecido primeiramente que o volumoso (42,5%). Sendo os valores das digestibilidades apresentados na tabela 4.2.

Os valores da digestibilidade aparente total da FDN encontram-se dentro dos índices normais para eqüinos de acordo com Moretini et al. (2004) e Cunha (1991).

Apesar de não haver uma melhora significativa para a digestibilidade da FDN percebemos que houve uma tendência de melhora no mesmo sentido da MS, isso primeiro com o fator V7C9 em relação ao fator C7V9, e depois em relação ao fator CM em relação ao CT.

Em relação ao sistema de arração, considerando as proposições em torno da digestibilidade do amido, podemos supor que essa tendência de melhora na digestibilidade da FDN (Figura 4.3) se dá pelas melhores condições do ambiente cecal, devido a um menor extravasamento de amido para esse, o que favorece uma melhor digestibilidade dos carboidratos estruturais de uma maneira geral (MOORE-COLYER et al., 2000), mesmo assim foram obtidos excelentes resultados de digestibilidade aparente total para todos os tratamentos levando-se em consideração o tipo de incrustação e a complexidade da lignina presente nas gramíneas (volumoso

utilizado) bem mais severos do que nas leguminosas (HARTLEY; HAVERKAMP, 1984).

Na consideração do fator tipo de concentrado, a tendência observada na figura 4.4, de melhora para o fator CM, pode se ter devido ao fato da melhor digestão no intestino delgado do amido gelatinizado pela extrusão do milho, o que impede que esse chegue em grandes quantidades no intestino grosso, e altere o ambiente pós-ileal, o que alteraria o perfil de fermentação, prejudicando assim a fermentação e digestão eficiente de carboidratos estruturais.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) e não houve interação entre tratamentos ($p < 0,05$).

4.7 Digestibilidade aparente total da FDA

A dieta com o concentrado CM sendo fornecido posteriormente ao volumoso foi o que apresentou o maior valor médio numérico na digestibilidade da FDA (42,3%), em seguida pelo tratamento com o concentrado CT sendo fornecido posteriormente ao volumoso (37,3%), depois o tratamento com o concentrado CM sendo fornecido primeiramente que o volumoso (37%) e por fim o tratamento com o concentrado CT sendo fornecido primeiramente que o volumoso (34,8%). Sendo os valores das digestibilidades apresentados na tabela 4.2.

Os valores da digestibilidade aparente total da FDA encontram-se dentro dos índices normais para eqüinos de acordo com Moretini et al. (2004) e Cunha (1991).

Como se esperava, para dietas com a mesma fonte de fibra e valores bem parecidos de FDN e FDA entre os tratamentos, a digestibilidade aparente total da FDA seguiu a mesma tendência que a digestibilidade aparente total da FDN (MOORE; DEHORITY, 1993), como observado na figura 4.1 e conseqüentemente as médias dos fatores sistema de arraçoamento e tipo de concentrado, vistos respectivamente na figura 4.3 e 4.4, também seguiram a mesma tendência.

Mesmo não existindo diferença estatística entre os valores, podemos supor que as tendências da FDA foram influenciadas pelos mesmos fatores que a FDN.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$) e não houve interação entre tratamentos ($p < 0,05$).

4.8 Concentração plasmática de glicose e insulina

A concentração plasmática de glicose após a ingestão de alimento, chamada de resposta glicêmica, pode ser influenciada por vários fatores tais como, o tamanho da partícula, o grau de processamento térmico, a composição em proteína, gordura e fibra do alimento, a estrutura bioquímica e o processo de absorção do carboidrato, o conteúdo e intervalo de tempo da refeição anterior (GUEZENNEC, 1995; RALSTON; BAILE 1982).

Durante o experimento os valores de glicemia, visto na tabela 4.3 e figura 4.5, para todos os animais em jejum, estavam dentro dos valores de glicose sanguínea considerados normais, segundo Robinson (1992) para eqüinos nesta condição fisiológica.

Segundo Meyer (1995), a glicemia que em jejum se mantém entre 80 a 100 mg/dL, após as refeições ricas em amido ou açúcar pode subir a 150 mg/dL num prazo de 2-3 horas. De acordo com Robinson (1992), os níveis de glicose retornam ao basal 6 horas após a ingestão do alimento, e os valores de glicose sanguínea para animais saudáveis em jejum estão entre 71 e 104 mg/dL.

No mesmo sentido, Witham e Stull (1988), relatam que o pico de glicose plasmática foi obtido de 2 a 3 horas após a ingestão do alimento no período da manhã, sendo que, os níveis também aumentam imediatamente antes da ingestão.

Tabela 4.3 – Valores médios de glicose plasmática (mg/dL) e desvio padrão (mg/dL) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do concentrado e 30, 90, 150 e 210 minutos após o fornecimento do concentrado no período matutino

Tratamento/Horário	-30	30	90	150	210
CTC7V9	89,75	103,50	148,50	139,75	121,00
CMC7V9	89,00	102,50	123,75	105,50	103,50
CTV7C9	85,00	89,50	120,72	108,25	100,50
CMV7C9	86,00	95,25	106,25	97,00	93,25
Desvio padrão	2,29	6,58	17,55	18,71	11,77

Figura 4.5 – Valores médios de glicose plasmática (mg/dL) e desvio padrão (mg/dL) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do concentrado e 30, 90, 150 e 210 minutos após o fornecimento do concentrado no período matutino

Witham e Stull (1988) observaram também que os níveis plasmáticos de glicose foram maiores nos eqüinos que se alimentaram com dieta composta com concentrado, quando comparado com os que se alimentaram apenas com volumoso. Já a insulina teve seu pico entre 3 a 4 horas após alimentação e do mesmo modo, aumenta no momento da ingestão da dieta. Também foram detectados níveis maiores de insulina nos eqüinos que receberam dieta com concentrado e volumoso, quando comparados com os que receberam somente volumoso.

Como observado na tabela 4.3, no tempo 30 minutos antes da ingestão do concentrado os valores de glicose plasmática estão bem próximos entre si, com um sensível aumento à medida que se aproxima o momento de fornecimento de concentrado. Até 90 minutos após o fornecimento do concentrado, houve uma ascendência na curva dos níveis de glicose plasmática de todos os tratamentos e após 150 minutos observa-se um decréscimo da curva em todos os tratamentos, as curvas se assemelham com as de Robinson (1992), que afirma que vários tipos de dietas afetam significativamente a altura da curva glicêmica, mas não a forma, o que pode ser facilmente notado na figura 4.5.

Vervuert, Coenen e Bothe (2004), observou que 30 a 45 minutos após a alimentação, um significativo aumento na glicose plasmática foi medido para todas as dietas em teste. Concentrações da glicose plasmática diminuíram para valores basais 150 a 240 minutos após a alimentação.

De acordo com Roberts e Hill (1973), a redução na glicemia observada durante a segunda fase está associada com a maior retirada de glicose pelos tecidos e com a redução da absorção de glicose intestinal.

Segundo Lacerda Neto et al. (1998) os eqüinos que receberam alimento concentrado apresentaram maiores valores plasmáticos de glicose e insulina que

aqueles que foram mantidos em regime de pastagem e, um período de jejum de 48 horas induziu concentrações mais elevadas de glicose e insulina que o jejum de 24 horas.

Os resultados deste experimento, no que se refere ao momento de pico de glicose sanguínea após a ingestão da dieta foram iguais aos obtidos por Stull e Rodiek (1988) que concluíram que a ingestão de carboidratos proporciona níveis de glicose, em cavalos, com pico de absorção em torno de 2 horas após a alimentação.

De acordo com Vervuert, Coenen e Bothe (2004) a curva da glicose plasmática dos tratamentos extrusados apresentou picos mais elevados devido ao tratamento extrusão disponibilizar mais amido para digestão pela quebra das ligações alfa 1-6 (gelatinização).

A Área Abaixo da Curva (AAC) de glicose segundo Vervuert, Coenen e Bothe (2004), é uma maneira de se avaliar a quantidade total de glicose absorvida durante o intervalo da curva. Ao avaliarmos as AACs da glicose dos diferentes tratamentos na tabela 4.4 e nas figuras 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9, observamos que não houve diferença significativa para o fator tipo de concentrado, semelhante aos resultados obtidos por Vervuert, Coenen e Bothe (2004), que alimentando cavalos com dietas contendo milho triturado, micronizado e aquecido, achatado com calor e expandido não encontrou diferença na AAC de glicose e insulina pós-prandial, para os diferentes tratamentos. A AAC das médias do fator tipo de concentrado, isolado, pode ser observado na figura 4.10.

Porém para o fator sistema de arração, obteve-se diferença estatística entre os valores de AAC (Tabela 4.4). Obteve-se um aumento nos valores da AAC nos tratamentos que continham o fator C7V9, demonstrando que o pico de glicose (Figura 4.5) teve uma influencia direta sobre os valores da AAC entre 30 minutos

antes do fornecimento de concentrado e 150 minutos depois. Isso confirma que o conteúdo e intervalo de tempo da refeição anterior, influência na curva glicêmica plasmática (RALSTON; BAILE 1982). A AAC das médias do fator sistema de arraçoamento, isolado, pode ser observado na figura 4.11.

Figura 4.6 – Área abaixo da curva (AAC) da resposta plasmática de glicose para o tratamento CTC7V9 (mg/dL x tempo)

Figura 4.7 – Área abaixo da curva (AAC) da resposta plasmática de glicose para o tratamento CMC7V9 (mg/dL x tempo)

Figura 4.8 – Área abaixo da curva (AAC) da resposta plasmática de glicose para o tratamento CTV7C9 (mg/dL x tempo)

Figura 4.9 – Área abaixo da curva (AAC) da reposta plasmática de glicose para o tratamento CMV7C9 (mg/dL x tempo)

Figura 4.10 – Áreas abaixo das curvas das médias do fator sistema de arraçoamento, C7V9 e V7C9, isolado (mg/dL x tempo)

Figura 4.11 – Áreas abaixo das curvas das médias do fator tipo de concentrado, CM e CT, isolado (mg/dL x tempo)

Tabela 4.4 - Valores da área abaixo da curva (AAC) da reposta plasmática de glicose para os tratamentos (mg/dL x tempo)

Tratamentos	AAC
CTC7V9	493,704 ^a
CTV7C9	407,593 ^b
CMC7V9	430,742 ^a
CMV7C9	387,814 ^b
Desvio padrão	45,973
Coeficiente de variação	14,608
Valor de P para Ração	NS
Valor de P para Horário	0,01

^{a,b} Médias seguidas da mesma letra não diferem ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.
NS – Não significativo.

Estas AAC demonstram um volume de glicose em determinado espaço de tempo, porém os concentrados continham a mesma quantidade aproximada de amido assim uma menor área nesse curto espaço de tempo pode representar que o sistema de arraçoamento com fornecimento de volumoso antes do concentrado torna a absorção da glicose mais uniforme, evitando assim formação de grandes picos de glicose plasmática o que conseqüentemente acarretará também picos de insulina.

Estão demonstrados na tabela 4.5 os valores da insulina plasmática de 30 minutos antes do fornecimento do concentrado e 150 minutos depois do fornecimento, podemos observar na figura 4.12 que os valores de insulina plasmática aumentaram consideravelmente neste intervalo de tempo, que seria pré-definido como valores basais e de pico de insulina (ROBINSON, 1992). Esse comportamento (Figura 4.12) e valores (Tabela 4.5) da insulina, de acordo com Vervuert, Coenen e Bothe (2004), estão dentro dos padrões normais para

funcionamento eficiente do mecanismo de retirada de glicose da circulação sanguínea.

Observamos também que os valores do pico de insulina (150 minutos) estão diretamente relacionados com os valores das áreas abaixo das curvas, o que demonstra a ligação de sua secreção proporcional à quantidade de glicose absorvida.

Tabela 4.5 – Valores médios de insulina plasmática ($\mu\text{UI/ml}$) e desvio padrão ($\mu\text{UI/ml}$) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do concentrado e 150 minutos após o fornecimento do concentrado no período matutino

Tratamento/Horário	-30	150
CMC7V9	2	21,23
CMV7C9	2	4,25
CTC7V9	2	54,30
CTV7C9	2	15,03
Desvio padrão	0	21,57

Figura 4.12 – Valores médios de insulina plasmática (μUI/ml) e desvio padrão (μUI/ml) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do concentrado e 150 minutos após o fornecimento do concentrado no período matutino

5 CONCLUSÃO

Mediante os parâmetros e condições que foram desenvolvidos este experimento, pode-se concluir que:

O sistema de fornecimento e o tipo de concentrado, não interferiram na aceitação da dieta.

Não foi observado efeito do sistema de fornecimento da dieta, sobre a digestibilidade dos nutrientes.

Da mesma forma não foi observado efeito do processamento do concentrado, sobre a digestibilidade da dieta.

O sistema de fornecimento da dieta, com o volumoso sendo fornecido antes do concentrado promoveu uma melhor resposta glicêmica plasmática quando comparado com o tratamento com concentrado fornecido antes do volumoso.

Não foi observado efeito do processamento do concentrado, sobre a resposta glicêmica plasmática pós-ingestão.

REFERÊNCIA

ALEXANDER, F. Factors affecting blood sugar concentration in horses. **Experience Physiology**, v. 4, n. 1, p. 24, 1955.

ALLISON, M. J. Microbiologia do rúmen e intestinos delgado e grosso. In: SWENSON, M. J.; REECE, W.O. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. p. 380-389.

ANDRIGUETO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal**. São Paulo: Nobel, 2002. v.1, 395 p.

ARAI, T.; WASHIZU, T.; HAMADA, S.; SAKO, T.; TAKAGI, S.; YASSHIKI, K.; MOTOYOSHI, S. Glucose transport and glycolytic enzyme activities in erythrocytes of two-years-old thoroughbreds undergoing training exercise. **Veterinary Research Council**, v. 3 n. 18, p. 417-422, 1994.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1999, p. 282.

ARGENZIO, R. A.; HINTZ, H. F. Effect of diet on glucose entry and oxidation rates in pôneis. **Journal of Nutrition**, v. 102, n. 1, p.879-892, 1972.

ASP, N. G.; BJÖRK, I. The effect of extrusion cooking on nutritional value. In: _____ **Thermal processing and quality of foods**, London: Elsevier Applied Science, 1984. p. 162-67.

BATAGLIA, A. M. A extrusão no preparo de alimentos para animais. In: SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 3., 1990, Campinas. **Anais...** 1990. p. 73-82

BEHNKE, K. C. Feed manufacturing technology: current issues and challenges. **Animal Feed Science Technology**, v. 62, n. 1, p. 49-57, 1996.

BERGMEYER, H. V. **Methods of enzymatic analysis**, Academic Press, 2nd ed. 1975, p. 1205-1214.

BHATNAGAR, S.; HANNA, M. A. Amylose-lipid complex formation during singlescrew extrusion of various corn starches. **Cereal Chemical**, v. 71, n. 1, p. 582-7, 1994.

CARVALHO, M. A. G. de. **Digestibilidade aparente em eqüinos submetidos a três condutas de arraçãoamento**. 1992. 34 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1992.

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

DAVIDSON, K. E.; POTTER, G. D.; EVANS, J. W.; GREENE, L. W.; HARGIS, P. S.; CORN, B. S.; WEEB, S. P. Growth, nutrient utilization, radiographic bone characteristics and postprandial thyroidal hormone concentrations in weanling horses fed added dietary fat. **Equine Veterinary Science**, v. 11, n. 2, p. 119-125, 1991.

DELORT-LAVAL, J.; MECIER, C. Selection of treatments and study of their influence on the carbohydrate fraction of wheat, barley and maize. **Animal Zootechnology**. v. 25, n. 1, p. 3-12, 1976.

DOZIER, W. A. Pelet de calidad para obtener carne de ave más económica. In: **Alimentos balanceados para animales**, Zaragoza: Editorial Acribia, 2001, p.16-19.

ENGLYST, H. N.; HAY, S.; MACFARLANE, G. T. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 95, n. 1, p. 163-71, 1987.

FAGUNDES, M. H. R. **Substituição de farelo de soja por farelo de girassol em dietas de potros**. UNESP, Campus de Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2003. 44 f.

FORD, E. J. H.; EVANS, J. Glucose utilization in the horse. **British Journal of Nutrition**, v. 48, n. 1, p. 111-117, 1982.

FORHEAD, A. J.; DOBSON, H. Plasma glucose and cortisol responses to exogenous insulin in fasted donkeys. **Research Veterinary Science**, v. 62, n. 1, p. 265-269, 1997.

FORHEAD, A. J.; FRENCH, J.; IKIN, P.; FOWLER, J. N.; DOBSON, H. Relationship between plasma insulin and triglyceride concentrations in hipertriglyceridaemic donkeys. **Research Veterinary Science**, v. 56, n. 1, p. 389-392, 1994.

FOWDEN, A. L.; FORHEAD, A. J.; BLOOMFIELD, M. B.; TAYLOR, P. M.; SILVER, M. Pancreatic alfa cell function in the fetal foal during late gestation. **Experimental Physiology**, v. 84, n. 1, p. 697-705, 1999.

FRAPE, D. **Nutrición y alimentación del caballo**. Zaragoza: Acribia, 1992. 403p.

FREESTONE, J. F.; SHOEMAKER, K.; BESSIN, R. T.; WOLFSHEIMER, K. J. Insulin and glucose response following oral glucose administration to well conditioned ponies. **Equine Veterinary Journal**, v. 12, n. 1, p. 17-21, 1992. Supplement 11.

GARCIA, M. C.; BEECH, J.; Equine intravenous glucose tolerance test: Glucose and insulin responses of healthy horses fed grain or hay and of horses with pituitary adenoma, **American Journal of Veterinary Research**, v. 47, n. 3, p. 570-572, 1986.

GIBBS, P. G.; SCHELLING, G. T. The significance of small vs. large intestinal digestion of cereal grain and oilseed protein in the equine. **Journal of Equine Veterinary**, v. 16, n. 2, p. 60-65, 1996.

GIRAUDET, A.; HINCHCLIFF, K. W.; KOHN, C. W.; MCKEEVER, K. H. Early insulin response to an intravenous glucose tolerance in horses. **American Journal Veterinary Research**, v. 5 n. 3, p. 379-381, 1994.

GLADE, M. J.; GUPA, S.; REIMERS, T. J. Hormonal responses to high and low planes of nutrition in weanling thoroughbreds **Journal of Animal Science**, v. 59, n. 1, p. 658-665, 1984.

GRAY G. M. Starch Digestion and Absorption in Nonruminants, **Journal of Nutrition**, v. 122, n. 1, p. 172-177, 1992.

GOELEMA, J. O. **Processing of legume seed**: effects on digestive behaviors in dairy cows. 1999. 221 p.

GOBESSO, A. A. O. **Digestão pré-cecal e total de nutrientes utilizando diferentes dietas para eqüinos fistulados no íleo**. 2001. 90 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

GOMES, M. H.; AGUILERA, J. M. A. physicochemical model for extrusion of corn starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 1, p. 40-63, 1984.

GREENHALGH, J. F. D.; REID, G. W. The effects of pelleting various diets on intake and digestibility in sheep and cattle. **Animal Production**, v. 16, n. 1, p. 223-33, 1973.

GREPPI, G. F.; CASINI, L.; GATTA, D.; ORLANDI, M.; PASQUINI, M. Daily fluctuations of hematology and blood biochemistry in horses fed varying levels of protein. **Equine Veterinary Journal**, v. 28, n. 5, p. 350-353, 1996.

GUEZENNEC, C. Oxidation rates, complex carbohydrates and exercise. **Sports Medicine**, v. 19, n. 1, p. 365-372, 1995.

HAAGSMAN, H. P.; VAN GOLDE, L. M. G. Regulation of hepatic triacylglycerol synthesis and secretion. **Veterinary Research Communication**, v. 8, n. 1, p. 157-171, 1984.

HAELEIN, G. F. W.; SMITH, R. C.; YOON, Y. M. Determine of the fecal excretion rate of horses with chromic oxide, and cerium-144 as digestibility indicators in burros. **Journal of Nutrition**, v. 92, n. 1, p. 79-85, 1996.

HALL, M. B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis**. Florida: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 2000. 5 p. (Bulletin Technical, 339).

HARMANN, D. V.; HARPER, J. M. Modeling a forming foods extruder. **Journal of Food Science**, v. 39, n. 1, p. 1099, 1974.

HARPER, F. Feeding the Equine Athlete, Part I. Tennessee Horse Express, **Extension University of Tennessee**, v. 23, n. 3, p. 1, 2004.

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, 1984.

HERKELMAN, K. L.; CROMWELL, G. L. Utilization of full-fat soybeans by swine reviewed. **Feedstuffs**, v. 62, n. 17, p. 15-22, 1990.

HINTZ, H. F. Digestion coefficients, blood glucose levels and molar percentage of volatile acids in intestinal fluid of ponies fed varying forage-grain rations. **Journal Animal Science**, v. 33, n. 1, p. 992-995, 1971b.

HINTZ, H. F. Nutrition del caballo. In: EVANS, J. W. **El Caballo**. Zaragoza: Acribia, 1979. Pt. 3, p. 233-247.

HINTZ, H. F.; HOGUE, D. E.; WALKER, E. F. Apparent digestion in various segments of the digestive tracts of ponies, fed diets with varying roughage ration. **Journal Animal Science**, v. 32, n. 2, p. 245-248, 1971a.

JEFFCOOTT, L. B.; FIELD, J. R. Glucose tolerance and insulin sensitivity in ponies and standardbred horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 18 n. 2, p. 97-101, 1986.

KIENZLE, E. Small intestinal digestion of starch in the horse. **Revue Médecine Vétérinaire**, v. 145, n. 3, p. 199-204, 1994b.

KIENZLE, E.; RADICKE, S.; LANDES, E.; KLEFFKEN, D.; ILLENSEER, M.; MEYER, H. Activity of amylase in the gastrointestinal tract of the horse. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 72 n. 4-5, p. 234-254, 1994a.

KOHNKE, J. R. **Feeding and nutrition: the making of a Champion**. Birubi Pacific: Rouse Hill, 1992, 197 p.

KOLLER, B. L. Comparative cell wall and dry matter digestion in the cecum of the pony and the rumen of the cow using in vitro and nylon bag techniques. **Journal of Animal Science**, v. 47, n. 1, p. 209-215, 1978.

LACERDA NETO, J. C.; URBINATI, E. C.; ROSA E SILVA, A. A. M.; SANTOS, G. F.; Influence of nutrition on the glucose absorption and tolerance test in horses submitted to different fasting periods. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 50, n. 6, p. 685-690, 1998.

LAWRENCE, L.; SODERHOLM, L. V.; ROBERTS, A.; WILLIAMS, J.; HINTZ, H. Feeding status affects glucose metabolism in exercising horses, **Journal of Nutrition**, v. 123, n. 1, p. 2152, 1993.

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

MADIGAN, J. E.; EVANS, J. W. Insulin turnover and irreversible loss rate in horses. **Journal of Animal Science**, v. 36, n. 4, p. 730-733, 1973.

MAGA, J. A. Cis-Trans fatty acid ratios influenced by product and temperature of extrusion cooking. *Lebensm. Wiss Technology*, v. 11, n. 1, p. 183-84, 1978.

MANZANO, A.; CARVALHO, R. T. L. Digestibilidade aparente de uma ração peletizada e do arraçoamento tradicional em eqüinos, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 4, p. 92-99. 1978.

MARTIN-ROSSET, W. **L'alimentation des chevaux**. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 1990. 232p.

MASSEY, K. J.; POTTER, G. D. Prececal, postileal and total tract starch digestion in ponies fed at varying intervals, In: EQUINE NUTRITION AND PHISIOLOGY SYMPOSIUM, 9., 1985, Michigan. **Proceedings ninth...** 1985. 129 p.

MELLO JR., C. A. Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Fealq, 1991. p. 263-283.

MEYER, H. **Alimentação de cavalo**. São Paulo: Livraria Varela, 1995. 303 p.

MEYER, H.; RADICKE, S.; KIENZLE, E. Investigation on preileal digestion of oats, corn and barley starch in relation to grain processing. In: EQUINE NUTRITION AND PHISIOLOGY SYMPOSIUM, 13., 1993, Gainesville. **Proceedings**, 1993. p.92

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, n. 1, p. 183–197, 2000.

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. 1, p. 3350-3358, 1993.

MORETINI, C. A.; LIMA, J. A. F.; FIALHO, E. T.; MERCER, J. R.; BRANDI, R. A. Avaliação nutricional de alguns alimentos para eqüinos por meio de ensaios metabólicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 621-626, 2004.

MUSTAKAS, G. C. Extruder process to improve nutritional quality, flavor and keeping quality of full-fat soy flour. **Food Technology**, v. 24, n. 1, p. 1290-1298, 1970.

NADAL, M. R.; THOMPSON JR., D. L.; KINCAID, L. A. Effect of feeding an feed deprivation on plasma concentrations of prolactin, insulin, growth hormone and metabolites in horses. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 1, p. 736-744, 1997.

NETO, G. Soja integral na alimentação de aves e suínos. **Avicultura Industrial**, v. 1 n. 76, p. 4 -15, 1992.

NIERLE, W.; EL BAYÁ, A. W.; SEILER, K.; FRETZDORFF, B.; WOLFF, J. Veränderungen der Getreideinhaltsstoffe während der Extrusion mit einem Doppel-Schneckenextruder. **Getreide Methoden Bromatholehre**, v. 34, n. 1, p. 73-76, 1980.

National Research Council. **Nutrient requirements of horses**. 5. ed. rev. Washington: National Academy Press, 1989. 100 p.

O'CONNOR, C. Product development services available from extruder manufactures. In: _____. **Extrusion technology for the food industry**. New York : Elsevier Applied Science, 1987. p.71-75.

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, W. **Levantamento pedológico do estado de São Paulo**. São Carlos: Boletim técnico I A C, 1984. 285 p.

ORDAKOWISKI, A. L.; KRONFELD, D. S.; HOLLAND, J. L.; HARGREAVES, B. J.; GAY, L. S.; HARRIS, P. A.; DOVE M. A., 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. 1, p. 1516-1522, 2001.

OWENS, F. N. Limits starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 1, p. 1634-1648, 1986.

PABLOS, L. B. **Consideraciones sobre el uso de la soya integral en la alimentacion de las aves**. México: Asociac. Americana de Soya, 1986. 4 p. (Buletin Tecnico, 61).

PAGAN, J. D. Protein requirements and digestibility: a review. In: PAGAN, J. D. **Advances in equine nutrition I**. Lexington: Kentucky Equine Research, 1998. p. 43-50.

PERALI, C. Valores nutricionais de alimentos para eqüinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 5, p. 1216-1224, 2001.

PEREIRA, J. R. A.; ROSSI JUNIOR, A. **Manual prático de avaliação nutricional dos alimentos**. Piracicaba/SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ, 1988, p. 19-20.

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

POTTER, G. D.; ARNOLD, F. F.; HOUSEHOLDER, D. D.; HANSEN, D. H. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. *Pferdeheilkunde* In: **EUROPEAN CONFERENCE ON HORSE NUTRITION 1.**, 1992. Hannover. p. 107-111.

RADICKE, S.; KIENZLE, E.; MEYER, H. Preileal apparent digestibility of oats and corn starch and consequences for cecal metabolism. In: EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 13., 1991, Calgary. **Proceedings ...**, 1991. p. 43.

RALSTON, S. L. Controls of feeding in horses. **Journal of Animal Science**, v. 59 n. 1, p. 1354-1361, 1984.

RALSTON, S. L. **Veterinary clinical of equine**, St. Louis: Mosby Year Book, 2002. p. 295.

RALSTON, S. L.; BAILE, C. A. Plasma glucose and insulin concentrations and feeding behavior in ponies. **Journal of Animal Science**, v. 57, n.1, p. 1132, 1982.

RAMOS, S. C. **Comparação de diferentes indicadores com método de coleta total para determinação da digestibilidade aparente de diferentes dietas para eqüinos**, 2003. 69 f, Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

RANKIN, J. W. Glycemic index and exercise metabolism. **Sports Science Exchange**, v. 10, n. 1, p. 11-16 1997.

ROBERTS M. C.; HILL F. W. G. The oral glucose tolerance test in the horse. **Equine Veterinary Journal**, v. 5, n. 1, p. 171-173, 1973.

ROBINSON, E. **Current therapy in equine medicine**. Philadelphia: W. b. Saunders Company, 1992. 847 p.

SAKOMURA, N. K. **Estudo do valor nutricional das sojas integrais processadas e de sua utilização na alimentação de frangos e poedeiras**.1996. 178p. Tese (Livre- Docência em Avicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

SAS – Statistical Analysis System. **SAS Procedures Guide**: Substitute. Version 6.11. Cary: SAS, 1995. 530 p.

SHERMAN, W. M.; PEDEN, M. C.; WRIGHT, D. Carbohydrate feedings 1 hour before exercise improve cycling performance. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 1, p. 866-870, 1991.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002. 235 p.

STICKER, L. S.; THOMPSON JR, D. L.; BUNTING, L. D.; FERNANDEZ, J. M.; DEPEW, C. L.; NADAL, M. R. Feed deprivation of mares: plasma metabolite and hormonal concentrations and responses to exercise. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 1, p. 3696-3704, 1995.

STULL, C. L.; RODIEK, A. V. Responses of blood glucose, insulin and cortisol concentrations to common equine diets. **American Institute of Nutrition**, v. 29, n. 1, p. 206-213, 1988.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 1, p. 1649-1662, 1986.

THOMAS, M.; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pellet animal feed. 1. Criteria for pellet quality. In: _____. **Physical quality of pellet animal feed: a feed model study**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1998. p.19-46.

TISSERAND, J. L. **A alimentação prática do cavalo**. São Paulo: Andrei, 1983. 83 p.

TISSERAND, J. L. Non-Ruminants herbívore: horse and rabbits. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 19, n. 1, p. 279-288, 1988.

TODD, K. L.; SAUER, W. C.; CHRISTOPHERSON, R. J. The effect of level of feed intake on nutrient and energy digestibility and rate of feed passage in horses, **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 73, n. 1, p. 140-148, 1995.

TONKK, D. B. **Quality control in clinical laboratories**. Canada: Diagnostic Reagents Division, Searborough, 1972. 207 p.

VERMOREL, M.; MARTIN-ROSSET, W. Concepts, scientific bases, structure and validation of the French horse net energy system (UFC). **Livestock Production Science**. v. 47, n. 1, p. 261-275, 1997.

VERVUERT, I.; COENEN, M.; BOTHE, C. Effects of corn processing on the glycaemic and insulinaemic responses in horses. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 88, n. 1, p. 348-355, 2004.

WITHAN, C. L.; STULL, C. L. Metabolic responses of chronically starved horses to refeeding three isoenergetic diets, **Journal of America Veterinary Medicine Association**, v. 212, n. 5, p. 691-696, 1988.

WOLTER, R. **Alimentacion del caballo**. Zaragoza: Acribia, 1977. 172 p.

WOLTER, R. Le Cheval, la digestion chez le cheval. In: JOURNÉES DE BRESSIER DE THEIX, 12., Paris. **Proceedings...**, 1981. p. 186-194

YALOW, R. S.; BERSON, S. A. Immunoassay of plasma insulin in a man. **Journal of Clinical Investigation**, v. 39, n. 1, p.1401, 1960.