

**FERNANDA LUZ CASALECCHI**

**Digestibilidade aparente total de dietas com milho  
submetido a diferentes processamentos e resposta  
glicêmica em eqüinos**

Pirassununga  
2003

**FERNANDA LUZ CASALECCHI**

**Digestibilidade aparente total de dietas com milho  
submetido a diferentes processamentos e resposta  
glicêmica em eqüinos**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós – Graduação em Nutrição Animal da  
Faculdade de Medicina Veterinária e  
Zootecnia 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

2003

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.1334  
FMVZ

Casalecchi, Fernanda Monteiro da Luz  
Digestibilidade aparente total de dietas com milho submetido a diferentes processamentos e resposta glicêmica em eqüinos / Fernanda Monteiro da Luz Casalecchi. – Pirassununga : F. M. L. Casalecchi, 2003. 48 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, 2003.

Programa de Pós-graduação: Nutrição Animal.  
Área de concentração: Nutrição Animal.

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

1. Digestibilidade. 2. Resposta glicêmica. 3. Alimentação.  
4. Eqüinos. 5. Milho. I. Título.

# FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do autor: CASALECCHI, Fernanda Luz

Título: Digestibilidade aparente total de dietas com milho submetido a diferentes processamentos e resposta glicêmica em eqüinos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia 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: \_\_\_\_\_

Aos meus pais Cleyde e Roberto,  
ao meu marido Laércio e  
aos meus filhos Thiago e Maria.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, pela grande ajuda e incentivo neste trabalho

Aos colegas de turma, “os eqüinos” , Silvio, Celso, Eliana e especialmente ao Mariano, pelo auxílio e paciência nas análises estatísticas

Ao Ari do Laboratório de Bromatologia pela ajuda nas análises e em tudo que foi necessário

A Agribands Purina e a Guabi por fornecer o milho processado para o experimento

Ao grande amigo e também colega Aduino, por me encaminhar nesta estrada

Aos sempre presentes, Mané e Bi pela ajuda durante todo o experimento

A Lú por cuidar das crianças na minha ausência

A todos os animais, especialmente aqueles que fizeram parte do meu experimento, Linda, Elba, Destemida e Osmara

E principalmente a Deus que torna tudo possível.

## RESUMO

CASALECCHI, F. L. **Digestibilidade aparente total de dietas com milho submetido a diferentes processamentos e resposta glicêmica em eqüinos.** [Total apparent digestibility of corn submitted to different processes and glicemic answer in equines ]. 2003 .48 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

Com a utilização de quatro eqüinos fêmeas, adultas, sem raça definida, com peso médio de 450 Kg em um delineamento experimental quadrado latino 4 X 4, os objetivos deste trabalho foram determinar os coeficientes de digestibilidade total da matéria seca, matéria orgânica, nutrientes digestíveis totais, proteína bruta, fibra solúvel em detergente ácido, fibra solúvel em detergente neutro e do amido de dietas contendo milho submetido a quatro processamentos, quais sejam: trituração, laminação, floculação e, extrusão; e avaliar a resposta glicêmica, um dos indicadores do metabolismo pós-absortivo. Diferenças significativas foram encontradas na MO e FDA, sendo que a dieta que continha milho floculado teve melhor digestibilidade da MO e da FDA que a dieta contendo milho laminado e o milho triturado. O experimento também mostrou digestibilidade menor ( $p < 0,05$ ) da PB da dieta com milho laminado em relação as demais. O tratamento contendo milho extrusado teve tendência uma resposta glicêmica maior. O que indica que o processamento pode ser útil na alimentação de eqüinos

Palavras-chave: Digestibilidade . Resposta glicêmica. Alimentação. Eqüinos. Milho.

## ABSTRACT

CASALECCHI, F. L. **Total apparent digestibility of corn submitted to different processes and glicemic answer in equines.** [Digestibilidade aparente total de dietas com milho submetido a diferentes processamentos e resposta glicêmica em eqüinos]. 2003. 48 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia , Universidade de São Paulo , Pirassununga, 2003.

Using 4 adult mares, without a defining breed, with an average weight of 450 Kg in an experimental design latin square 4 x 4, the objectives of this research were to determine the dry matter total digestibility coefficient, organic matter, total digestible nutrients, crude protein, soluble fiber in detergent acid, soluble fiber in detergent neutral and starch in diets containing corn submitted to four different processes; grinded, chopped, flocked and extruded; and evaluate the glicemic answer, one of the indicators of the of the post-absorption metabolism. Significant differences ( $p<0,05$ ) were found in the MO and FDA digestibility in the diet containing flocked corn compared to the diet with chopped corn. The experiment also demonstrated digestibility to CP smaller ( $p<0,05$ ) in the treatment with chopped corn when compared to the other treatments. The diet with extruded corn had a tendency a higher glicemic answer. This demonstrates that corn processing can be useful in equine feeding.

Key words: Glicemic answer. Digestibility. Equine. Nutrition. Corn.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação do concentrado experimental (%)-----	25
Tabela 2 - Composição bromatológica dos ingredientes dos quatro suplementos concentrados (100% da MS).-----	25
Tabela 3 - Composição bromatológica dos quatro suplementos concentrados e do volumoso (100% da MS)-----	27
Tabela 4 - Delineamento em quadrado latino 4x4 -----	28
Tabela 5 - Análise de variância com medidas repetidas no tempo-----	30
Tabela 6 - Condições de temperatura, permanência no sistema, umidade, pressão e tipo de rolo necessário para as diferentes formas de processamento de grãos de milho (inteiro, laminado, moídos e expandidos) oferecidos aos animais do experimento-----	31
Tabela 7 – Valores médios da digestibilidade aparente total (%) da MS, MO, PB, Amido, FB, FDA e FDN, para os quatro tratamentos-----	33
Tabela 8 – Valores de médios glicose plasmática (mg/dl) e CV (%), dos equinos alimentados com os tratamentos TRIT, LAM, FLOC e EXTR de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150 e 210 minutos após a alimentação no período matutino--	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Ca	Cálcio
CV	Coefficiente de variação
EE	Extrato etéreo
EXTR	Extrusado
FB	Fibra Bruta
FDA	Fibra solúvel em detergente ácido
FDN	Fibra solúvel em detergente neutro
FLOC	Floculado
Kg	Quilogramas
Kgf/cm <sup>2</sup>	Quilograma de força por centímetro quadrado
Lbs/in <sup>2</sup>	Libras por polegada quadrada
L	Litro
LAMI	Laminado
Min	Minuto
MM	Matéria Mineral
MS	Matéria seca
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
TRAT	Tratamento
TRIT	Triturado
%	Porcentagem
° C	Graus Celsius

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>13</b>
2.1 DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES	13
2.2 DIGESTIBILIDADE DOS CARBOIDRATOS	14
2.3 PROCESSAMENTO	17
2.4 METABOLISMO PÓS ABSORTIVO DA GLICOSE	21
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>24</b>
3.1 LOCAL	24
3.2 ANIMAIS	24
3.3 CLIMA	25
3.4 DIETAS E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	25
3.5 METODOLOGIA DE COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS	29
3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
3.7 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS	31
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>32</b>
4.1 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL	37
4.2 CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE GLICOSE	36
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>44</b>

## 1- INTRODUÇÃO:

O conhecimento sobre nutrição, fisiologia da digestão e resposta fisiológica a diferentes dietas da espécie *Equus caballus* tem sido motivo de muitos trabalhos científicos. O avanço nas descobertas, tem encontrado barreiras, principalmente, no que tange ao aproveitamento dos nutrientes oferecidos e metabolismo energético pós absorptivo.

Hintz (1983) relatou que o conhecimento da fisiologia da digestão dos eqüinos é essencial para práticas nutricionais consistentes. Faz-se necessário conhecer não somente como o aparelho digestório funciona, mas o quão eficiente pode vir a ser.

Tisserand (1988) ressaltou que não estão disponíveis os sistemas específicos para avaliação de alimentos para eqüinos e muitos países utilizam, como alternativa, tabelas de composição de alimentos, por analogia, de ruminantes. Neste sentido, conhecimento dos mecanismos digestivos tem aumentado consideravelmente com o uso de métodos adequados para avaliação do suprimento de nutrientes.

Ensaio de digestibilidade com eqüinos, através da coleta de fezes, auxiliam a determinação da digestibilidade aparente total, ou seja, oferecem uma idéia de como se comportam os nutrientes ao longo de todo o trato gastrointestinal. Porém, a digestão nos eqüinos se divide em pelo menos duas: a pré-cecal, cuja ação predominante é a enzimática, e a pós-ileal onde ocorre digestão microbiana (MEYER, 1995).

Consequentemente essas diferenças podem influenciar na forma pela qual os nutrientes são absorvidos podendo, inclusive, interferir diretamente na perda de energia digestível (RADICKE; KIENZLE; MEYER, 1991). Segundo Meyer (1995) ,quanto maior a porção do alimento degradado e absorvido antes do intestino

grosso, maior o rendimento da energia digestível ( menor perda de energia através da formação de gás e calor pelos microrganismos) e tanto menor o risco de processos fermentativos. Infelizmente os ensaios de digestão total não dão idéia das contribuições isoladas dos diferentes segmentos do trato gastrointestinal, mas, seus valores obtidos são um coeficiente comum adotado como referência para a determinação do valor nutritivo dos alimentos.

Estudos têm indicado que a análise química da composição de carboidratos dos alimentos oferecidos para os eqüinos pode não ser a melhor forma de prever a resposta glicêmica, por outro lado, a relação entre a glicose e a insulina imediatamente após a alimentação pode ser extremamente importante nesta avaliação (STULL; RODIEK, 1988).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Diversos estudos foram realizados para determinar os locais específicos de digestão e absorção dos nutrientes da dieta. Sendo assim, conhecer as particularidades do aparelho digestório dos eqüinos, comparando às demais espécies, pode ajudar a elucidar, em cada segmento, os mecanismos fisiológicos da digestão.

### 2.1 DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES

Frape (1992) citou que o tempo de permanência dos alimentos no estômago varia de 2 a 3 horas e Konhke (1992) acrescentou um tempo mínimo de retenção de 20 minutos, limitando a ação de secreções gástricas. Essa velocidade de trânsito, associada ao pH baixo, restringe a ação da população microbiana na fermentação de açúcares e amido. O grau de digestão proteica no estômago é pequeno. A digestão, no intestino delgado dos eqüinos é intensa e, predominantemente enzimática. Os principais nutrientes digeridos são, PB, extrato etéreo (EE), amido e açúcares, semelhante a digestão dos monogástricos. (FRAPE, 1992; HINTZ, 1979; KOHNKE, 1992; WOLTER, 1975). Wolter (1975) também citou que a parede do intestino delgado é muito musculosa, rígida e ricamente enervada, propiciando a geração de fortes ondas de contração, o que facilitaria a progressão de da digesta associada a sua grande fluidez, resultante do sinergismo das secreções salivar, gástrica e, em grande quantidade, pancreatica, biliar e entérica. A digesta flui pelo intestino delgado a uma velocidade de 30 cm/minuto, demorando, em média, 8 horas para percorre-lo, dependendo da quantidade de fibra ingerida.

Meyer (1989) dividiu o trato digestivo, do ponto de vista fisiológico, em duas regiões: região pré-cecal, incluindo estômago e intestino delgado, com predomínio de digestão enzimática e região pós-ileal, incluindo intestino grosso e ceco, com digestão microbiana.

De acordo com Meyer (1995), vários fatores afetam o tempo de permanência dos alimentos nos diversos segmentos do trato digestivo dos eqüinos, alterando, conseqüentemente, sua digestibilidade: 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.

## 2.2 DIGESTIBILIDADE DOS CARBOIDRATOS

Com relação às fontes de carboidratos utilizados nos concentrados, os eqüinos, quando selvagens, não possuíam o hábito de ingerir grãos ou mesmo outras fontes de amido. Com a domesticação e o uso dos animais em eventos esportivos, os carboidratos passaram a ser utilizados como a principal fonte para atender as exigências energéticas (RADICKE; KIENZLE; MEYER, 1991).

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 Na<sup>+</sup>, por uma proteína transportadora específica (75-kDA) presente na superfície da borda em escova, numa taxa limitante de assimilação de amido. Devido a esta

digestão seqüencial luminal e membranosa, seguida 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-amylase 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).

Kienzle et al (1994b) avaliou o efeito da morfologia do amido na digestão de cavalos fistulados no jejuno caudal e no ceco, alimentados com dietas contendo diferentes grãos e processamentos. Os autores relataram que existem barreiras para digestão do amido no trato gastrointestinal, como; estrutura das plantas, por exemplo, uma firme conexão entre os grânulos de amido em grãos de milho, tanto como; a própria estrutura dos grânulos de amido. O amido da aveia, mais digerível, foi degradado pela exocorrosão ao redor dos grãos, ao contrário dos outros, menos digeríveis, o tipo de degradação do amido ocorreu pela endocorrosão via “PIN HOLES”\*. O número e tamanho dos “PIN HOLES” aumentaram com a elevação da digestibilidade de amido pré-ileal. O efeito de várias formas de decomposição na digestibilidade pré-ileal aumentou com a destruição antecipada da estrutura original do amido. A expansão foi à forma mais efetiva; os grânulos foram destruídos completamente e o amido tornou-se solúvel.

Com objetivos semelhantes, Kienzle (1994), verificou que a digestibilidade do amido tende a decrescer com o aumento do consumo por refeição e que o processo de moagem mecânica tanto como a laminação ou trituração não altera significativamente a digestibilidade de amido no intestino delgado, enquanto a trituração fina de grãos aumenta a digestibilidade. Da mesma forma, observou que a



micronização e especialmente a expansão incrementa significativamente a digestibilidade do amido no intestino delgado de cavalos, atribuindo esses efeitos a maior ou menor destruição da estrutura botânica do amido durante o processamento.

Segundo Meyer et al (1995) a digestão do amido pode ser influenciada por fatores intrínsecos, como a forma física do alimento, a granulação, recristalização, complexos amilose-lipídica, inibidores nativos da alfa amilase e, por fatores extrínsecos: mastigação, tempo de trânsito, concentração de alfa amilase no intestino, quantidade de amido ingerida e a presença de outros constituintes alimentares que podem retardar a hidrólise enzimática. O autor ressalta também a existência de uma porção indigerível, resistente à ação da alfa-amilase, a qual escapa a digestão pré-cecal.

Massey et al. (1985) avaliaram a digestão aparente parcial e 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.

## 2.3 PROCESSAMENTO

O processamento físico dos grãos consiste na quebra, moagem, trituração ou laminação de grãos secos, as modificações físico-químicas envolvem a aplicação de calor, água e pressão (floculação, laminação a vapor e extrusão), os quais hidratam e incham (gelatinizam) as estruturas amorfas e cristalinas dos grãos de amido, aumentando a digestibilidade amilolítica das enzimas pancreáticas, a desvantagem dessa forma de processamento parece ser a redução do período de armazenamento pela exposição do endosperma do amido e os lipídios das sementes à oxidação (MENEZES JR., 1999). De acordo com Lewis (2000), os grãos podem ser processados frios ou quentes. O processamento frio é geralmente uma moedura que pode ser em martelo hidráulico ou em moinho de roda. O processamento quente corresponde a floculação, ao estalamento, micronização, extrusão ou a peletização. O processamento a quente é mais caro. Em um estudo, por exemplo, a floculação custava US\$ 5/tonelada contra cerca de US\$ 2/tonelada da moedura.

A porção do amido não hidrolisada no intestino delgado é considerada amido resistente à enzima. Devido às diferenças individuais para habilidade de digerir amido, não há distinção entre amido resistente e amido digestível (THOMPSON, 2000). Segundo Bornet (1993), as características de digestibilidade do amido e propriedades nutricionais podem ser modificadas pelo processamento industrial hidrotérmico. Nos cereais existe uma fração não digestível, tanto quando avaliada *em vitro* como *em vivo*, é definido como amido resistente. Quatro diferentes frações deste amido resistente foram observadas nos cereais, são elas: amido nativo, amilose retrógrada, complexo amino-lipídico e amido gelatinizado encapsulado.

O nível de floculação e gelatinização do amido é determinado pelo tempo de exposição ao vapor, temperatura, umidade do grão, tamanho e distância entre os rolos e tipo de grão (MENEZES JR, 1999; OWENS et al., 1997). Esses fatores, tanto como o grau de trituração ou moagem do grão, podem afetar na digestibilidade do amido no trato gastrointestinal dos animais.

Segundo Gray (1992), a digestão e absorção de amido em cavalos aumentam significativamente pelo processamento de grãos com aquecimento a 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.

Por outro lado, Potter et al. (1992), afirmam que o processamento, aparentemente, tem um pequeno efeito sobre a digestibilidade em todo trato, mas, pode afetar o local de digestão de determinados nutrientes, por exemplo a digestibilidade do amido do sorgo e milho no intestino delgado, aumenta com micronização e trituração, respectivamente. Lewis (2000), afirma que o aumento da digestão pré-ileal de 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 achatada Haelein, Smith e Yoon, (1966), encontraram coeficientes de digestibilidade da fibra 15% menor na forma peletizada em relação à demais formas, contudo Manzano (1978) e Todd, Sauer e Christopherson (1995) não encontraram diferenças nos coeficientes de digestibilidade entre as formas de processamento de ração.

Estudos recentes, feitos no Brasil e no exterior, têm constatado a superioridade da floculação do milho sob a laminação na performance lactacional de vacas leiteiras (SANTOS et al., 1999; YU et al., 1997). Neste sentido, Theurer et al. (1999) compilaram uma série de estudos feitos do milho e sorgo floculados, incrementando a digestibilidade e o metabolismo pós-absortivo em vacas de leite lactantes. A energia líquida oferecida pelo milho floculado, para esta categoria animal, é 20% maior quando comparada à de animais alimentados com milho ou sorgo laminados (à seco). Sob a performance lactacional, também foi observado superioridade da floculação sob a laminação à vapor: maior produção de leite e de proteína do leite.

Trabalhos comparativos entre milho e sorgo processados na forma de flocos e laminados (seco) demonstram um incremento na produção de leite de vacas, para os tratamentos de floculados em relação aos laminados, e constatam que a digestibilidade de amido, no duodeno, assim como a digestibilidade aparente do amido no trato total, é elevada pela floculação (CHEN et al., 1994 ; JOY et al., 1997).

Foram avaliados os efeitos da trituração, floculação e laminação à vapor de grãos de milho na performance de vacas lactantes (YU et al., 1998). Os tratamentos foram: 1) Trituração fina; 2) Trituração grosseira; 3) Floculação de baixa densidade; 4) Floculação de média densidade e; 5) Laminação à vapor. Os animais alimentados com dietas contendo milho floculado de média densidade, tiveram uma maior produção de leite (37,1 kg/d) comparadas aos outros tratamentos, com exceção da dieta contendo milho triturado finamente; estes animais obtiveram produções de leite intermediárias (35,5 kg/d). A digestibilidade aparente do amido no trato digestivo total foi menor para dietas contendo grãos triturados grosseiramente (87,4%) e floculados (91,3%), do que as outras dietas (médias = 96,3%). Em outro experimento

com vacas leiteiras, em lactação, canuladas no rúmen e duodeno, comparou-se dieta com milho laminado e dietas com milho floculado em três densidades diferentes (39, 32 e 26 Kg/L). Neste experimento, a floculação do milho melhorou a aceitabilidade e a digestibilidade dos lipídeos, amido e nitrogênio. A densidade ideal para floculação provavelmente esta entre 32 e 39 Kg/L.

Comparada com a laminação a seco, a floculação reduziu o consumo de matéria seca sem diminuir o ganho de peso diário no desempenho de novilhos de corte, aumentando portanto a eficiência alimentar (OWENS et al.,1997; BARAJAS; ZINN,1998).

Gaebe et al. (1998) testaram o efeito da extrusão *versus* laminação a seco de milho e sorgo no consumo, digestibilidade, ganho de peso e qualidade de carcaça em novilhos castrados. O ganho observado foi maior ( $P<0.49$ ) para os animais alimentados com milho laminado à seco. Em outro ensaio, foram avaliadas as digestões ruminal e do trato digestivo total. A extrusão reduziu o consumo ( $P<0.001$ ), porém aumentou ( $P<0.074$ ) a digestibilidade da matéria seca e do amido, quando comparada com a laminação a seco. Os dados deste estudo permitiram concluir que a extrusão aumenta a degradabilidade do alimento, contudo, há uma queda no consumo de matéria seca levando à menor performance animal.

## 2.4 METABOLISMO PÓS ABSORTIVO DA GLICOSE

Os mecanismos glicoregulatórios nos cavalos, aparentemente, não tem sofrido avaliações criteriosas, apesar de serem supostamente importantes para decifrar o conhecimento sobre o status plasmático da glicose, não somente nos casos de doenças como também durante o exercício, medicações e nutrição (GARCIA; BEECH, 1986).

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 (GUEZENEC, 1995).

De acordo com Loving e Johnston (1995) a glicose é um carboidrato obtido a partir da digestão de grãos, feno e forragem. A glicose na corrente sanguínea pode ser utilizada imediatamente no tecido muscular para produção de energia ou pode ser estocado como glicogênio no músculo esquelético e fígado. A glicose também pode ser estocada no tecido adiposo na forma de triglicérides ou gordura para ser usada mais tarde. Segundo os mesmos autores, a maior fonte de energia para animais é a glicose e a glicólise é a melhor reação para produção de ATP nas células vermelhas, no interior das mitocôndrias.

Pesquisas realizadas por Greppi et al. (1996), concluíram que, a mensuração da cinética de metabólitos na circulação periféricas 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 ser relacionado com

absorção intestinal sugerindo que a forma do alimento, quantidade de fibras e interação amido proteína podem influenciar na resposta glicêmica.

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

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 sangüínea. Robinson (1992), afirma que diferentes tipos de dietas afetam significativamente a altura da curva glicêmica mas não a forma.

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.

Na maioria das vezes, todo carboidrato solúvel ingerido é absorvido para a corrente sangüínea e a concentração plasmática de outros monossacarídeos quando comparada com a de glicose é insignificante (STULL; RODIEK, 1988). Segundo Davison et al. (1991), a ingestão de grandes quantidades de carboidratos solúveis, tem sido citado, como responsável por alterações nas concentrações plasmáticas de alguns hormônios da tireóide. A ingestão de carboidratos, altera o metabolismo dos hormônios da tireóide, através da conversão, mediada pela insulina, de tiroxina ( $T_4$ ) em triiodotironina ( $T_3$ ). Os hormônios da tireóide, tem sido

citados como responsáveis pela regulação do crescimento esquelético e maturação das placas cartilagosas.

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 pasto e, um período de jejum de 48 horas induziu concentrações mais altas de glicose e insulina que o jejum de 24 horas. Do mesmo modo, a avaliação dos resultados de absorção e teste de tolerância a glicose mostraram que, considerando o tipo de alimento que os cavalos são adaptados a receber, seja concentrado ou volumoso, produzem respostas diferentes.

De acordo com Hintz (1975), dietas ricas em grãos tendem a ter uma maior digestão de carboidratos no intestino delgado e maior absorção de glicose, enquanto que uma dieta exclusiva de forragem estimula maior conversão de carboidratos para ácidos graxos voláteis por bactérias no ceco e cólon, entretanto, a glicose plasmática não foi influenciada pela relação concentrado / volumoso na dieta, sugerindo que diferenças nas propriedades glicêmicas da dieta podem ser compensadas por ação hormonal.

Witham e Stull (1998), relatam que o pico da glicose plasmática foi obtido de 2 a 3 horas após a ingestão de alimento pela manhã, sendo que , os níveis aumentam também imediatamente antes da ingestão. Do mesmo modo, os níveis plasmáticos de glicose foram maiores nos eqüinos alimentados com com feno de aveia e concentrado quando comparado com os alimentados somente de feno de alfafa.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste experimento foram adotados os materiais e métodos descritos a seguir.

#### 3.1 LOCAL

O experimento foi conduzido na Chácara São João, localizada no município de Espírito Santo do Pinhal, estado de São Paulo, e no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ –USP), localizado no município de Pirassununga, estado de São Paulo.

#### 3.2 ANIMAIS

Foram utilizados quatro eqüinos fêmeas, sem raça definida, com idade acima de 36 meses e peso médio de  $450\text{kg} \pm 51,15\text{kg}$ , obtidos de criatórios particulares imunizados contra tétano e raiva, sendo também vermifugados e pulverizados contra ectoparasitos. Para minimizar o estresse provocado pelo confinamento os animais foram exercitados a passo diariamente, durante quinze minutos.

### 3.3 CLIMA

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

### 3.4 DIETAS E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A formulação das dietas (Tabela 1) foram elaboradas para atender as exigências de manutenção para a categoria eqüina que foi utilizada, segundo o NRC (1989). A tabela 2, mostra os valores médios da composição bromatológica de cada ingrediente usado nos quatro suplementos concentrados (100% da MS).

Tabela 1 - Formulação do concentrado experimental (%)

Farelo de Soja	Farelo de Trigo	Milho	Sabugo de milho	Calcáreo	Sal
12	26,5	47,5	10	3	1

Tabela 2 - Valores médios da composição bromatológica dos ingredientes dos quatro suplementos concentrados (100% da MS)

Ingred.	MS	MO	MM	EE	FB	PB	Ca	P	FDN	FDA	Amido
F. soja	89,0	82,6	6,4	-	6,9	49,5	0,4	0,7	18,9	11,4	1,6
F. trigo	89,2	79,5	6,7		9,3	18,8	0,1	0,9	43,1	17,4	12,8
Milho	89,3	88,1	1,2	4,1	2,5	8,9	0,1	0,3	19,9	3,71	76,1
Sabugo	90,0				35,0	3,0	0,12	0,04		40,0	
Calcíta							32,8				

Para determinação da digestibilidade aparente total do amido, MS, MO, PB, FB, FDN e FDA contidos nos alimentos, foram utilizadas quatro dietas, cuja fonte de variação será a forma de processamento do milho (grão). O processamento do milho esta descrito na tabela 4, segundo dados fornecidos pela empresa que comercializa o produto.

- Dieta 1 (TRIT): feno + concentrado a base milho triturado
- Dieta 2 (LAMI): feno + concentrado a base de milho laminado
- Dieta 3 (FLOC): feno + concentrado a base de milho floculado
- Dieta 4 (EXTR): feno + concentrado a base de milho extrusado

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, com intervalos constantes as 7:00 e 19:00, sendo a ração total (feno + concentrado) dividida em partes iguais entre os dois horários, adotando-se o consumo diário individual de 2,0 % do peso vivo, sendo 50 % de concentrado e 50 % de volumoso do feno da gramínea Tifton

85 (*Cynodon sp*) , a análise bromatológica da dieta esta descrita na tabela 3. O concentrado foi fornecido em comedouro separado do volumoso e foi adotado um tempo de consumo para o concentrado, de uma hora. O volumoso foi oferecido, juntamente com o concentrado. Foi também fornecido um sal mineral comercial à vontade.

Tabela 3 - Composição bromatológica da fração concentrado com as quatro formas de processamento do milho e da fração volumoso de feno da gramínea de Tifton 85 (*Cynodon sp*) (100% da MS)

	MS	MO	MM	EE	FB	PB	Ca	P	FDN	FDA	Amido
TRIT	85,39	78,63	6,76	1,72	7,73	17,34	1,96	0,63	27,72	11,23	40,11
LAM	85,98	81,13	4,68	2,84	7,14	15,62	1,20	0,50	25,80	10,80	43,57
FLOC	86,32	81,9	4,42	1,49	7,69	15,71	1,45	0,48	26,64	12,36	42,42
EXTR	87,38	83,61	3,77	2,12	6,55	18,15	1,74	0,59	25,77	10,52	38,50
Feno	89,18	85,35	3,83	0,99	37,14	5,57	0,39	0,26	81,92	43,12	1,58

Tabela 4 - Condições de temperatura, permanência no sistema, umidade, pressão, tipo de rolo necessário para as diferentes formas de processamento de grãos de milho (inteiro, laminado, moídos e expandidos) oferecidos aos animais do experimento

	<b>Laminação</b>	<b>Floculação</b>	<b>Extrusão</b>
<b>Temperatura (<sup>o</sup> C)</b>	80	100	100
<b>Permanência no sistema (min)</b>	20	35	5
<b>Umidade (%)</b>	20	30	25 – 30
<b>Pressão (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	3 – 4	-	6,33
<b>Pressão (Lbs/in<sup>2</sup>)</b>	42 – 54		90
<b>(Rolo)</b>	Estriado	Estriado /Liso	-
<b>Espessura rolo (mm)</b>	2,0	1,5	-

### 3.5 METODOLOGIA DE COLETAS E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS:

O experimento foi realizado em quatro períodos com duração de onze dias cada, sendo que, os oito primeiros dias foram de adaptação à dieta e os três dias subseqüentes, para coleta de fezes.

Amostras dos alimentos fornecidos e das sobras foram retiradas diariamente, durante os períodos de coleta, sendo acondicionadas em sacos plásticos. As amostras de sobras foram compostas durante todo o período experimental e foram acondicionadas em sacos plásticos para análise posterior.

A coleta total de fezes foi feita em um período de 24 horas, durante três dias, com os animais mantidos em baias com piso de concreto. As fezes foram acondicionadas em sacos plásticos, identificados por animal, e do total excretado, após homogeneização, foi retirada uma fração de 10%, acondicionada em saco plástico e congelada para posterior análise.

No terceiro dia de coleta de fezes também foram realizadas as coletas de sangue pela manhã, a partir da veia jugular, as 6:30 (-30), antes de fornecer o concentrado e as 7:30 (30), 8:30 (90), 9:30 (150) e 10:30 (210) horas, após o fornecimento do concentrado para dosagem de glicose, do mesmo modo que Stull e Rodiek (1988).

Ao final dos quatro períodos de coletas, as amostras de fezes totais, dos alimentos fornecidos e das sobras foram descongeladas à temperatura ambiente, homogeneizadas manualmente, pesadas e secas em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72 horas. Logo após foram moídas em moinho com peneira de 1 mm<sup>2</sup>. Amostras compostas das fezes foram feitas com base no peso seco, para cada animal e período. Todas as amostras, após serem moídas, foram acondicionadas

em recipientes de vidro, com tampa de polietileno e guardadas para posterior análise.

### 3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado um delineamento experimental em Quadrado Latino 4x4 (quatro animais, quatro tratamentos, quatro períodos), conforme tabela 5.

Tabela 5 - Delineamento em quadrado latino 4x4

Sub-períodos	Animais			
	1	2	3	4
I	FLOC	EXTR	LAMI	TRIT
II	TRIT	LAMI	EXTR	FLOC
III	LAMI	TRIT	FLOC	EXTR
IV	EXTR	FLOC	TRIT	LAMI

Os resultados foram analisados através do programa computacional GLM (“General Linear Model”) do Statistical Analysis System (SAS Institute., 1985), sendo anteriormente verificada a normalidade dos resíduos pelo teste de SHAPIRO-WILK (PROC UNIVARIATE) as variâncias comparadas pelo teste F e as médias fora comparadas pelo teste de Tuckey.

Tabela 6 - Análise de variância com medidas repetidas no tempo

Fontes de variação	Graus de liberdade
Tratamentos (Processamento de Milho)	3
Linhas (Animais)	3
Colunas (Tempo)	3
Resíduo A	6
Sub-parcelas	15
Tempos	4
Interação tempo x tratamentos	12
Interação tempo x animal	12
Interação tempos x coluna	12
Resíduo B	24
Total	79

### 3.7 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

As análises de MS, MO, PB, FB, FDN, FDA, EE, MM, Ca e P, foram realizados segundo a metodologia descrita por Silva (1990). A análise do amido foi conduzida segundo o método enzimático descrito por Pereira e Rossi Junior (1998). Para as análises da glicose plasmática foi utilizada a técnica descrita por Bergmeyer (1975) e Tonk (1972).



#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados observados neste experimento aparentemente refletiram as condições de cada tratamento testado, deste modo, foi possível, observar resultados semelhantes aos obtidos por Meyer et al. (1995), que concluíram podem ocorrer variações individuais com relação a digestibilidade de um mesmo alimento causadas pelo comportamento durante a ingestão do alimento (tempo de mastigação), alteração de peristaltismo, diferenças na produção de enzimas ou parasitoses.

Durante a fase de coleta de amostras o peso dos eqüinos foi avaliado, no início e final de cada período e não houve variação significativa, o que indica que a dieta foi adequada a categoria.

A apresentação e discussão dos resultados obtidos, com intuito de facilitar a observação dos pontos de destaque, foi dividida em digestibilidade aparente total e resposta glicêmica.

#### 4.1 DIGESTIBILIDADE APARENTE TOTAL

O intestino grosso dos eqüinos corresponde, em volume a aproximadamente 65 % do trato gastrintestinal. O tempo de retenção da digesta, neste segmento, é mais prolongado 50 a 60 horas, tempo suficiente para a ação da microflora na digestão microbiana e a maioria dos constituintes da ração que escapam da digestão pré-cecal podem ser, oportunamente, fermentados por microorganismos no intestino grosso (HINTZ, 1975). A intensidade desses processos depende da quantidade dos constituintes que chegam e da sua permanência no intestino grosso. Na tabela 7 estão indicados os valores da digestibilidade aparente total obtidos nas dietas dos tratamentos TRI, LAM, FLOC, EXTR.

Tabela 7 - Valores médios da digestibilidade aparente total (%) da MS, MO, PB Amido, FB, FDA e FDN, para os quatro tratamentos

	<b>TRIT</b>	<b>LAMI</b>	<b>FLOC</b>	<b>EXTR</b>	Média	C.V.
<b>MS</b>	61,3	60,9	64,8	63,0	62,6	5,1
<b>MO</b>	63,4 <sup>b</sup>	63,2 <sup>b</sup>	66,9 <sup>a</sup>	65,7 <sup>ab</sup>	64,9	5,2
<b>PB</b>	71,50 <sup>a</sup>	67,3 <sup>b</sup>	73,5 <sup>a</sup>	74,7 <sup>a</sup>	72,0	5,7
<b>Amido</b>	98,5	98,8	98,92	98,9	98,79	0,4
<b>FB</b>	45,4	43,6	49,6	47,4	46,5	13,7
<b>FDA</b>	42,1 <sup>b</sup>	42,7 <sup>b</sup>	51,1 <sup>a</sup>	44,7 <sup>b</sup>	45,3	14,0
<b>FDN</b>	45,9	44,5	51,5	47,8	47,4	10,3

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, diferem pelo teste de Tukey

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente total da MO foram maiores para o tratamento FLOC ( $p < 0,05$ ) em relação aos tratamentos TRIT e LAMI, enquanto que não houve diferença entre o tratamento FLOC e o EXTR .

Da mesma forma, foi observado um menor coeficiente de digestibilidade aparente da PB da dieta do tratamento LAMI ( $p < 0,05$ ), em relação ao dos tratamentos TRIT, FLOC e EXTR .

A avaliação da FDA mostrou coeficientes de digestibilidade superiores para o tratamento FLOC ( $p < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos.

Quanto aos coeficientes de digestibilidade aparente total do amido, não foi possível observar diferença significativa para os eqüinos alimentados com as diferentes dietas, bem como para os coeficientes de digestibilidade da MS, FB e FDN .

NO que se refere ao amido, Klienle (1994), afirma que a digestibilidade aparente total do amido de diferentes dietas varia muito pouco devido a alta digestão microbiana deste nutriente no intestino grosso. 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. Quanto ao efeito do processamento, 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.

Com objetivos semelhantes, Meyer e Landes (1994) comparando dietas com 4g e 2g de amido por KG/PV observaram que o pH jejunal diminui substancialmente com o aumento do amido, do mesmo modo Kienle (1994) observou que, altos níveis de amido no intestino diminuem a digestibilidade do amido, pois provocam uma queda do pH ótimo para amilase intestinal.

Karlsson e Rundgren (2000), testando dietas com vários níveis de inclusão de aveia relata que é possível esperar que dietas com grande quantidade de amido, não digerido e absorvido no intestino delgado, leve ao ceco e intestino grosso este nutriente, e, venha a alterar a fermentação microbiana dos compostos fibrosos.

Observando os resultados deste experimento, foi possível verificar uma melhor digestibilidade do FDA, do tratamento FLOC em relação aos demais tratamentos indicando uma possível melhor digestibilidade do amido no intestino delgado e, possivelmente um melhor ambiente cecal para os microrganismos, levando então, a uma melhor digestibilidade do FDA. Esta melhor digestibilidade da fibra, e também melhor digestibilidade da proteína do tratamento FLOC, levaram também, a uma maior digestibilidade da matéria orgânica do tratamento FLOC em relação ao tratamento TRIT e LAMI, deixando evidente o efeito do processamento do milho.

No experimento realizado por Gobesso (2001), avaliando a digestibilidade do amido de dieta a base de milho, aveia, sorgo e uma mistura aveia / milho , observou-se que a dieta a base de milho com 29,4% de FDA , 11,3% de PB teve uma digestibilidade da FDA de 51,96%, PB de 72,71% e MO de 67,03%, valores próximos aos obtidos com o tratamento FLOC e superiores aos valores obtidos da digestibilidade da FDA e MO da média dos demais tratamentos, apresentando porém valores de digestibilidade de PB médios bastante semelhantes, porem inferiores quando comparados com a digestibilidade da PB do tratamento FLOC e EXTR.

Araújo (1997), trabalhou com a mesma categoria de eqüinos alimentados com uma dieta a base de feno de “coast cross” , milho desintegrado inteiro, milho grão, farelo de trigo e farelo de soja com 10,28% de PB e 25,04% de FDA na dieta

total, e observou coeficientes de digestibilidade médios da PB de 67,28% e de FDA de 39,9% testando formas de fornecimento da dieta . Analisando os resultados presente experimento e comparando com o experimento realizado por Araujo (1997) observamos que o tratamento LAMI com 10,59% de PB na dieta , teve a pior digestibilidade de PB (67,3%) bastante parecido com o experimento conduzido por Araújo, porem os outros processamentos do milho TRIT, FLOC, EXTR apresentaram uma digestibilidade de PB de 73,23%, maior do que foi observado por Araújo (1997) utilizando na sua dieta milho grão inteiro . O que sugere que o processamento do milho tem efeito sobre a digestão da PB.

## 4.2 CONCENTRAÇÃO PLASMÁTICA DE GLICOSE

A concentração plasmática de glicose após a ingestão de alimento, 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 et al., 1995; RALSTON e BAILE, 1982).

Tabela 8 - Valores de médios glicose plasmática (mg%) e CV (%), dos eqüinos alimentados com os tratamentos TRIT, LAM, FLOC e EXTR de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150 e 210 minutos após a alimentação no período matutino

TEMPO	TRIT	LAMI	FLOC	EXTR	C.V
<b>-30</b>	78,75 <sup>b</sup>	84,5 <sup>b</sup>	90,00 <sup>ab</sup>	81,00 <sup>a</sup>	9,95
<b>30</b>	92,50	105,25	103,00	104,75	15,86
<b>90</b>	79,25 <sup>b</sup>	80,00 <sup>b</sup>	91,75 <sup>ab</sup>	101,25 <sup>a</sup>	18,62
<b>150</b>	79,25 <sup>b</sup>	85,00 <sup>b</sup>	84,00 <sup>b</sup>	106,25 <sup>a</sup>	19,56
<b>210</b>	81,50	82,75	88,50	94,25	14,71
Média	82,24 <sup>b</sup>	87.5 <sup>b</sup>	91,45 <sup>ab</sup>	97,5 <sup>a</sup>	

<sup>ab</sup> : Valores com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey

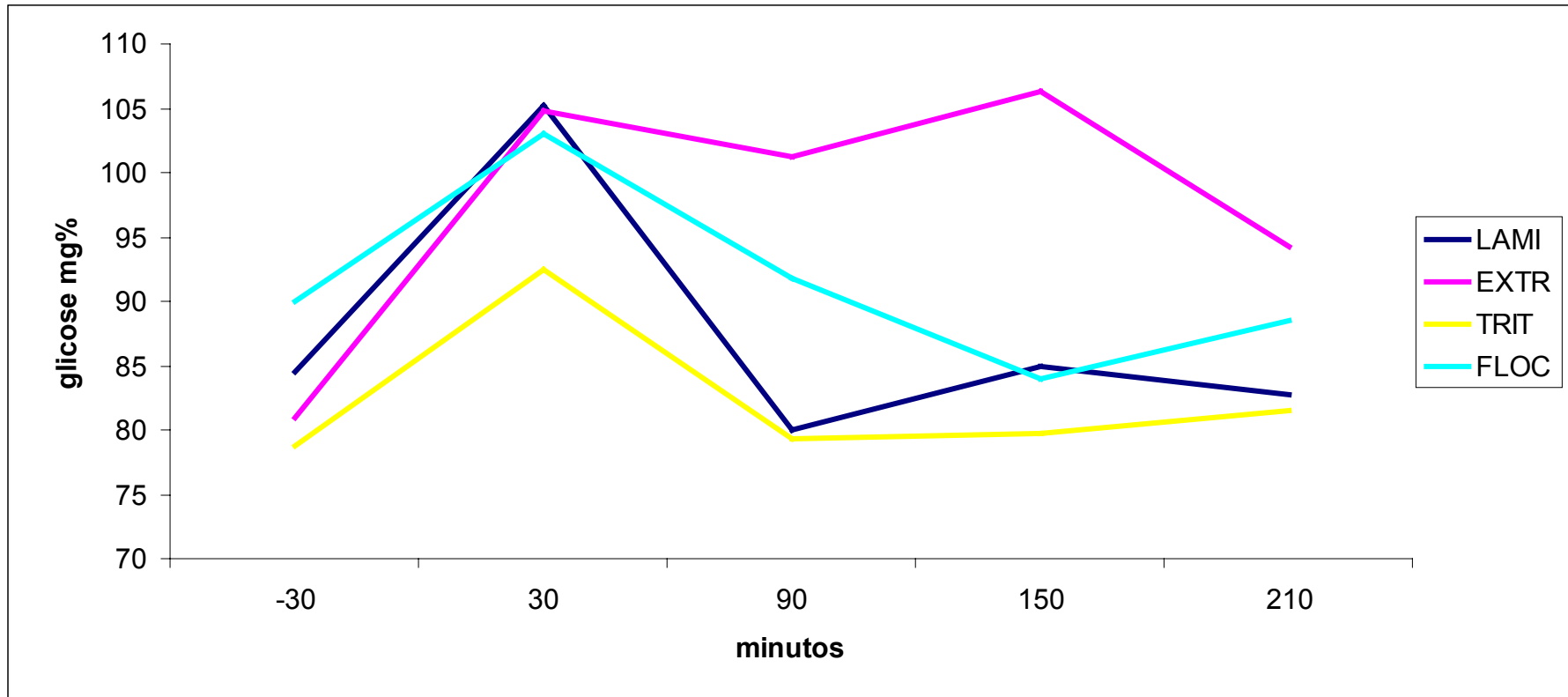


Gráfico 1 – Valores de médios glicose plasmática (mg/dl) , dos eqüinos alimentados com os tratamentos TRIT, LAM, FLOC e EXTR de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150 e 210 minutos após a alimentação

Nas análises dos valores de resposta glicêmica, quando as variâncias foram comparadas, não foram observadas diferenças estatísticas, quando considerado  $p < 0,05$ , houve uma tendência ( $p = 0,05$ ) deste modo, optou-se por fazer o teste de Tuckey, onde foram demonstradas diferenças estatísticas.

Durante o experimento os valores de glicemia, para todos os animais em jejum, estavam dentro dos valores glicose sangüínea considerados normais, segundo Robinson (1992) para eqüinos nesta condição fisiológica.

De acordo com a tabela 8, no tempo 30 minutos antes da ingestão do concentrado houve diferença, entre os tratamentos. Sendo que o tratamento FLOC teve níveis de glicemia maiores que os tratamentos TRIT e LAMI e foi igual ao tratamento EXTR. Os níveis de glicose sangüínea mais elevados para o tratamento FLOC podem estar correlacionados com uma melhor digestibilidade da MO.

Quando foram analisados os tempos 30 e 210 minutos após a ingestão do concentrado não foi possível demonstrar diferença significativa, possivelmente devido ao coeficiente de variação encontrado ser alto.

Ainda observando a tabela 8, 90 minutos após a ingestão do concentrado, o valor da glicemia no tratamento EXTR foi maior que os tratamentos LAMI e TRIT e igual ao tratamento FLOC, que por sua vez foi igual ao LAMI e ao TRIT.

Quando da análise do tempo 150 minutos após a ingestão do concentrado, a resposta glicêmica do tratamento EXTR foi maior que a média dos outros três tratamentos.

Finalmente, quando analisamos a média dos quatro tratamentos independente do tempo, há uma superioridade do tratamento EXTR em relação aos tratamentos TRIT e LAMI. O que também foi observado por Potter et al. (1985), que concluíram que a peletização pode aumentar a digestibilidade do amido no intestino



delgado, tanto que, alimentos peletizados produzem um grande aumento da concentração de glicose e insulina plasmática, quando comparados com alimentos menos processados.

Quando da avaliação das curvas plasmáticas de glicose (gráfico 1), observou-se que o pico da curva glicêmica para os tratamentos TRIT, LAMI, FLOC ocorreu no segundo tempo coleta, correspondendo a 30 minutos após a administração do concentrado, e aparentemente o pico de glicose para o tratamento EXTR foi mais tardio, e no tempo 90 minutos após a ingestão do concentrado os valores de glicemia para os tratamentos TRIT, LAMI e FLOC tiveram uma queda acentuada, provavelmente relacionada a ação da insulina retirando glicose da circulação.

Os resultados deste experimento, no que se refere ao momento do pico de glicose sangüínea após a ingestão das dietas (30 minutos) foi diferente aos obtidos por Stull e Rodiek (1988), que concluíram que a ingestão de carboidratos proporciona níveis de glicose e insulina, em cavalos, com pico de absorção 2,5 a 3 horas após alimentação. Também Witham e Stull (1998), relatam que o pico de glicose plasmática, ocorreu 2 a 3 horas após a ingestão de alimento no período da manhã, sendo que os níveis aumentam também, imediatamente antes da ingestão. Segundo Healy, Siciliano e Larence (1995), eqüinos alimentados com concentrado farelado apresentaram pico de glicose plasmática aos 150 minutos após ingestão, enquanto que, os alimentados com concentrado peletizado, mostraram este pico após 180 minutos, sugerindo que mais glicose foi absorvida da dieta peletizada, demonstrando o efeito do processamento. Com resultados mais próximos ao deste experimento, Depew et al (1995), relata um pico de glicose 60 minutos após a ingestão.

Testando diferentes fontes de amido Gobesso (2001) dosou glicose e insulina em eqüinos após a alimentação tendo um pico de glicose 150 minutos após a ingestão da dieta e observou que os valores de insulina plasmática se elevam no primeiro tempo de coleta, tendo seu pico em três das quatro dietas testadas 150 minutos após a ingestão.

A curva de glicose plasmática do tratamento EXTR, provavelmente manteve seus níveis elevados durante um período mais longo devido ao processamento extrusão disponibilizar mais amido para digestão pela quebra das ligações alfa 1-6 (gelatinização), este amido digerido é absorvido na forma de glicose passa para a circulação sangüínea, no sangue a glicose é retirada rapidamente pela insulina e vai para os tecidos. Diferente do que ocorreu nas dietas dos tratamentos TRIT e LAMI, a insulina retirou a glicose do sangue mas não ocorre uma queda brusca, por volta dos 90 minutos, pois provavelmente o aporte de glicose foi constante e como a insulina tem uma meia vida relativamente curta a quantidade de glicose retirada é repostada, de modo que os níveis de glicose não baixem mesmo sendo absorvida constantemente, neste caso a quantidade de glicose absorvida é maior. Notamos ainda que com 150 minutos ainda há grande quantidade de glicose na circulação, e neste momento a curva mostra-se descendente, provavelmente a partir deste ponto a glicose esteja se esgotando. A curva de glicose para o tratamento FLOC também tem uma queda menos acentuada, provavelmente também por ter mais amido disponível, porem no tempo 150 minutos voltou a subir o que pode corresponder a alguma quantidade de amido que ainda esteja disponível para o processo de digestão que esta ocorrendo no intestino delgado.

Quando observamos a curva plasmática do tratamento LAMI, verificamos que possivelmente, houve uma quantidade de amido rapidamente digerida e absorvida

na forma de glicose que foi retirada rapidamente da corrente sangüínea pela insulina e depois por volta de 90 minutos pós ingestão notamos que a glicemia volta a subir levemente, também nos levando a acreditar que possa haver uma pequena quantidade de amido que tornou-se disponível pelo processo de digestão.

Quanto a curva de glicose do tratamento TRIT, provavelmente ocorreu menor digestibilidade, apesar de um pico semelhante aos outros tratamentos, houve uma queda brusca na glicemia, por volta dos 90 minutos, e depois voltou a subir bem suavemente por volta dos 150 minutos, possivelmente pela ação de enzimas sobre o amido ainda no intestino delgado.

## **5 CONCLUSÕES**

Com base nas condições em que este trabalho foi desenvolvido, a seguinte conclusão pode ser observada:

Os processamentos floculação e extrusão dos grãos de milho, para serem utilizados em dietas para eqüinos podem trazer benefícios no que se refere a digestibilidade e resposta glicêmica.

## REFERÊNCIAS

- 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**; ., n. 18, p. 417-422, 1994.
- ARAUJO, L. O. D.; GONÇALVES, L. C.; REZENDE, A. S. C.; RODRIGUES, N. M.; MAURICIO, R. M.; Digestibilidade aparente em eqüinos submetido a dieta composta de concentrado e volumoso, fornecido com diferentes intervalos de tempo, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v. 49, n. 2, p. 225-237, 1997.
- BARAJAS, R.; ZINN, R. A. The feeding value of dry-rolled and steam-flaked corn in finishing diets for feedlot cattle: Influence of protein supplementation, **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 7, p. 1744-1752, 1998.
- BERGMEYER, H. V. Methods of enzymatic analysis, **Academic Press** 2<sup>nd</sup> Ed., p. 1205-1214.
- BORNET, F. Technological treatments of cereals - repercussions on the physiological – properties of starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 21, n. 2-3, p. 195-203, 1993.
- CARVALHO, M. A. G., **Digestibilidade Aparente em Eqüinos Submetidos a Três condutas de Arraçoamento**. 1992. 34 f. Tese ( Mestrado) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, 1992
- CHAMP, M. M. J.; MOLIS, C.; FLOURIE, B.; PELLIER, P.; COLONNA, P.; GALMICHE, J. P.; RAMBAUD, J. C. Small - intestinal digestion of partially resistant cornstarch in healthy subjects, **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, n. 3, p. 705-710, 1998.
- CHEN, K. H.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; SWINGLE, R. S.; SIMAS, J.; CHAN, S. C.; WU, Z.; SULLIVAN, J. L. Effect of Steam Flaking of Corn and Sorghum Grains on Performance of Lactating Cows, **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 4, p. 1038-1043, 1994.
- 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 ands posprandial thyroidal hormone concentrations in weanling horses fed added dietary fat, **Equine Veterinary Science**, v. 11, n. 2, p. 119-125, 1991.
- DEPEW, C. L.; THOMPSON Jr., D. L.; FERNANDEZ, J. M.; STICKER, L. S.; BURLEIGH, D. W. Changes in concentration of hormones, metabolites, and amino acids in plasma of adult horses relatide to overnight feed deprivation followedby a pellet-hay meal feet at noon. **Journal Animal Science**, V. 72, p. 1530-1539, 1994.

FRAPE, D. **Nutrition Y Alimentacion del Caballo**. Zaragoza, Acribia, 1992. 403 p.

GAEBE, R. J.; SANSON, D. W.; RUSHI, I. G.; RILEY, M. L.; HIXON, D. L.; PAISLEY, S. I.; Effects of extruded corn or grain sorghum on intake, digestibility, weight gain, and carcasses of finishing steers, **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 8, p. 2001-2007, 1992.

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 Veterinary Research**, v.47, n.3, p. 570-572, 1986.

GOBESSO, A. A. O.; **Digestibilidade total e parcial do amido de diferentes fontes energéticas em eqüinos fistulados no íleo**, 2001, 98f, Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Pirassuunga, 2001.

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

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, p. 365-372, 1995.

HEALY, H. P.; SICILIANO, P. D.; LARENCE, L. M. Effect of concentrate form on blood and gastric fluid variables in ponies. **Equine Nutrition Physiology Society** v. 15, n. 10, p. 423-428, 1996.

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. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 92, n. 1, p. 79-85, 1996.

HINTZ, H. F.; HOGUE, D. E.; WALKER, E. F. Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies, fed diets with varying roughage ration. **Journal Animal Science**, v. 32, n. 2, p. 245-48, 1971a.

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

HINTZ, H.F. **Nutrition del Caballo**. El Caballo. Zaragoza, Acribia, 1979, p. 233-247.

HINTZ, H.F. **Horse Nutrition**, New York: Arco Publishing, 1983. 228 p.

JOY, M.T.; De PETERS, E. J.; FADEL, J. G.; ZINN, R. A. Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. **Journal Of Dairy Science**, v. 80, n. 9, p. 2087-2097, 1997.

KARLSSON, C.P.; RUNDGREEN, J. E .L.; Associative effects on total tract digestibility in horses fed different ratios of grass hay and whole oats. **Livestock Production Science**, v .65, p. 143-153, 2000.

KINZLE, E.; RADICKE, S.; LANDES, E.; KLEFFEKEN, D.; ILLENSEER, M. e MEYER, H. Activity of amylase in the gastrointestinal – tract of the horse. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 72, p. 234, 1994 a.

KIENZLE, E.; Small intestinal digestion of starch in the horse. **Revue Médecine Vétérinaire**, v. 145, n. 2, p. 199-204, 1994.

KNOWLTON, K. F.; GLENN, B. P.; ERDMAN, R. A. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently, **Journal of Dairy Science**, v. 81, n.7, p. 1972-1984, 1998.

KOHNKE, J. R. **Feeding and Nutrition. The making of a Champion**. Birubi Pacific Copyright. Rouse Hill, 1992, 197 p.

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.

LAURENCE, L.; SODERHOLM, L. V.; ROBERTS, A.; WILLIAMS, J.; HINTZ, H. Feeding status affects glucose metabolism in exercising horses, **Journal Nutrition**, v. 122, p. 2152-2157, 1995.

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

LOVING, N. S.; JOHNSTON, A. M. **Veterinary Manual for the Performance Horse**. Blackwell Science Ltda.,1995. 580p.

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.

MENEZES JR., M.P. **Efeito do processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa de citros peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos de vacas de leite**. Piracicaba, 1999. 97p. Tese (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.1999.

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 ....** Michigan, 1985.

MEYER, H.; RADICKE, S.; KIENZLE, E.; WILKE, S.; KLEFEKEN, D.; ILLENSER, M. Investigation on preileal digestion of starch from grain, potato and manioc in horses.

**Journal of Veterinary Medicine Series**, A-Physiology Pathology Clinical Medicine, v. 42, n. 6, p. 371-381, 1995.

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

MEYER, H. Pathogenesis of diet-related disturbances in the alimentary tract. In: ENCONTRO NACIONAL DE EQUIDECULTURA. 5<sup>o</sup> 1989 Maringá, 1989 P.177-234.

NUTRIENTS REQUIREMENTS OF HORSE ...5<sup>a</sup> ed. Washington, **National Academy of Science**, 1989.100p

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, W. Levantamento pedológico do estado de São Paulo. São Carlos: Boletim técnico IAC, 1984

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. **Journal Of Animal Science**, v. 75, n. 3, p. 868-879, 1997.

PEREIRA, J. R. A.; ROSSI JUNIOR **Manual Prático de Avaliação Nutricional dos Alimentos**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ, Piracicaba/SP, 1998, v. 19-20.

POTTER, G. D.; ARNOLD, F. F.; HOUSEHOLDER, D. D.; HANSEN, D. H. Digestion of starching the small or large intestine of the equine. In: 1st European Conference on Horse Nutrition. Pferdeheilkunde 1992, 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 twelfth...** Calgary, 1991. P.43.

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

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

ROBINSON, E. **Current Therapy in Equine Medicine**, Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1992. 847p.

SANTOS, J. E. P.; HUBER, J .T.; THEURER, C. B.; NUSSIO, L. G.; TARAZON, M.; SANTOS, F. A. P. Response of lactating dairy cows to steam-flaked sorghum, steam-flaked corn, or steam-rolled corn and protein sources of differing degradability. **Journal of Dairy Science**, v. 8, n. 4, p. 728-737, 1999.

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



SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S.; Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources, **Food Chemistry** , v. 81, n.2 , p. 219-231, 2003.

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

THEURER, C. B.; HUBER, J. T.; DELGADO-ELORDUY, A; WANDERLEY, R. Invited review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 9, p. 1950-1959, 1999.

THOMPSON, D. B. Strategies for the manufacture of resistant starch. **Trends in food science & Technology** , v. 11,n. 7, p. 245-253, 2000.

TISSERAND, J. L. Non-Ruminants herbivores; horses and rabbits. **Livestock Production Science**, v.19, p. 279-88, 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, p. 140-148, 1995.

TONKK, D. B. **Quality control in clinical laboratories, Diagnostic Reagents Division**, Scarborough, Canada, 1972.

UDEN, P.; COLUCCI, P. E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerum and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies, **Journal Science Food Agriculture**, v.31, p. 625-632, 1980.

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, 1998.

WOLTER, R. Le Cheval, la digestion chez le cheval. **XII Journées de Bressier de Theix**. p. 186-194, 1981.

YU, P.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; CHEN, K. H.; NUSSIO, L. G.; WU, Z.. Effect of steam-flaked or steam-rolled corn with or without *Aspergillus oryzae* in the diet on performance of dairy cows fed during hot weather, **Journal of Dairy Science**, v. 80, , p. 3293-3297, 1997.