ELIANA D'AURIA

**Substituição de milho por sorgo triturado e extrusado em
dietas para eqüinos**

Pirassununga
2005

ELIANA D´AURIA

Substituição de milho por sorgo triturado e extrusado em dietas para 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

BIBLIOTECA VIRGINIE BUFF D'ÁPICE
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
E ZOOTECNIA DA USP

16/5/05

P

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

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

T.1508
FMVZ

D'Auria, Eliana

Substituição de milho por sorgo triturado e extrusado em dietas para eqüinos / Eliana D'Auria. – Pirassununga : E. D'Auria, 2005.
86 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo.
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de
Nutrição e Produção Animal, 2005.

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. Equinos. 5. Milho. 6. Sorgo. I. Título.

ERRATA

Página	Parágrafo	Linha	Onde se lê	Leia-se
07	1	3	86f. , 2005. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal)	2005. 86 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária).
	09	1	2 .86f	. 2005.
	09	1	3 2005. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal)	86 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária).

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
Comissão Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Substituição de milho por sorgo, triturado e extrusado em dietas para eqüinos", Protocolo nº465/2004, utilizando 04 cavalos, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado "ad referendum".

(We certify that the Research "Corn substitution for sorghum, grounded or extruded in equine diets" protocol number 465/2004, utilizing 04 horses, under the responsibility of Prof. Dr. Alexandre Augusto de Oliveira Gobesso, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved "ad referendum", meeting.

São Paulo, 05 de maio de 2004

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

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do autor: D´AURIA,Eliana

Título: Substituição de milho por sorgo triturado e extrusado em dietas para 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: _____

Dedico,

Aos meus pais, irmãos e sobrinhos.

Ao meu afilhado Leonardo.

AGRADECIMENTOS

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

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

Ao Sr. Antônio de Toledo Lara Neto, proprietário do Haras Bandeirantes que me concedeu o tempo necessário para realização deste trabalho.

Ao Dr Celso Bertolini pela grande oportunidade de trabalhar com eqüinos e pelos seus ensinamentos valiosos transmitidos ao longo desses anos.

A toda a minha família pelo incentivo e dedicação constantes.

Aos amigos Fernanda, Silvio, Mariano e Celso pelas sugestões que muito me ajudaram.

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

A Extrucenter que gentilmente processou os cereais para execução desse experimento.

Ao Prof. Paulo Mazza Rodrigues pela orientação das análises estatísticas.

Aos funcionários da cocheira Sr. Jorge e Valdir pela grande ajuda na coleta do material e companheirismo.

A Keile Cristiane Crema pela fundamental ajuda na área de informática.

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

A todos os animais, especialmente aqueles que fizeram parte do meu experimento, TILA, TIARA, TROVOADA e TORA.

Há duas formas de viver sua vida:

Uma, é acreditar que não existe milagre.

A outra, é acreditar que todas as coisas
são um milagre.

Albert Einsten

RESUMO

D'AURIA, E. **Substituição de milho por sorgo triturado e extrusado em dietas para eqüinos.** [Substituting extruded or ground sorghum for corn in equine diets]. 86f. , 2005. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

Com a utilização de quatro eqüinos, fêmeas, adultas, sem raça definida, com peso médio de 450 Kg em um delineamento experimental quadrado latino 4X4, com arranjo fatorial dos tratamentos e medidas repetidas no tempo, os objetivos deste trabalho foram, avaliar a digestibilidade aparente total da matéria seca, da matéria orgânica, do amido, da proteína bruta, da fibra em detergente neutro, da fibra em detergente ácido e a aceitabilidade de dietas contendo concentrado a base de milho ou sorgo nas duas formas de processamento, triturado ou extrusado; quantificar os parâmetros do metabolismo da glicose e insulina pós-ingestão nos diferentes tratamentos; analisar a viabilidade econômica da substituição de milho por sorgo em dietas para eqüinos. Os resultados indicaram que os tratamentos contendo ingrediente extrusado apresentaram coeficientes de digestibilidade aparente total da MS, MO, FDN e FDA maiores que os triturados. Em relação ao amido, os coeficientes de digestibilidade aparente total apresentam valores semelhantes entre os tratamentos. A resposta glicêmica e insulinêmica maior nos tratamentos extrusados indica que o processamento pode ser útil na alimentação de eqüinos. Os resultados da análise econômica indicaram a vantagem da substituição do milho por sorgo em dietas para eqüinos

e a desvantagem do uso do processo de extrusão para milho e sorgo, tomando-se como referência a digestibilidade dos nutrientes, mas, quando se toma como referência a resposta plasmática de glicose e insulina o uso da técnica de processamento passa a ser economicamente viável.

Palavras-chave: Digestibilidade, Resposta Glicêmica, Alimentação, Eqüinos, Milho, Sorgo.

ABSTRACT

D'AURIA, E. **Substituting extruded or ground sorghum for corn in equine diets** [Substituição de milho por sorgo triturado e extrusado em dietas para eqüinos.] .86f., 2005. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

With the utilization of four horses, females, without defined breed , with middleweight of 450 Kg a tracing experimental Latin square person 4X4, with factorial arrangement for the treatments and repeated measures in time, the objectives of this work have been , access the digestibility apparent total from dry mater , organic mater, starch, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and the acceptability of diets containing concentrated the base of corn or sorghum on the two forms of processing , pounded or extrusion measure the settings of the metabolism from glucose and insulin after ingestion on the different treatments; analyze the economic viability from substitution of corn for sorghum in diets to horses. The results indicate as the treatments containing ingredient extrusion they presented greater coefficient of total apparent digestibility total from DM, OM, CP, NDF and ADF. In starch relation, the coefficients of total apparent digestibility they present similar values among the treatments. The glicemic insulinemic response major on the treatments extrusados indicates what the processing may be useful on feed of horses. The results from economic analysis indicate the gain from substitution of the corn for

sorghum in diets about to equines and the disadvantage of the use of the sue of extrusion about to corn and sorghum, taking - if I eat reference the digestibility from the nutrients, but, when if she takes eat reference the plasmatic response of glucose and insulin the use from technique of processing currant the be economically viable.

Key words: Digestibility Glicemic Unser Equine Nutrition Corn Sorghum.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Formulação do concentrado experimental (%)-----	43
Tabela 2 - Condições de temperatura, permanência no sistema, umidade e pressão para o processamento de extrusão dos grãos de milho e sorgo oferecidos aos animais do experimento-----	44
Tabela 3 - Composição bromatológica dos quatro suplementos concentrados e do volumoso (100% da MS) -----	45
Tabela 4 - Composição bromatológica dos ingredientes dos quatro suplementos concentrados e do milho e sorgo na forma triturada e extrusada -----	46
Tabela 5 - Consumo de amido (gramas/dia) -----	47
Tabela 6 – Delineamento em quadrado latino 4 X 4 -----	49
Tabela 7 – Análise de variância com medidas repetidas no tempo-----	49
Tabela 8 – Resultado da análise de fenóis totais, taninos totais e taninos condensados nos ingredientes da fração concentrado, da dieta, antes e após o processamento extrusão.-----	54
Tabela 9 - Valores médios da digestibilidade aparente total(%) da MS, MO, PB, Amido, FDA e FDN, para os quatro tratamentos. -----	56
Tabela 10 - Valores médios de glicose plasmática (mg/dl) e CV(%), dos eqüinos alimentados com os tratamentos MTRIT, MEXTR, STRIT, SEXTR de amostras coletadas 30(-30) minutos antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150, 210, 270 e 330 minutos após a alimentação no período matutino. -----	60
Tabela 11 - Valores médios de insulina plasmática (μ UI/ml) e CV(%), dos eqüinos alimentados com os tratamentos MTRIT, MEXTR, STRIT, SEXTR de amostras de animais coletadas 30(-30) antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150, 210, 270 e 330 minutos após a alimentação no período matutino -----	67
Tabela 12 - Valores da área abaixo da curva da resposta plasmática de glicose para os tratamentos MTRIT, STRIT, MEXTR e SEXTR (mg/dl x tempo)-----	69
Tabela 13 - Valores da área abaixo da curva da resposta plasmática de insulina para os tratamentos MTRIT, STRIT, MEXTR e SEXTR (μ UI/ml x tempo) ----	70
Tabela 14 – Custo das dietas utilizadas no experimento -----	71

Tabela 15 – Relação de custo dos tratamentos utilizados no experimento ----- 72

Tabela 16 - Incremento (%) sobre as digestibilidades aparentes totais médias, para os quatro tratamentos. ----- 73

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Valores médios de glicose plasmática (mg/dl) e CV(%), dos eqüinos alimentados com os tratamentos MTRIT, MEXTR, STRIT, SEXTR de amostras coletadas 30(-30) minutos antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150, 210, 270 e 330 após a alimentação no período matutino -----61
- Figura 2 - Valores médios de insulina plasmática (μ UI/ml) e CV(%), dos eqüinos alimentados com MTRIT, MEXTR, STRIT, SEXTR de amostras de animais coletadas 30(-30) antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150, 210, 270 e 330 minutos após a alimentação no período matutino.-----68

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Ca	Cálcio
CV	Coeficiente de variação
EE	Extrato etéreo
FB	Fibra bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
Kg	Quilogramas
Kgf/cm ²	Quilograma de força por centímetro quadrado
Lbs/in ²	Libras por polegada quadrada
Min	Minuto
MM	Matéria mineral
MS	Matéria Seca
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Particularidades do trato gastrointestinal dos eqüinos	19
2.2 Digestibilidade dos nutrientes	22
2.3 Digestibilidade dos carboidratos	24
2.4 Efeitos do processamento na digestão dos alimentos	28
2.5 Metabolismo pós-absortivo de glicose e insulina	31
2.6 Sorgo na alimentação animal	39
3 MATERIAL E MÉTODOS	42
3.1 Local	42
3.2 Animais	42
3.3 Clima	43
3.4 Dietas e procedimento experimental	43
3.5 Metodologia de coleta e processamento das amostras	47
3.6 Delineamento experimental	48
3.7 Procedimentos laboratoriais	50
3.8 Análise econômica	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 Digestibilidade aparente total	55
4.2 Concentrações plasmáticas de glicose e insulina	58
4.3 Análise econômica	71
5 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	76

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 ao metabolismo energético pós absorptivo. A determinação da digestibilidade é o início para a avaliação da importância nutricional de um alimento. Sendo assim, conhecer as particularidades do aparelho digestório dos eqüinos conjuntamente com a avaliação da digestibilidade e absorção dos nutrientes constituintes da dieta, são fundamentais para a evolução das pesquisas visando a criação de modelos nutricionais consistentes para essa espécie animal.

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. Deste modo, estes conhecimentos não estão disponíveis nos sistemas de avaliação dos alimentos para eqüinos e muitos países utilizam, como alternativa, tabelas de composição de alimentos, por analogia, de ruminantes. O conhecimento dos mecanismos digestivos tem aumentado consideravelmente com o uso de métodos adequados para avaliação do suprimento de nutrientes. (TISSERAND, 1988).

Ensaio de digestibilidade com eqüinos, através da coleta total de fezes, auxiliam na avaliação da digestibilidade aparente total, ou seja, tem mostrado informações para entender como se comportam os nutrientes ao longo de todo o trato gastrointestinal,

evidenciando que a digestão dos eqüinos pode ser dividida em duas em duas fases, a pré-cecal, cuja ação predominante é a enzimática, e a pós-ileal onde ocorre a digestão microbiana (MEYER, 1995), e assim conseqüentemente, essas diferenças podem influenciar na forma pela qual os nutrientes são absorvidos podendo, inclusive, interferir diretamente na perda de energia digestível (RADICKE et al., 1991).

Infelizmente os ensaios de digestão total não podem identificar as contribuições isoladas dos diferentes segmentos do trato gastrintestinal, mas, seus valores obtidos são um coeficiente comum adotado como referência para a determinação do valor nutritivo dos alimentos (MEYER et al., 1993).

Estudos têm indicado que a análise química da composição em 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). Entretanto, pouca informação está disponível indicando a influência das diferentes fontes de amido e técnicas de processamento no controle da glicose e nenhum índice glicêmico e insulinêmico para os diferentes tipos de processamento do grão tem sido estabelecido para eqüinos.(VERVUERT et al., 2004).

Como fonte energética, o milho é o cereal mais utilizado para formulação de dietas. Este cereal, freqüentemente tem sua produção e comercialização influenciada pela política econômica do Governo. Agravando este problema, o milho é também utilizado na alimentação humana, gerando uma concorrência que

desfavorece sua utilização nas rações animais. Dentro deste contexto, têm sido desenvolvidos pesquisas objetivando viabilizar técnica e economicamente substitutos do milho na formulação de rações para animais. Entre os alimentos pesquisados, destaca-se o sorgo, o qual possui composição química semelhante à do milho e um custo que pode ser 20% menor. (SAINT JUST, 1989).

O sorgo é freqüentemente considerado como um cereal adequado para áreas e para épocas do ano desfavoráveis ao plantio de milho devido à uma precipitação chuvosa inadequada ou irregular. (LEWIS, 2000).

O presente trabalho tem como objetivos:

Avaliar a digestibilidade aparente total da matéria seca, da matéria orgânica, do amido, da proteína bruta, da fibra em detergente neutro, da fibra em detergente ácido e a aceitabilidade de dietas contendo concentrado a base de milho ou sorgo nas duas formas de processamento, triturado ou extrusado;

Quantificar os parâmetros do metabolismo da glicose e insulina pós-ingestão nos diferentes tratamentos;

Analisar a viabilidade econômica do processo de extrusão e substituição de milho por sorgo em dietas para eqüinos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para justificar o modelo e o procedimento experimental adotado, a apresentação revisão bibliográfica foi dividida nos tópicos a seguir.

2.1 Particularidades sobre o trato gastrointestinal dos eqüinos

Os eqüinos são classificados, segundo a anatomia do seu trato digestivo, como sendo herbívoros não ruminantes, mais especificamente podem ser considerados como herbívoros com ceco funcional. Tais características anatômicas e fisiológicas permitem que os eqüinos possam absorver os carboidratos solúveis contidos 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, eqüinos com dentição funcional e intacta, esmagam e moem os alimentos, disponibilizando proteínas e carboidratos que podem ser prontamente digeridos no estômago e intestino delgado (MEYER, 1995).

A mastigação é acompanhada por uma produção abundante de saliva, que possibilita a deglutição, umedecendo o alimento com quantidades de minerais e bicarbonato que servem para neutralizar os ácidos formados na porção inicial do estômago (MEYER, 1995), porém, a saliva contém uma concentração muito baixa

de amilase, praticamente sem tempo de atuar resultando em uma ação pré-gástrica insignificante (TISSERAND, 1988).

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).

O estômago dos eqüinos tem capacidade para 15 a 20 litros, ajustado para uma recepção contínua de pequenas quantidades de alimentos. O estômago se preenche em camadas na região do saco cego aglandular e na região glandular fúndica, sendo posteriormente conduzido ao terço final onde será liquefeito. Os processos digestivos no estômago são concretizados por uma atividade simultânea das enzimas alimentares, microorganismos e suco gástrico. A mucosa duodenal possui glândulas que secretam suco entérico e grande quantidade de muco. Suas inúmeras vilosidades revestidas de células epiteliais cilíndricas com microvilosidades aumentam a superfície de absorção dos alimentos (MEYER, 1995).

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 grosso do cavalo compreende seções volumosas, bem articuladas e compartimentalizadas. A atividade do ceco e do cólon depende principalmente do tipo e da quantidade de substâncias nutritivas provenientes do intestino delgado, da velocidade de trânsito do conteúdo intestinal e da capacidade de tamponamento do

lúmen. O número de microorganismos no conteúdo do intestino grosso do eqüino é semelhante ao encontrado no rúmen e retículo dos ruminantes (MEYER, 1995).

2.2 Digestibilidade dos nutrientes

Digestível é considerada a parte do alimento que não é eliminada com as fezes, correspondendo, não totalmente, à porção do alimento que ganha o meio interna através da parede do trato digestivo (MEYER, 1995).

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 estomacal baixo, restringe a ação da ação microbiana na fermentação de açúcares e amido. O grau de digestão protéica no estômago é pequeno. 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).

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).

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.

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 à 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 por possuírem uma proporção maior de folhas seriam ideais na dieta de eqüinos.

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, 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.

2.3 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 de animais em eventos esportivos, os carboidratos passaram a ser utilizados como a principal fonte para atender as exigências energéticas (RADICKE et al., 1991).

Devido à digestão e absorção de carboidratos solúveis e da proteína ocorrerem antes do intestino grosso, pouco material, além do material fibroso, atinge o ceco dos eqüinos podendo prejudicar a população de microorganismos, diminuindo assim o aproveitamento dos carboidratos estruturais (UDEN; COLUCCI; VAN SOEST, 1980).

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 ingerida e a presença de outros constituintes alimentares que podem retardar a hidrólise enzimática (ENGLYST et al., 1987). Os autores ressaltam também a existência de uma porção indigerível, resistente à ação da alfa-amilase, a qual escapa a digestão pré-cecal.

Do mesmo modo, Meyer et al. (1993), trabalharam com pôneis fistulados no jejuno posterior e 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 et al. (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).

Kienzle (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 gastrintestinal 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, onde o tipo de degradação do amido ocorreu pela endocorrosão via “PIN HOLES” (canais). O número e tamanho dos canais 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 a forma mais efetiva; os grânulos foram destruídos completamente e o amido tornou-se solúvel. Verificou também que a digestibilidade do amido tende a decrescer com o aumento do consumo por refeição e que o processo de moagem mecânica tanto quanto a laminação ou trituração grosseira não altera significativamente a digestibilidade do 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 à maior ou menor destruição da estrutura botânica do amido durante o processamento.

Massey et al. (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.

2.4 Efeitos do processamento na digestão dos alimentos

O intuito 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 eqüinos como forma de elevar a digestibilidade dos alimentos (RAMOS, 2003).

O processamento físico dos grãos consiste na quebra, moagem, trituração ou laminação de grãos secos, porém 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 grânulos de amido, aumentando a atividade amilolítica das enzimas pancreáticas. No grão sem tratamento ou tratado mecanicamente, o grau de gelatinização (porcentagem do conteúdo total de amido que é imediatamente acessível a glicoamilase) é normalmente zero, entretanto, nos cereais processados pelo calor, o amido é esperado ser gelatinizado (VERVUERT et al., 2004). Conseqüentemente, a disponibilidade dos grânulos de amido para enzimas digestivas é aumentada pelo grau de gelatinização (HOLM et al., 1988; SELMI et al., 2000).

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 à floculação, expansão, micronização, extrusão ou peletização. O nível de floculação e gelatinização do amido é determinado pelo tempo de exposição ao vapor e temperatura, umidade do grão, tamanho e distância entre os rolos e o tipo de grão (MENEZES JR, 1999; OWENS et al., 1997).

Segundo Gray (1992), a digestão e absorção do amido em cavalos aumentam significativamente pelo processamento de grãos com aquecimento à 100 graus Celsius 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 o 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 a micronização e trituração, respectivamente.

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.

As características de digestibilidade do amido e propriedades nutricionais podem ser modificadas pelo processamento industrial hidrotérmico. Nos cereais, a fração não digestível, tanto quanto avaliada “in vitro” como “in vivo”, é definida como amido resistente. Quatro diferentes frações deste amido resistente foram observadas nos cereais, são elas: amido nativo, amilose retrógrada; complexo amido-lipídico e amido gelatinizado encapsulado (BORNET, 1993). Devido às diferenças individuais

para a habilidade de digerir amido, não há distinção entre amido resistente e amido digestível (THOMPSON, 2000).

Comparando os coeficientes de digestibilidade do feno de alfafa na forma peletizada, farelada e, laminada, Haeleln, Smith e Yoon (1996), encontraram coeficientes de digestibilidade da fibra 15% menor na forma peletizada em relação às demais formas, contudo Manzano et al. (1978) e Todd et al. (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 expandidos oferecidos a eqüinos relataram que a digestibilidade pré-cecal do amido de milho foi significativamente maior do que o milho inteiro ou triturado possivelmente resultado do aumento da superfície de exposição às enzimas digestivas.

Gaebe et al. (1998) testaram o efeito da extrusão em comparação com a 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 a seco. Em outro ensaio, foram avaliadas 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 da matéria seca levando à menor performance animal.

2.5 Metabolismo pós absorptivo da glicose e insulina

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).

O efeito da dieta no metabolismo da glicose tem sido conhecido desde o início os anos 70 quando 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 et al., 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.

Stull e Rodiek (1988), observaram que na maioria das vezes, todo carboidrato solúvel ingerido é absorvido para a corrente sanguínea e a concentração plasmática de outros monossacarídeos quando comparada com a da glicose é insignificante.

Segundo Davidson et al. (1991), a ingestão de grandes quantidades de carboidratos solúveis, tem sido citado como responsável por alterações nas concentrações plasmáticas de alguns hormônios, relacionados com o crescimento, particularmente os hormônios da tireóide, através da conversão, mediada pela insulina, de tiroxina (T4) em triiodotironina (T3). Os hormônios da tireóide têm sido citados como responsáveis pela regulação do crescimento esquelético e maturação das placas cartilaginosas, por efeito direto de T3. Os picos plasmáticos de glicose e insulina, em potros, ocorrem cerca de 2 horas e trinta minutos após a ingestão de alimento, suplementados com gordura ou dieta tradicional, mas os que receberam gordura, tiveram menores níveis plasmáticos de glicose e insulina. Por outro lado, as variações individuais entre os potros dificultaram na avaliação comparativa dos tratamentos, tanto para insulina como para glicose.

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 gastrointestinal, 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 et al. (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. Segundo Sherman et al. (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 et al. (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. (1995b), um aumento na concentração plasmática de glucagon e diminuição de insulina é esperado 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) pode desconectar os receptores nos adipócitos de humanos e roedores. Respostas plasmáticas exageradas de glicose e insulina após a ingestão de carboidrato tem sido associada com diabetes não dependente de insulina e doenças cardiovasculares em estudos humanos (¹WOLEVER et al. 1991 apud VERVUERT, 2004).

Alimentos que levam a uma baixa resposta glicêmica são considerados benéficos em humanos com distúrbios metabólicos tanto quanto no que se refere a assuntos relativos à saúde. (JENKINS et al., 1981; STEPHEN et al., 1995; WOLEVER; MEHLING, 2002).

Nos cavalos, o controle da glicose e insulina, pode ser prejudicado em vários estágios de vida ou 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, são associadas 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 e, este fato, foi comprovado em dosagens dos níveis de insulina

¹WOLEVER. T.; JENKINS D.; JENKINS A.; JOSSE, E.; 1991: **American Journal of Clinical Nutrition**, 54, 846.

plasmática realizadas 5 minutos após a aplicação de glicose por via endovenosa, tempo insuficiente para síntese de insulina.

A resistência à insulina ocorre quando a concentração normal de insulina produz uma resposta biológica menor que a normal (KAHN, 1988).

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 3 dias induz à resistência à 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. Este fato

é comprovado facilmente devido à facilidade com que os pôneis ganham peso (JEFFCOTT et al., 1986).

Segundo Lopez e Stumpf (2000), em ovinos, o amido do grão de sorgo contribuiu para melhorar os níveis plasmáticos de glicose e insulina, com as maiores taxas ocorrendo às 4 horas após a alimentação.

2.6 Sorgo na alimentação animal

Segundo Fancelli (1986), após a descoberta do sorgo na África, esta cultura se expandiu para os países árabes, Índia e China e o resto do mundo por volta dos séculos XVII e XVIII favorecida pelo tráfico de escravos, em virtude de se constituir a dieta básica dos povos africanos.

O sorgo é uma planta com sistema radicular relativamente bem desenvolvido, permitindo obter água em camadas mais profundas do solo, com superfície foliar menor que a do milho e células motoras que fecham os estômatos, sob condições adversas, evitando maiores perdas de água por transpiração. Estas características vegetativas da planta permitem ao sorgo ser cultivado satisfatoriamente em épocas e locais onde a baixa pluviosidade não daria condições ao milho (SERRANO 1971).

Segundo Ruas et al. (1982), o sorgo ocupa o quinto lugar (dado geral), em área cultivada com cereais, sendo precedido pelo trigo arroz, milho e cevada.

O sorgo tem características nutritivas muito semelhantes às do milho, embora ligeiramente inferior em valor energético e um pouco mais rico em teor protéico. Por outro lado, o milho contém mais óleo e níveis superiores de aminoácidos essenciais. Comparativamente, o sorgo apresenta 90% do valor nutritivo do milho (FIALHO; RUTZ, 1985; ROSTAGNO, 1979).

Este menor valor nutritivo do sorgo em relação ao milho, provavelmente se deve à menor digestibilidade causada pela interferência do tanino no metabolismo de proteínas e carboidratos, em grãos de sorgo que apresentem mais de 1% de tanino (FIALHO; RUTZ, 1985).

O grão de sorgo pode ser classificado como um alimento energético, contendo 2 a 3 % de fibra bruta e um nível de proteína bruta, em termos médios, um pouco superior ao do milho (BRESSANI; RIOS, 1962).

A pobre qualidade de híbridos marrons do início dos anos 60 tem sido substituída por várias gerações de novos híbridos, com endosperma amarelo, adaptações tropicais e outras propriedades agrônômicas desejáveis. Essas rápidas mudanças tornaram obsoletas algumas informações disponíveis de composição do sorgo e seus valores nutricionais (ROONEY; PLUGFELDER, 1986).

Euclides et al. (1983), analisaram 322 variedades de sorgo e encontraram níveis protéicos que variaram de 4,7 a 17%. Grandes variações no teor de proteína bruta do grão de sorgo 7,8 a 15,4%, foram atribuídas a diferenças de fertilidade do solo, adubação e variedades ou híbridos produzidos (HAIKERWAL; MATHIESON, 1971; TANKSLEY, 1972).

Um estudo com a finalidade de verificar a possibilidade da substituição do milho pelo sorgo nas rações inicial, de crescimento e engorda de suínos, foi realizado por Santos et al. (1982). Pelos resultados, os autores concluíram que o milho pode ser totalmente substituído pelas variedades de sorgo estudadas, sem afetar o ganho diário de peso e conversão alimentar.

Segundo Coplein et al. (1974); Howel et al. (1971); Hodson et al., (1973), a conversão alimentar foi melhor para os animais que consumiram rações formuladas a base de milho. Esta diferença de conversão alimentar pode ser explicada pelos níveis mais altos de energia metabolizável encontradas no milho em comparação ao sorgo (BAIRD et al., 1974; COPELIN et al. 1973)

Devido ao fato de não apresentar uma proteção para as sementes, como por exemplo, a palha do milho ou as glumas do trigo e da cevada, a planta do sorgo produz vários compostos fenólicos, os quais servem como uma defesa química contra pássaros, patógenos e outros competidores. A presença de tanino no grão de sorgo depende da constituição genética do material. Hoje, sabe-se que o tanino pode estar presente ou ausente no grão. A pesquisa tem mostrado que percentuais abaixo de 0,70% de tanino no grão, verificados em algumas análises laboratoriais, ocorrem devido à presença de outros fenóis e não ao tanino condensado e, portanto, não seria prejudicial à dieta alimentar dos animais. Os compostos fenólicos não controlam, no entanto, insetos de grãos armazenados. Os vários compostos fenólicos presentes no grão de sorgo podem afetar a cor, aparência e a qualidade nutricional (MAGALHÃES et al., 1997).

O tanino do sorgo é conhecido por inibir enzimas como a amilase (DAIBER, 1975), entretanto tem sido sugerido que o efeito antinutricional do tanino do sorgo está na sua habilidade em formar complexos, menos digeríveis com a proteína dietética e não por inibição de enzimas digestivas (BUTLER et al., 1984). O valor nutricional do sorgo varia com seu teor de tanino. Os taninos proporcionam um certo grau de resistência a bolores, mas diminuem a digestibilidade protéica e a palatabilidade do grão, conferindo-lhe um gosto adstringente (HAHN et al., 1984). A presença de compostos fenólicos encontrados em grãos de sorgo marrom escuro é importante na nutrição de monogástricos, em especial as aves, exercendo efeito depressivo sobre o crescimento e produção. Os efeitos dos taninos não são observados com a mesma intensidade em nutrição de ruminantes (RIBAS; ZAGO, 1986).

3 MATERIAL E MÉTODOS

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

3.1 Local

O experimento foi realizado nas dependências do Setor de Equideocultura 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, com idade aproximada de vinte e quatro meses, com peso médio de 450 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 e para minimizar o estresse provocado pelo confinamento, os animais foram exercitados a passo diariamente, durante quinze minutos.

3.3 Clima

O clima da região, segundo a classificação de Wilhelm Koeppen, 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) foi elaborada para atender as exigências de manutenção para a categoria eqüina que foi utilizada, segundo o NRC (Equine Nutrient Requirements, 1989).

Tabela 1 – Formulação do concentrado experimental (%)

Farelo de Soja	Farelo de Trigo	Milho ou Sorgo	Feno de Gramínea	Calcita	Núcleo	Sal
8.0	27.8	48.5	10	2.8	1.9	1.0

Para determinação da digestibilidade aparente total do amido, MS, MO, PB, FDN, FDA, contidos nos alimentos, foram utilizadas quatro dietas, cujas fontes de variações foram à fonte de amido e a forma de processamento. 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 2 segundo dados fornecidos pela empresa que efetuou o processamento.

Tabela 2 – Condições de temperatura, permanência no sistema, umidade e pressão para o processamento de extrusão dos grãos de milho e sorgo oferecidos aos animais do experimento

Temperatura (°C)	100
Permanência no sistema (min)	5
Umidade (%)	25 – 30
Pressão (Kgf/cm²)	6,33
Pressão (Lbs/in²)	90

Os tratamentos foram fornecidos conforme descrição:

Tratamento MTRIT: feno+concentrado a base de milho triturado;

Tratamento MEXTR: feno+concentrado a base de milho extrusado;

Tratamento STRIT: feno+ concentrado a base de sorgo triturado;

Tratamento SEXTR: feno+concentrado a base de sorgo extrusado.

A composição bromatológica do volumoso e do concentrado com os 2 tipos de grãos e as 2 formas de processamento (100% da matéria seca) e do feno de gramínea *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Var. *Coast cross-1* encontra-se descrita na

Tabela 3 e a composição bromatológica dos ingredientes utilizados na confecção dos concentrados é descrita na Tabela 4.

Tabela 3 – Composição bromatológica do volumoso (feno) e dos quatro suplementos concentrados (100 % da MS)

	MS	MO	MM	EE	FB	PB	Ca	P	FDA	FDN	AMIDO
MTRIT	89,07	81,80	7,27	2,86	6,13	13,70	1,89	0,53	11,31	24,80	46,93
MEXTR	90,18	84,36	5,82	1,86	6,91	13,60	1,72	0,54	12,56	27,34	48,07
STRIT	88,77	82,71	6,06	2,30	8,05	13,86	1,33	0,53	13,36	29,06	47,36
SEXTR	90,45	83,67	6,78	1,71	6,87	14,17	1,53	0,55	13,84	28,62	47,90
FENO	88,45	83,84	4,61	1,10	33,89	5,38	0,32	0,20	42,25	85,13	2,55

Tabela 4 - Composição bromatológica dos ingredientes dos quatro suplementos concentrados e do milho e sorgo, triturado e extrusado.

	MS	MO	MM	EE	FB	PB	Ca	P	FDA	FDN	AMIDO
Milho Triturado	88,66	88,26	0,40	4,10	2,90	8,50	0,02	0,23	9,06	16,71	79,11
Milho Extrusado	89,75	89,16	0,59	1,07	1,72	8,66	0,02	0,19	4,50	8,29	82,40
Sorgo Triturado	88,52	88,24	0,28	3,21	1,16	8,77	0,05	0,17	9,55	19,59	84,17
Sorgo Extrusado	90,28	88,76	1,52	0,90	2,85	8,39	0,06	0,20	6,30	9,51	84,18
Farelo de Soja	89,00	82,60	6,40	-	6,90	49,50	0,40	0,70	11,40	18,90	1,60
Farelo de Trigo	89,20	79,50	6,70	-	9,30	18,80	0,10	0,90	17,40	43,10	12,80
Feno	88,45	83,84	4,61	1,10	33,89	5,38	0,32	0,20	42,25	85,13	2,55
Calcita	-	-	-	-	-	-	32,80	-	-	-	-
Núcleo Mineral	-	-	-	-	-	-	12,00	2,80	-	-	-

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, com intervalos constantes, às 7:00 e 19:00 horas, sendo a ração total (feno+concentrado), dividida em partes iguais, adotando-se o consumo diário individual de 2,0% do peso vivo, sendo 50% de concentrado e 50% 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 Glibbs et al., (1996). O volumoso foi oferecido ao mesmo tempo em que o concentrado de acordo com o sugerido por De Carvalho (1992).

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 eqüina utilizada, segundo o Nutritional Research Council (1989).

Complementando as informações, foram feitas dosagens individuais do consumo de amido que se mostraram semelhantes conforme descrito na tabela 5.

Tabela 5 - Consumo de amido (gramas/dia)

MTRIT	2.346,66
MEXTR	2.403,66
STRIT	2.368,16
SEXTR	2.395,15

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 horas e 30 minutos (-30), antes de fornecer o concentrado e as 7:30 (30), 8:30 (90), 9:30 (150), 10:30 (210), 11:30 (290) e 12:30 (330) horas, durante a ingestão da dieta oferecida pela manhã (7:00 horas) para dosagem de glicose e 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 à 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 Delineamento experimental

Foi utilizado um delineamento experimental em Quadrado Latino 4X4(quatro animais e quatro tratamentos), com arranjo fatorial dos tratamentos e medidas repetidas no tempo (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 – Delineamento em quadrado latino 4 x 4

Sub-períodos	Animais			
	1	2	3	4
I	MTRIT	STRIT	MEXTR	SEXTR
II	SEXTR	MTRIT	STRIT	MEXTR
III	MEXTR	SEXTR	MTRIT	STRIT
IV	STRIT	MEXTR	SEXTR	MTRIT

Tabela 7 - Análise de variância com medidas repetidas no tempo.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Tratamentos	3
Fonte (milho e sorgo)	[1]
Processamento (triturado ou extrusado)	[1]
Interação	[1]
Linhas (Período)	3
Colunas (animais)	3
Resíduo A	6
Sub-parcelas	15
Tempos	6
Interação tempo x tratamentos	18
Interação tempo x animal	18
Interação tempo x coluna	18
Resíduo B	36
Total	111

Os resultados de digestibilidade e resposta plasmática de glicose e insulina foram analisados através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1985), 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 e insulina foram analisados através do PROC EXPAND do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1985).

3.7 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.

Também foram realizadas análises de quantificação e qualificação de taninos nos ingredientes milho e sorgo, antes e após a extrusão, com base nos trabalhos de

Dawra et al. (1988), Inoue; Hagerman (1988), Makkar et al. (1988, 1993) e Porter et al. (1986):

3.8 Análise econômica

Aplicando-se os preceitos da Teoria Econômica ao contexto desta pesquisa, pode-se dizer que uma curva de indiferença é aquela que permite o mesmo desempenho ao animal (digestibilidade, respostas glicêmica e insulêmica), combinando quantidades dos dois suplementos (milho e sorgo), acrescidas à dieta do animal. Logo, trata-se de uma curva que permite ao animal o mesmo desempenho com combinações de quantidades de milho (x_1) e sorgo (x_2). Assim, após a substituição de um produto pelo outro, o equino estariam tão bem suprido quanto antes. Pode-se considerar então que $\Delta x_2/\Delta x_1$ é a taxa à qual o animal está disposto a substituir o sorgo pelo milho, mantendo o mesmo desempenho. Esta taxa é denominada Taxa Marginal de Substituição Técnica (TMST). Para insumos que são substitutos próximos, a combinação ótima é aquela em que a relação entre os produtos marginais dos insumos (TMST) é igual à relação entre seus preços. Para substitutos perfeitos, se utiliza exclusivamente o insumo que gerar o menor custo médio, ou qualquer combinação de insumos, se as relações entre produtividade e preços forem iguais (EATON; EATON, 1999).

No caso dos eqüinos, o produto não está associado ao aumento do peso, como na pecuária de corte, mas à resposta na manutenção dos animais em igual condição de

resposta glicêmica, insulêmica e digestão. Assim, não se define um valor de mercado para o produto, mas indicadores físicos do produto.

Foram considerados como indicadores do produto de nutrição: i) a digestibilidade; ii) a resposta glicêmica; e ii) a resposta insulêmica; relacionadas às dietas com milho e sorgo, administrados nas formas, triturada e extrusada. Sob a hipótese de que os insumos são substitutos perfeitos, a escolha ótima recairá sobre o tratamento que propiciar o menor custo por unidade de nutriente absorvido pelo animal.

Para a obtenção do custo total do arraçãoamento foi considerado o custo da matéria-prima, entregue na propriedade, o custo do processo de extrusão e ao custo do feno. Não foram considerados os custos fixos da equideocultura, assim como outros custos variáveis que não os do arraçãoamento, uma vez que tais custos são iguais em todos os tratamentos.

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 et al. (1995), que concluíram que 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 à categoria animal utilizada.

Quanto à aceitabilidade foi observado um consumo mais lento nos tratamentos que utilizavam tanto o sorgo triturado como o extrusado.

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

O resultado da análise de tanino presente nos grão de milho e sorgo antes e após o processamento é apresentado na tabela 8 e não diferem de outros trabalhos já realizados.

Tabela 8 – Resultado da análise de fenóis totais, taninos totais e taninos condensados nos ingredientes da fração concentrado, da dieta, antes e após o processamento extrusão.

AMOSTRA	MS *	Fenóis Totais **	Taninos Totais **	Taninos Cond. ***
Milho Grão	894,52	0,29	0,16	0,00
Sorgo Grão	908,09	0,43	0,35	0,00
Milho Extrusado Triturado	917,04	0,19	0,10	0,00
Sorgo Extrusado Triturado	932,03	0,25	0,18	0,00

* MS 100° expressa em g/kg de MS

** Valores expressos em 100% de MS, como equivalente de ácido tânico

*** Valores expressos em 100% de MS, como equivalentes de leucocianidina

4.1 Digestibilidade aparente total

O intestino grosso dos eqüinos corresponde, em volume, à aproximadamente 65% do trato gastrintestinal. O tempo de retenção do conteúdo intestinal, neste segmento, é mais prolongado, 50 a 60 horas, tempo suficiente para ação dos microorganismos 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). Quanto maior a porção do alimento degradado e absorvido antes do intestino grosso, maior é o rendimento da energia digestível (menor perda de energia através da formação de gás e calor pelos microorganismos) e tanto menor é o risco de processos fermentativos de componentes facilmente utilizados pelos microorganismos (MEYER, 1995).

A intensidade desses processos depende da quantidade dos constituintes que chegam e de sua permanência no intestino grosso. Na tabela 9 estão indicados os valores da digestibilidade aparente total obtidas nas dietas dos tratamentos MTRIT, MEXTR, STRIT e SEXTR.

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente total da MS, MO, foram maiores para os tratamentos com cereais extrusados (EXTR) em relação aos tratamentos com cereais triturados (TRIT) ($p < 0.05$). Da mesma forma foi observado um maior coeficiente de digestibilidade aparente da PB da dieta dos tratamentos EXTR em relação ao dos tratamentos TRIT ($p < 0.05$). Do mesmo modo, na avaliação do coeficiente de digestibilidade aparente total da FDN e FDA, os valores médios obtidos foram superiores para as dietas dos tratamentos EXTR em relação ao dos

tratamentos TRIT. Quanto aos coeficientes de digestibilidade aparente total do amido, é possível observar valores 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. Quanto ao efeito do processamento, Lewis (2000) concluiu que o aquecimento e a moagem suficientes para desintegrar o grão e sua estrutura granular amilácea aumentam a quantidade de amido digerido no intestino delgado.

Tabela 9 – Valores médios da digestibilidade aparente total (%) da MS, MO, PB, amido, FDA e FDN, para os tratamentos milho triturado (MTRIT), milho extrusado (MEXT), sorgo triturado (STRIT) e sorgo extrusado (SEXT).

	MS	MO	PB	Amido	FDA	FDN
MTRIT	61,98 ^b	63,17 ^b	64,77 ^b	99,53 ^a	46,97 ^b	54,19 ^b
MEXT	64,78 ^a	66,28 ^a	68,83 ^a	99,54 ^a	51,71 ^a	58,12 ^a
STRIT	62,45 ^b	62,22 ^b	65,32 ^b	99,39 ^a	48,44 ^b	56,45 ^b
SEXT	64,43 ^a	65,79 ^a	67,76 ^a	99,61 ^a	51,89 ^a	58,46 ^a
CV	4,23	4,91	4,03	0,15	8,40	5,70

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

Com objetivos semelhantes, Meyer e Landes (1994) comparando dietas com 4g e 2g de amido por Kg/P.V. observaram que o pH jejunal diminui substancialmente com o aumento do amido, do mesmo modo Kienzle (1994b) observou que, altos níveis de amido no intestino delgado diminuem a digestibilidade do amido, pois provoca 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 da FDA e FDN dos tratamentos MEXTR e SEXTR em relação ao MTRIT e STRIT indicando uma possível melhor digestibilidade do amido no intestino delgado e, possivelmente um melhor ambiente cecal para os microorganismos, levando então, a uma melhor digestibilidade da FDA e FDN. Esta melhor digestibilidade da fibra, e também melhor digestibilidade da proteína dos tratamentos EXTR, levaram também a uma maior digestibilidade da matéria orgânica do tratamento EXTR em relação ao tratamento TRIT, deixando evidente o efeito do processamento de extrusão.

4.2 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 (Tabela 10 e Figura 1), 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. Do mesmo modo, os níveis plasmáticos de glicose foram maiores nos eqüinos que se alimentaram de feno de aveia e concentrado quando comparado com os que se alimentaram de feno de alfafa. 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.

Tabela 10 – Valores médios de glicose plasmática (mg/dl) e CV (%), dos eqüinos alimentados com os tratamentos milho triturado (MTRIT), milho extrusado (MEXT), sorgo triturado (STRIT) e sorgo extrusado (SEXT) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150, 210, 270 e 330 minutos após a alimentação no período matutino.

	-30	30	90	150	210	270	330	Média
MTRIT	89,93 ^a	97,70 ^b	104,83 ^b	106,45 ^b	94,10 ^b	91,60 ^a	84,65 ^b	95,61 ^b
MEXT	91,93 ^a	118,53 ^a	133,60 ^a	136,65 ^a	126,73 ^a	99,55 ^a	107,95 ^a	116,42 ^a
STRIT	90,63 ^a	98,23 ^b	114,58 ^b	108,98 ^b	97,90 ^b	92,85 ^a	90,85 ^b	99,14 ^b
SEXT	89,30 ^a	112,68 ^a	154,03 ^a	174,68 ^a	154,58 ^a	83,25 ^a	77,25 ^b	120,82 ^a
CV	5,83	11,63	19,03	27,39	26,71	14,26	14,34	25,10

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

Figura 1 – Valores médios de glicose plasmática (mg/dl) e CV (%), dos eqüinos alimentados com os tratamentos milho triturado (MTRIT), milho extrusado (MEXTR), sorgo triturado (STRIT) e sorgo extrusado (SEXTR) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150, 210, 270 e 330 minutos após a alimentação no período matutino.

Momento do fornecimento da dieta.
Tempo de ingestão da fração concentrado da dieta.

Foi observado um aumento nos valores de glicose plasmática ($p < 0.05$), nas medidas realizadas após a ingestão das dietas e diferentemente de Gobesso (2001), foram observadas diferenças nos valores de glicose plasmática (Tabela 10, Figura 1) entre os diferentes tratamentos e horários de coleta ($p < 0.05$).

De acordo com a tabela 10, no tempo 30 minutos antes da ingestão do concentrado não houve diferença entre os tratamentos. A partir dos 30 minutos até 210 minutos após a ingestão, houve um nível mais alto de glicose plasmática nos tratamentos EXTR. Aos 270 minutos não houve diferença entre os tratamentos e aos 330 minutos os tratamentos MTRIT e MEXTR apresentaram valores maiores que o STRIT e SEXTR.

Vervuert et al. (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.

Analisando a média dos tratamentos, apesar do alto valor de coeficiente de variação, os tratamentos EXTR apresentaram valores superiores aos TRIT.

Segundo Healy, Siciliano e Laurence (1995), eqüinos alimentados com concentrado farelado apresentaram pico de glicose plasmática aos 150 minutos após a ingestão, enquanto os alimentados com concentrado peletizado, apresentaram este pico após 180 minutos, sugerindo que mais glicose foi absorvida da dieta peletizada, demonstrando o efeito do processamento.

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. Do mesmo modo, a avaliação dos resultados de absorção e teste de tolerância à glicose mostrou que, dependendo do tipo de alimento que os cavalos estão adaptados, seja volumoso ou concentrado, observa-se respostas plasmáticas diferentes.

Testando diferentes fontes de amido, Gobesso (2001) dosou glicose e insulina em eqüinos após a alimentação tendo um pico de glicose aos 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, diferente deste experimento que para os EXTR o pico foi aos 210 minutos e para os TRIT aos 90 minutos.

A curva de glicose para o tratamento MEXTR tem uma queda tão acentuada quanto o tratamento SEXTR com a diferença de 1 hora de atraso, porém no tempo 270 minutos voltou a subir o que pode corresponder a alguma quantidade de amido que ainda esteja disponível para o processo de digestão que esteja ocorrendo no intestino delgado.

Quando observamos a curva plasmática do tratamento SEXTR, verificamos que possivelmente, houve uma quantidade de amido rapidamente digerida e absorvida na forma de glicose que foi retirada rapidamente da corrente sanguínea pela insulina. Quando da avaliação das curvas plasmáticas de glicose (Gráfico 1), observou-se que o pico da curva glicêmica para os tratamentos MTRIT, MEXTR e

SEXTR ocorreu aos 150 minutos após a ingestão de concentrado. 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 e insulina, em cavalos, com pico de absorção de 2,5 a 3 horas após a alimentação. Depew et al. (1994), relatam um pico de glicose 60 minutos após a ingestão, próximo ao ocorrido ao tratamento TRIT que foi aos 90 minutos.

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

A curva da glicose plasmática dos tratamentos EXTR apresentou picos mais elevados devido ao tratamento extrusão disponibilizar mais amido para digestão pela quebra das ligações alfa 1-6 (gelatinização). Este amido digerido é absorvido na forma de glicose alcançando a corrente sanguínea de onde é retirada rapidamente pela insulina indo então para os tecidos. Diferente do que ocorreu nas dietas dos tratamentos EXTR, a insulina dos tratamentos TRIT retirou a glicose do sangue, mas não ocorreu uma queda brusca, por volta dos 150 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. 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 MEXTR no tempo de 270 minutos voltou a subir o que pode corresponder a alguma quantidade de amido que ainda esteja disponível para o processo de digestão que esteja ocorrendo no intestino delgado.

Do mesmo modo os valores de insulina plasmática aumentaram ($p<0.05$) após a ingestão das dietas e, também, foram observadas diferenças significativas ($p<0.05$) entre os tratamentos EXTR e TRIT para os valores médios de insulina plasmática (Tabela 11 e Figura 2). A partir dos tempos 90 minutos até 270 minutos, com inferioridade para os tratamentos TRIT em relação ao EXTR e, no tempo 330 minutos, onde os eqüinos alimentados com a dieta prevista no tratamento MEXTR apresentaram valores médios superiores aos demais tratamentos. Estes dados sugerem que existem diferenças individuais entre os animais que podem prejudicar a avaliação destes parâmetros plasmáticos, visto que o CV observado das médias por tratamento, aumentou progressivamente, em média de 5 para 30%, nas medidas repetidas com o tempo. Do mesmo modo, foi observada correlação entre os efeitos de tempo e tratamentos. ($p<0.05$). Quando da avaliação das curvas plasmáticas de glicose e insulina (Figuras 1 e 2), foi possível observar que os picos ocorreram, respectivamente aos 150 e 210 minutos para os tratamentos EXTR e aos 90 minutos para o tratamento STRIT e aos 150 e 90 minutos para o tratamento MTRIT. Com resultados semelhantes, Witham e Stull (1988) relatam que o pico de glicose plasmática foi obtido de 2 a 3 horas após a ingestão de alimento no período da manhã e da insulina de 3 a 4 horas após a alimentação. Segundo os autores os níveis de glicose e insulina aumentam imediatamente antes da ingestão, o que não ocorreu neste experimento.

O resultado desse experimento foi diferente do experimento de Vervuert et al 2004, onde não houve nenhum efeito significativo para os diferentes tratamentos dietéticos, o que pode estar relacionado com a resposta eqüina altamente individual da insulina plasmática.

Finalmente quando analisamos a média dos quatro tratamentos, independente do tempo, há uma superioridade dos tratamentos EXTR em relação aos tratamentos TRIT, o que também foi observado por Potter et al. (1992), 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 comparada com outros alimentos não submetidos a processamento.

Tabela 11 – Valores médios de insulina plasmática ($\mu\text{UI/ml}$) e CV (%), dos eqüinos alimentados com os tratamentos milho triturado (MTRIT), milho extrusado (MEXTR), sorgo triturado (STRIT) e sorgo extrusado (SEXTR) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150, 210, 270 e 330 minutos após a alimentação no período matutino

	-30	30	90	150	210	270	330	Média
MTRIT	2,23 ^a	6,65 ^a	16,88 ^b	13,53 ^b	8,75 ^b	5,15 ^b	4,05 ^c	8,18 ^b
MEXTR	2,13 ^a	11,83 ^a	54,43 ^a	63,85 ^a	67,83 ^a	36,08 ^a	25,20 ^a	37,33 ^a
STRIT	2,10 ^a	6,23 ^a	19,28 ^b	13,53 ^b	12,13 ^b	9,00 ^b	5,25 ^b	9,64 ^b
SEXTR	2,00 ^a	7,65 ^a	68,57 ^a	78,75 ^a	94,65 ^a	19,45 ^a	5,20 ^b	36,42 ^a
CV	8,45	50,12	68,57	86,64	102,15	81,89	106,69	128,96

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

Figura 3 – Valores de médios insulina plasmática ($\mu\text{UI/ml}$) e CV (%), dos eqüinos alimentados com os tratamentos milho triturado (MT), milho extrusado (ME), sorgo triturado (ST) e sorgo extrusado (SE) de amostras coletadas 30 (-30) minutos antes do fornecimento do alimento e 30, 90, 150, 210, 270 e 330 minutos após a alimentação no período matutino.

Momento do fornecimento da dieta.
Tempo de ingestão da fração concentrado da dieta (45 minutos).

Os valores mais altos da AAC, para glicose e insulina, foram observados nos tratamentos MEXTR e SEXTR (Tabela 12 e 13). Foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos que utilizaram os cereais extrusados em comparação aos cereais triturados, diferente dos resultados obtidos por VERVUERT et al. (2004), que alimentados 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.

Tabela 12 - Valores da área abaixo da curva (AAC) da reposta plasmática de glicose para os tratamentos MTRIT, STRIT, MEXTR e SEXTR (mg/dl x tempo).

TRATAMENTO	AAC	COEF. VARIAÇÃO	DESVIO
MTRIT	575,8712 ^b	3,9039	22,4816
MEXTR	717,6163 ^a	9,6948	69,5717
STRIT	602,3258 ^b	8,9789	54,0824
SEXTR	762,3818 ^a	6,2441	47,6038
MÉDIA	664,5487	13,9061	92,4126

Tabela 13 – Valores da área abaixo da curva (AAC) da resposta plasmática de insulina para os tratamentos MTRIT, STRIT, MEXTR E SEXTR ($\mu\text{UI/ml} \times \text{tempo}$)

TRATAMENTO	AAC	COEF. VARIAÇÃO	DESVIO
MTRIT	53,4230 ^b	36,9299	19,7291
MEXTR	244,3958 ^a	38,7874	94,7948
STRIT	62,5876 ^b	33,1899	20,7727
SEXTR	248,6717 ^a	38,1876	94,9620
MÉDIA	152,2696	75,6144	115,1376

4.3 Análise econômica

As informações dos custos totais dos quatro tratamentos são apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 14 – Custo das dietas utilizadas no experimento.

Tratamento	Unidades	Ração extrusada à base de milho	Ração extrusada à base de sorgo	Ração triturada à base de milho	Ração triturada à base de sorgo	Feno	Custo total*
MTRIT	R\$/kg			0,425		0,400	
	R\$/dia			2,125		2,000	4,125
MEXTR	R\$/kg	0,536				0,400	
	R\$/dia	2,680				2,000	4,680
STRIT	R\$/kg				0,376	0,400	
	R\$/dia				1,880	2,000	3,880
SEXTR	R\$/kg		0,488			0,400	
	R\$/dia		2,440			2,000	4,440

* Para uma dieta diária composta de 5 kg de ração mais 5 kg de feno (2% P.V em MS/dia).

Os preços do milho e do sorgo foram obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola (IEA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, e dizem respeito aos preços recebidos pelos produtores. Foi adicionado, sobre esses preços um custo referente ao transporte¹ até o criatório de destino. Nos tratamentos com os produtos extrusados foi adicionado, ainda, o custo da extrusão. Este custo foi levantado junto ao mercado no mês de abril de 2005 e está compreendido entre R\$ 190 e R\$ 270 por tonelada, independentemente do tipo de

¹ O custo de transporte, tanto para o milho quanto para o sorgo, foi estimado em 12% sobre o preço do milho, considerando uma distância média de 300 km de transporte. Este percentual foi obtido a partir dos dados de preços de frete do Informe SIFRECA n.85, ano 8, de maio de 2004. O SIFRECA é o Sistema de Informações de Carga, projeto elaborado pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (<http://log.esalq.usp.br>).

grão, no caso, milho ou sorgo. Para efeito de cálculo no contexto da pesquisa será utilizado o custo médio de R\$ 230 por tonelada (equivalente a R\$ 13,80 por saca de 60 kg).

De posse dessas informações, obtêm-se os preços relativos das distintas dietas, que são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 15 – Relação de custo dos tratamentos utilizados no experimento.

\$MEXTR / \$MTRIT	1,13	\$MTRIT / \$STRIT	1,06
\$SEXTR / \$STRIT	1,14	\$MEXTR / \$SEXTR	1,05

Em termos econômicos, os resultados da tabela 15 indicam que o processo de extrusão para o milho seria viável se os indicadores físicos apresentassem um desempenho, no mínimo, 13% superior ao desempenho do animal tratado apenas com o grão triturado. No caso do sorgo, o desempenho deveria ser 14% superior. Verificando os dados apresentados na tabela 9 e transcritos para a tabela 16, observa-se que, apesar das digestibilidade aparente total dos diversos nutrientes ter sido superior para o suplemento extrusado em relação ao triturado, o aumento proporcionado não atinge os limites mínimos necessários indicados pela análise econômica.

Tabela 16 - Incremento (%) sobre as digestibilidades aparentes totais médias, para os tratamentos (MEXTR/MTRIT e SEXTR/STRIT) após o processamento extrusão

	MS	MO	PB	Amido	FDA	FDN
Milho	1,05	1,05	1,06	1,04	1,10	1,07
Sorgo	1,03	1,06	1,04	1,00	1,07	1,04

Analisando-se esses ganhos nos índices físicos, os incrementos estão muito aquém dos aumentos de custos, devidos ao processo de extrusão. Todavia, comparando os tratamentos de ambos os grãos triturados, observa-se que não há diferença estatística significativa entre o milho e o sorgo quando se comparam os valores médios da digestibilidade aparente. Considerando-se, por outro lado, que o custo da dieta com milho foi 9% superior que o do sorgo, pode-se concluir que o uso deste último seria o mais recomendado.

Para o estudo econômico da resposta dos tratamentos em relação à concentração plasmática de glicose e insulina são utilizados os valores das áreas abaixo das respectivas curvas de resposta (Tabelas 12 e 13).

Em relação à resposta plasmática de glicose, os tratamentos com os grãos extrusados apresentaram valores estatisticamente superiores aos tratamentos com os grãos triturados. No caso do sorgo, a AAC referente ao tratamento extrusado sugere uma resposta glicêmica 26,6% superior a do produto triturado. No caso do milho, a resposta é 24,6% superior. Analisando esses valores, é possível observar

que esses ganhos são compensados pelo custo do processo da extrusão, diferente do comentado anteriormente para a análise da digestibilidade.

Na comparação entre o milho e o sorgo, não houve significância estatística, indicando que o sorgo seria economicamente mais viável devido ao seu custo inferior.

No que diz respeito à resposta plasmática de insulina, os resultados, seguiram mesma tendência, porém, a superioridade dos tratamentos extrusados foi mais significativa. O tratamento com milho extrusado apresentou uma AAC de resposta plasmática de insulina 4,57 vezes maior, ou 357,5% superior. Entre os tratamentos com sorgo, essa diferença foi 3,97 vezes maior, ou 297,3% superior. Do mesmo modo, para este indicador físico, a extrusão seria economicamente viável, dado que seus custos 39% e 42% superiores, para o milho e sorgo, respectivamente, seriam compensados pelo ganho de resposta.

5 CONCLUSÕES

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

Levando-se em conta os parâmetros de digestibilidade aparente total e resposta plasmática de glicose e insulina pós-ingestão, o milho pode ser substituído totalmente pelo sorgo em dietas para eqüinos.

O efeito do processamento de extrusão dos grãos de milho e sorgo, para serem utilizados em dietas para eqüinos pode trazer benefícios no que se refere a digestibilidade dos nutrientes, resposta glicêmica e insulinêmica.

Em termos econômicos, o elevado custo da extrusão não é compensado pelos ganhos de digestibilidade, mas é compensado pela resposta glicêmica e insulinêmica.

Devido ao custo de mercado mais baixo do sorgo, este acaba sendo a opção econômica ótima para a dieta de eqüinos, podendo, então, substituir totalmente o milho.

Deve-se atentar, porém, ao fato de que o sorgo não apresenta um mercado bem consolidado como o do milho, de modo que, antes da tomada de decisão para o seu uso, é necessário certificar-se de que o produto efetivamente poderá ser adquirido na quantidade exigida.

REFERÊNCIAS

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

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.

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

BAIRD, D. M.; ALLISON, J. R.; McCULLOUGH, M. E. Heat processed corn and grain sorghum for hogs. **Journal of Animal Science**, Albany, v.39, p. 178-179, 1974 (Abstract).

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

BRESSANI, R.; RIOS, B. J. The chemical and essential aminoacid composition of twenty five selections of grains sorghum. **Cereal Chemistry**, v. 35, p. 50-58, 1969.

BUTLER, L. G.; LEBRYK, D. G.; BLYTT, H. J. Interaction of proteins with sorghum tannin: mechanism, specificity and significance. **Journal of the American Oil Chemist Society**, v. 61, p. 916-920, 1984.

COPELIN, J. L.; TANKSLEY, T. D.; HESBRY, J. H. Nitrogen digestibility and energy values of corn and sorghum grains in G-F swine. **Journal of Animal Science** Albany, v.37, p. 277, 1973.

COPELIN, J. L.; TANKSLEY, T. D.; KNABE, D. A. Irrigated corn vs sorghums with different endosperm types and protein content for G-F swine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 39, p. 180, 1974.

DAIBER, K. H., Enzyme inhibition by polyphenols of sorghum grain and malt. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 26, p. 1339-1411, 1975.

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.

DAWRA, R. K.; MAKKAR, H. P. S.; SINGH, B. Protein-binding capacity of microquantities of tannins. **Analytical Biochemistry**, v. 170, p. 50-53. 1988.

DE CARVALHO, M. A. G. Digestibilidade aparente em eqüinos submetidos a três condutas de arraçãoamento. 1992, 34p., dissertação, Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, Minas Gerais, 1992.

DEPEW, C. L.; THOMPSON JR.; D. L.; FERNANDEZ, J. M.; STICKER, L. S.; BURLEIGH, D. W. Changes in concentration of hormones, metabolites, and aminoacidas in plasma of adult horses reative to overnight feed deprivation followed by a pellet-hay meal feet at noon. **Journal Animal Science**, v. 72, p. 1530-1539, 1994.

EATON, B. C.; EATON, D. F. Microeconomia. São Paulo, Livraria Saraiva, 1999.

EUCLYDES, M. P.; JUNQUEIRA, R. G.; MAFFIA, L. M.; KIBUUKA, G. K. Caracterização de farinhas de sorgo (sorghum bicolor) processadas em moinhos de milho e trigo- Qualidade protéica. **Ceres**, Viçosa, v.30, n.169, p.199-210, 1983.

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

FANCELLI, A. L. **Plantas Alimentícias.Piracicaba**, Departamento Editorial do Centro Acadêmico Luiz de Queiroz, p.93-122, 1986.

FIALHO E. T.; RUTZ, F. Utilização de sorgo em rações para suínos. **Suinocultura Industrial**, São Paulo, v.83, p.39-43, 1985.

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

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

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

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, p.697-705, 1999.

FRAPE, D. **Nutrition y alimentacion del caballo**, Zaragoza: Acribia, 1992. 403 p.

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**, p. 17-21, 1992, Supplement 11.

GAEBE, R. J.; SANSON, D. W.; RUSH, 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, In: **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 8, p. 2001-2007, aug. 1998.

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** , Wildomar, 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: 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, p. 658-665, 1984.

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

GRAY G. M. Starch Digestion and Absorption in Nonruminants, **Journal of Nutrition**, 122: (1), p. 172-177, jan. 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.

HAAGSMAN, H. P.; VAN GOLDE, L. M. G Regulation of hepatic triacylglycerol synthesis and secretion. **Veterinary Research Communication**, v. 8, 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**, Philadelphia, v. 92, n. 1, p. 79-85, 1996.

HAHN, D. H.; ROONEY, L. W.; EARP, C. F.; Tannins and phenols of sorghum. **Cereal Foods World**, v. 29, p. 776-779, 1984.

HAIKERWAL, M.; MATHIESON, A. R. The protein and amino acid composition of sorghum grain. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 48, p. 690-9, 1971.

HEALY, H. P.; SICILIANO, P. D.; LAWRENCE, L. M. Effect of concentrate form on blood and gastric fluid variables in ponies. **Equine Nutrition**, v. 15 n. 10, p. 423-428, 1995.

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**, Champaign, v. 33, p. 992-995, 1971b.

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

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

HINTZ, H.F. Nutrition del caballo. In: EVANS, J. W. **El Caballo**. Zaragoza: Acribia, 1979. Parte 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. 245-48, 1971a.

HODSON, H. H.; SNYDER, R.; KRODENING, G. H. Corn vs milo for the pig with varying levels of proteins and lysine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 37, p. 283, 1973.

HOLM, J.; LUNDQUIST, I.; BJÖRCK, I.; ELIASSON, A. C.; ASP, N. G. **American Journal of Clinical and Nutrition**, v. 47, p.1010, 1988.

HOWELL, J. W.; TRIBBLE, L. F.; LIWD, K. D.; GASKINS, C. T.; RAMSEY, C. B. A comparison of corn grain sorghum and wheat for growing finishing swine. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 33, p. 232, 1971 (Abstracts).

INOUE, K. H.; HAGERMAN, A. E. Determination of gallotannin with rhodanine. **Analytical Biochemistry**. v. 169, p. 363-369, 1988.

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

JENKINS, D. J. A.; WOLEVER, T. M. S.; TAYLOR, R. H.; BARKER, H.; FIELDEN, H.; BALDWIN, J. M.; BOWLING, A. C.; NEWMANN, H. C.; JENKINS, A. L.; GOFF, D. V. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, p. 362, 1981.

KAHN, B. B.; SIMPSON, I. A.; CUSHMAN, S. W. Divergent mechanisms for the insulin resistant and hiperresponsive glucose transport in adipose cells from fasted and refed rats. Alterations in both glucose transporter number and intrinsic activity, **Journal of Clinical Investigation**, v. 82, p. 691-699, 1988.

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

KIENZLE, E. Small intestinal digestion of starch in the horse. **Revue Médecine Vétérinaire**, v. 145 n.3, p.199-204, mar. 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**, Champaign, v. 47, n. 1, p. 209-15, 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, p. 2152, 1993.

LEWIS, L. D. **Nutrição Clínica de Equinos**: alimentação e cuidados. São Paulo: Roca. 2000, 710 p.

LÓPES, Z. J.; STUMPF, J. W. Influência do Grão de sorgo como fonte de amido em ovinos alimentados com feno: Parâmetros plasmáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1183-1190, 2000.

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.

MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, W. A.; DURÃES, F. O. M. **Tanino no grão de sorgo: bases fisiológicas e métodos de determinação**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. 1997. 26 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 27).

MAKKAR, H. P. S.; BLUMMEL M.; BOROWY, N. K.; BECKER, K. Gravimetric determination of tannins and their correlation with chemical and protein precipitation methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 61, p. 161-165, 1993.

MAKKAR, H. P. S.; DAWRA, R. K.; SINGH, B. Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 36, p. 523-525, 1988.

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.

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

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. 97 p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

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

MEYER, H.; LANDES, E.; Organische Säuren und pH-Wert im Jejunal-und Ilealchymus des Pferdes in Abhängigkeit von der Fütterung. **Pferdeheilkunde**, v. 10 n. 6, p. 381-392, 1994.

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** Gainesville, P. 92, 1993.

MEYER, H.; RADICKE, S.; KIENZLE, E.; WILKE S.; KLEFEKEN D.; ILLENSERR 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, aug. 1995.

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, p. 736-744, 1997.

NUTRIENTS REQUIREMENTS OF HORSE, 5^a ed. Washington: National Academy of Science, 1989, 100 p..

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, Mar. 1997.

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

PORTER, L. J.; HRSTICH, L. N.; CHAN, B. G. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. **Phytochemistry**, v. 25, p. 223-230, 1986.

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** p. 107-111, 1992 (1st European Conference on Horse Nutrition).

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** ... Calgary, 1991. p. 43.

RALSTON, S. L. **Veterinary Clinical of Equine**, 2002, p. 295.

RALSTON, S. L.; BAILE, C. A. Plasma glucose and insulin concentrations and feeding behavior in ponies. **Journal of Animal Science**, 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, Pirassununga, Universidade de São Paulo, 2003.

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

RIBAS, P. M.; ZAGO, C. P. Sorgo: uma opção para produção de forragem em cultivos de sucessão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS E SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8, 1986, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986.

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

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

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal Animal Science**, v. 63, p. 1607-1623, 1986.

ROSTAGNO, H. S. Uso do sorgo granífero na nutrição de aves e suínos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SORGO, 1, 1977, Brasília, **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1979. p. 49.

RUAS, D. G. G.; GARCIA, J. C.; TEIXEIRA, N. M. Origem e importância do sorgo para o Brasil. **Circular Técnica. EMBRAPA/ CNPMS**, Sete Lagoas, v.1, p.7-13, 1982.

SAINT JUST, C. A. Digestibilidade de nutrientes de rações contendo milho e sorgo em éguas gestantes. Piracicaba, ESALQ-USP, 1989. 56p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

SANTOS, J. B. O.; VIANA, S. P.; MONTEIRO, E. S.; CARVALHO, J. P. Emprego do sorgo na alimentação de suínos com verificação do seu valor biológico em comparação com o milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 19, 1982, PIRACICABA, **Anais...** Piracicaba, SBZ, 1982.

SAS: Statistical Analysis User's Guide, Helwig, J. T.; Council, K. A. (Eds.) SAS Institute, Inc., Raleigh, NC, 1985.

SELMI, B.; MARION, D.; PERRIER CORNET, J. M.; DOUZALS, J. P.; GERVAIS, P. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 2629, 2000.

SERRANO, J. M. R. El sorgo híbrida despierta interes em las Américas. La hacienda, **Kissimmée** , v. 66, n. 5, p.36-37, 1971.

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

STEPHEN, A. M.; SIEBER G. M.; GERSTER Y. A.; MORGAN, D. R. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, p. 851, 1995.

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, p. 3696-3704, 1995(b).

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.

TANKSLEY, T. D. Protein levels and lysine supplementation of sorghum grain-soybean meal rations dor growing-finishing swine. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 44, n. 44, p. 34-49, 1972.

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

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

TONKK, D. B. **Quality control in clinical laboratories.** Canada, Diagnostic Reagents Division, Searborough, 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 of Food Agricultural**, v. 31, p. 625-632, 1980.

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, 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.

WOLEVER, T.; JENKINS, D.; JENKINS, A.JOSSE, E. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, p. 846, 1991.

WOLEVER, T.; MEHLING C., **British Journal of Nutrition**, v. 87, p. 477, 2002.

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

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