

UFRRJ
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO

Digestão dos Carboidratos de Alimentos e Dietas em Equinos

Eliane da Silva Morgado

2007



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DIGESTÃO DOS CARBOIDRATOS DE ALIMENTOS E DIETAS EM
EQUINOS

ELIANE DA SILVA MORGADO

Sob a Orientação do Professor
Fernando Queiroz de Almeida

e Co-orientação do Professor
Augusto Vidal da Costa Gomes

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal.

Seropédica, RJ
Maio de 2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

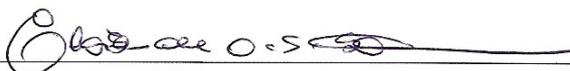
ELIANE DA SILVA MORGADO

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 31/05/2007



Fernando Queiroz de Almeida. Dr. UFRRJ
(Orientador)



Eloísa de Oliveira Simões Saliba. Dra. UFMG



José Augusto de Freitas Lima. Dr. UFLA

636.1
M847d
T

Morgado, Eliane da Silva, 1977-
Digestão dos carboidratos de alimentos
e dietas em Equinos / Eliane da Silva
Morgado - 2007.
51 f. : il.

Orientador: Fernando Queiroz de
Almeida.

Dissertação (mestrado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Zootecnia.

Bibliografia: f. 35-40.

1. Equino - Alimentação e rações -
Teses. 2. Fibras na nutrição animal -
Teses. 3. Dieta de alto teor fibroso -
Teses. 4. Forragem - Teses. 5.
Carboidratos - Teses. I. Almeida,
Fernando Queiroz de, 1959. II.
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Instituto de Zootecnia. III.
Título.

Bibliotecário: _____

Data: ___/___/___

AGRADECIMENTOS

À Deus, por não me deixar fraquejar, por estar sempre ao meu lado e ter me mostrado o verdadeiro sentido das coisas mais simples, colocando no meu caminho pessoas amigas e generosas.

Aos meus pais Aníbal e Maria pelo amor, carinho, ensinamentos e compreensão ao longo das minhas conquistas e pelo exemplo ímpar e dedicação na construção de meu caráter.

Às minhas irmãs Eletícia e Flávia pelo amor, carinho e apoio.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de realização do Curso de Graduação e de Mestrado em Zootecnia.

Aos Professores desta Universidade, que contribuíram para minha formação profissional.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante o curso de Mestrado.

Ao Prof. Dr. Fernando Queiroz de Almeida, pela orientação e confiança durante o Mestrado.

Ao Prof. Dr. Augusto Vidal da Costa Gomes, pela co-orientação e pela atenção dispensada na execução das análises laboratoriais.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia do Instituto de Zootecnia, Marcos e Evandro, pela paciência, ensinamento, ajuda e tolerância na realização das análises químicas.

Em especial, ao Prof. Mirton José Frota Morenz, pela atenção e grande ajuda, pelos incentivos e ensinamentos.

Ao querido Leandro Galzerano, pelo incentivo, carinho, companheirismo, apoio, ensinamentos e tolerância.

Aos amigos do Curso de Graduação e de Mestrado e aos companheiros do Alojamento da Pós-Graduação, Fernanda Nascimento de Godoi e Vinícius Pimentel Silva, pelos bons tempos de convivência e de aprendizado, em especial à Veridiana Basoni Silva, pela amizade e ajuda.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

MORGADO, Eliane da Silva, **Digestão dos carboidratos de alimentos e dietas em eqüinos**. 2007. 51p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

O trabalho foi realizado com objetivo de determinar as frações dos carboidratos não fibrosos, hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis em alimentos volumosos e dietas e, estimar a digestibilidade aparente destes nutrientes em ensaios de digestão com eqüinos. O estudo foi constituído por quatro ensaios de digestão em eqüinos alimentados com diferentes dietas. Os ensaios de digestão foram caracterizados em: Ensaio I – avaliação da digestibilidade *in situ* dos nutrientes dos alimentos volumosos, alfafa, amendoim forrageiro, *Desmodium ovalifolium*, *Stylosanthes guianensis*, feijão guandu, *Macroptyloma axillare* e capim-*coastcross*, pela técnica de sacos móveis. Ensaio II – avaliação da digestibilidade aparente de dietas exclusivas com feno de capim-*coastcross* com quatro diferentes formas físicas, feno inteiro, picado, moído a 5 mm e finamente moído a 3 mm. Ensaio III – avaliação da digestibilidade aparente de dietas com alimentos volumosos e com inclusão de concentrado. Ensaio IV – avaliação da digestibilidade aparente em eqüinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de óleo de soja, contendo 5, 13 e 21% de extrato etéreo na dieta. Nas amostras dos alimentos, das fezes e da digesta do cólon dos eqüinos fistulados no cólon ventral direito, utilizados nos ensaios I e II, foram efetuadas análises para a determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e carboidratos hidrolisáveis (CHO-H). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados pela fórmula $CNF = 100 - PB - MM - EE - FDN$. Os carboidratos hidrolisáveis foram determinados por análise direta e os carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) foram estimados pela diferença entre os carboidratos não fibrosos e os carboidratos hidrolisáveis. Os carboidratos totais foram estimados pela fórmula: $CHO-T = CHO-H + CHO-RF + FDN$. Os resultados demonstraram que os eqüinos digerem com alta eficiência os carboidratos não fibrosos dos alimentos. Nos alimentos volumosos avaliados o amendoim forrageiro apresentou maior digestibilidade dos nutrientes analisados demonstrando potencial na utilização em dietas para os eqüinos. O processamento do feno de capim-*coastcross* em diferentes graus de moagem não interfere na digestibilidade das frações dos carboidratos fibrosos e não fibrosos. A adição de concentrado às dietas aumentou a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos e suas frações, sem afetar a digestibilidade da fibra, enquanto em dietas com níveis de até 13% de extrato etéreo, a digestibilidade das frações dos carboidratos fibrosos e não fibrosos não foram afetadas, no entanto, em dietas com 21% de extrato etéreo, houve redução na digestibilidade da celulose e dos carboidratos não fibrosos e suas frações hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis.

Palavras-chave: Dietas. Fermentação. Fibra. Forragem.

ABSTRACT

MORGADO, Eliane da Silva, **Carbohydrates digestion of feeds and diets in horses**. 2007. 51p. Dissertation (Master Science in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

This work was carried out to evaluate the fractions of nonfiber carbohydrate, hydrolyzable carbohydrate and rapidly fermentable carbohydrate of forages and diets and evaluate the apparent digestibility of these nutrients in horses. The study was constituted by four digestion essays with horses fed different diets. Digestion essays were characterized by: Essay I - evaluation of apparent digestibility of nutrients of forages alfalfa, peanuts forage, *Stylosanthes*, *Desmodium* and *Macroptiloma* and *coastcross* hay with mobile bags; Essay II - evaluation of apparent digestibility of *coastcross* with four different forms: long hay, chopped hay, ground hay (5mm) and ground hay (3mm); Essay III - evaluation of apparent digestibility of diets with forages and with concentrate inclusion. Essay IV - evaluation of apparent digestibility in horses fed diets with different levels of soybean oil inclusion, containing 5, 13 and 21% ether extract in diet. Samples of feeds, feces and colon digesta of horses fistulated at ventral right colon the essays I and II, were analyzed determination of dry matter (DM), crude protein (CP), crude fat (CF), ash, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and hydrolyzable carbohydrate (CHO-H). Nonfiber carbohydrate (NFC) were calculated by $NFC = 100 - CP - ash - CF - NDF$. Hydrolyzable carbohydrates were analyzed directly and rapidly fermentable carbohydrates (CHO-RF) were calculated by difference between nonfiber carbohydrate and hydrolyzable carbohydrates. Total carbohydrates were calculated by: $CHO-T = CHO-H + CHO-RF + NDF$. Results demonstrated that horse has efficient digestion of nonfiber carbohydrate the feeds. Among analyzed forages and peanut forage, presented higher coefficients of digestibility analyzed nutrients demonstrating potential in the use in diets for horses. Processing *coastcross* hay in different grinding degrees doesn't interfere in digestibility of fibrous carbohydrate and nonfiber carbohydrate fractions. Inclusion of concentrate in the diet increased the digestibility of nonfiber carbohydrate, hydrolyzable carbohydrate, rapidly fermentable carbohydrate and total carbohydrate, without affecting the digestibility of the fiber, while in diets with levels of 13% of ether extract, the digestibility the fractions of nonfiber of fibrous carbohydrate were not affected, however, in diets with 21% of ether extract, there was reduction in the digestibility of cellulose, nonfiber carbohydrate, hydrolyzable carbohydrate and rapidly fermentable carbohydrate.

Key-words: Diets. Fermentation. Fiber. Forage.

LISTA DE TABELA

- Tabela 1.** Composição percentual dos ingredientes, expressos na matéria seca, das dietas simples e compostas. 14
- Tabela 2.** Composição percentual dos ingredientes e consumo diário dos nutrientes das dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja, com base na matéria seca. 15
- Tabela 3.** Composição químico-bromatológica expressa na base da matéria seca, dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) e carboidratos totais (CHO-T), alimentos volumosos avaliados. 18
- Tabela 4.** Valores médios dos coeficientes de digestibilidade in situ e seus respectivos erros padrão da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) dos alimentos volumosos. 19
- Tabela 5.** Valores médios e seus respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) e em eqüinos alimentados com feno de capim-coastcross sob diferentes formas físicas. 22
- Tabela 6.** Valores médios e seus respectivos erros padrão dos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) na base da matéria seca da digesta do cólon ventral direito dos eqüinos alimentados com feno de capim-coastcross em diferentes formas físicas. 24
- Tabela 7.** Composição químico-bromatológica da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) expressa na base da matéria seca, dos ingredientes utilizados nas dietas simples e compostas. 25

- Tabela 8.** Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T), expresso na base da matéria seca, nas dietas simples e compostas.26
- Tabela 9.** Valores médios e seus respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) das dietas simples e compostas.27
- Tabela 10.** Valores médios e seus respectivos erros padrão dos teores de matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) na base da matéria seca, da digesta do cólon ventral direito dos eqüinos alimentados com dietas simples e compostas.28
- Tabela 11.** Composição químico-bromatológica expressa na base da matéria seca, dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) e carboidratos totais (CHO-T) dos ingredientes utilizados nas dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.29
- Tabela 12.** Composição químico-bromatológica, expressa na base da matéria seca, dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) e carboidratos totais (CHO-T) das dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.....30
- Tabela 13.** Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente e seus respectivos erros padrão da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) das dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fracionamento dos carboidratos das plantas: CHO-H = carboidratos hidrolisáveis; CHO-RF = carboidratos rapidamente fermentáveis; CHO-LF = carboidratos lentamente fermentáveis; FSDN = fibra solúvel em detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos; CNE = carboidratos não estruturais; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; FB = fibra bruta (Adaptado de HALL, 2003; NRC, 2007)..... 11

LISTA DE ABREVIACÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CEL	celulose
CHO-H	carboidratos hidrolisáveis
CHO-RF	carboidratos rapidamente fermentáveis
CHO-T	carboidratos totais
CNF	carboidratos não fibrosos
Cu ²⁺	íon de cobre
Cu ₂ O	iodeto de cobre
CuI	iodeto de cobre I
CuI ₂	iodeto de cobre II
FDA	fibra em detergente ácido
FDN	fibra em detergente neutro
FSDN	fibra solúvel em detergente neutro
HEM	hemiceluloses
CEL	celulose
I ⁻	íon iodeto
I ₂	iodeto
kg	quilograma
ml	miligrama
mm	milímetro
MS	matéria seca
N	nitrogênio
NRC	National Research Council
°C	graus Celsius
PB	proteína bruta
PV	peso vivo
S ₂ O ₃ ²⁻	íon tiosulfato
S ₄ O ₆ ²⁻	íon tetracionato

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	02
2.1 O Trato Digestório dos Equinos	02
2.2 Alimentos Volumosos Utilizados nas Dietas dos Equinos.....	03
2.3 Uso de Óleos em Dietas para Equinos.....	04
2.4 Digestão dos Carboidratos pelos Equinos	04
2.4.1 Componentes da fibra e sua utilização pelos equinos	06
2.5 Análise da Fibra Dietética na Nutrição Animal.....	07
2.5.1 Análise da fibra bruta	8
2.5.2 Método de Van Soest para a determinação da qualidade das forrageiras	8
2.5.3 Análise das frações dos carboidratos não fibrosos	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Ensaio I – Digestibilidade de Alimentos Volumosos em Equinos.....	12
3.2 Ensaio II – Digestibilidade do Feno de Capim- <i>Coastcross</i> com Diferentes Formas Físicas em Equinos	13
3.1 Ensaio III - Digestibilidade de Dietas Simples e Composta em Equinos.....	14
3.4 Ensaio IV – Digestibilidade de Dietas Contendo Diferentes Níveis de Inclusão de Óleo de Soja.....	15
3.5 Coeficiente de Digestibilidade Aparente dos Nutrientes.....	16
3.6 Análises Laboratoriais	16
3.7 Análises Estatísticas	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Ensaio I – Digestibilidade de Alimentos Volumosos em Equinos.....	18
4.1.1 Análises químico-bromatológica dos alimentos volumosos.	18
4.1.2 Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos volumosos.....	19
4.2 Ensaio II – Digestibilidade do Feno de Capim- <i>Coastcross</i> com Diferentes Formas Físicas em Equinos	21
4.2.1 Análises químico-bromatológica do feno de capim- <i>coastcross</i>	21
4.2.2 Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes do feno de capim- <i>coastcross</i> em diferentes formas físicas	21
4.2.3 Análise do conteúdo do cólon dos equinos alimentados com feno de <i>coastcross</i> em diferentes formas físicas.	23
4.3 Ensaio III - Digestibilidade de Dietas Simples e Compostas em Equinos	24
4.3.1 Análises químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas simples e compostas.	24
4.3.2 Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas simples e compostas.	26
4.3.3 Análise do conteúdo do cólon dos equinos alimentados com dietas simples e compostas.	28
4.4 Ensaio IV – Digestibilidade de Dietas Contendo Diferentes Níveis de Inclusão de Óleo de Soja.....	29
4.4.1 Análises químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas contendo diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.	29

4.4.2 Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.....	31
4.5 Considerações Sobre a Digestão das Frações dos Carboidratos Não Fibrosos nos Equinos	32
5 CONCLUSÕES.....	34
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
7 ANEXOS	41

1 INTRODUÇÃO

Os eqüinos são animais herbívoros não ruminantes, que possuem estômago simples e intestino grosso altamente desenvolvido, com câmara de fermentação comparada ao rúmen de bovinos, que possibilita utilização dos carboidratos estruturais presente nos alimentos volumosos para obtenção de energia, sendo os carboidratos não estruturais as fontes primárias de energia. As pastagens de boa qualidade são capazes de atender as exigências nutricionais de eqüinos em manutenção, mas não suprirão as exigências energéticas de eqüinos de alto desempenho, sendo necessário o uso de suplementos, como grãos de cereais. Estes suplementos contêm grandes quantidades de açúcares e amido, fornecendo mais energia que as forragens. No entanto, a variação sazonal das pastagens deve ser considerada na determinação da contribuição nutricional do pasto na alimentação dos eqüinos. Em geral, as pastagens jovens, em estágio de crescimento, possuem maiores teores de energia, carboidratos não estruturais e proteína e, quando suplementada com concentrados, pode ocorrer sobrecarga de carboidratos não estruturais, aumentando os riscos de desordens digestivas, como cólicas.

O sistema de partição dos carboidratos em carboidratos fibrosos e carboidratos não fibrosos foi desenvolvido para uso em nutrição de ruminantes (NRC, 2007), e tem sido utilizado na avaliação de alimentos para eqüinos. No entanto, diferenças importantes entre as espécies devem ser observadas, no que diz respeito ao processo de digestão, em função da diferença na compartimentalização do trato digestório, o que se traduz em diferenças na digestibilidade dos alimentos (SMOLDERS et al., 1990). Com o objetivo de desenvolver um sistema mais adequado à fisiologia digestiva dos eqüinos, Hoffman et al. (2001) propôs um sistema de divisão dos carboidratos em três frações, fração dos carboidratos hidrolisáveis composta por açúcares e amido; fração dos carboidratos rapidamente fermentáveis como frutanas e substâncias pécicas; e fração dos carboidratos lentamente fermentáveis representada pela fibra em detergente neutro, mais especificamente, hemiceluloses e celulose.

Este trabalho teve por objetivo determinar as frações dos carboidratos não fibrosos, hidrolisáveis, rapidamente fermentáveis e lentamente fermentáveis em diferentes alimentos e dietas e estimar a digestibilidade aparente destes nutrientes em ensaios de digestão com eqüinos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Trato Digestório dos Equinos

O trato digestório dos equinos é dividido em boca, esôfago, estômago, intestino delgado e intestino grosso. Cada segmento desempenha funções específicas na digestão e absorção dos nutrientes, com destaque para os intestinos delgado e grosso nesse processo.

A apreensão dos alimentos nos equinos, efetua-se com o auxílio dos lábios, língua e dentes, sendo necessário para a mastigação uma dentição completa e sem anomalias. Devido à grande mobilidade dos lábios, os equinos podem selecionar os alimentos mais palatáveis. A duração da mastigação depende da natureza do alimento, ou seja, demoram cerca de 10 minutos para mastigar 1 kg de aveia ou ração peletizada, enquanto demoram 40 minutos para mastigar 1 kg de feno, produzindo diariamente de 10 a 50 litros de saliva, de acordo com a dieta (MEYER, 1995).

O estômago do cavalo adulto de porte médio é relativamente pequeno, correspondendo a aproximadamente, 8 a 10% do trato digestório, ajustado para uma recepção contínua de pequenas quantidades de alimento (CUNHA, 1991). A ingestão de alimentos pelos equinos ocorre em pequenas quantidades e a taxa de passagem no estômago é de 1 a 5 horas (MEYER, 1995). Segundo Weynberg et al. (2006), a passagem pelo estômago e intestino delgado é rápida, de 5 horas em média, considerando que o maior tempo de retenção é registrado no ceco e cólon, de 35 horas, em média.

Os processos digestivos no estômago ocorrem pela atividade simultânea de enzimas digestivas e microrganismos. No estômago ocorrem processos fermentativos, favorecidos pela existência de extensas áreas da mucosa desprovidas de glândulas gástricas, onde são formados ácidos graxos voláteis, sendo que o ácido acético representa mais de 90% do total, e as concentrações relativas dependem da natureza da dieta e dos microrganismos presentes (MEYER, 1995).

O intestino delgado do equino adulto, de porte médio, tem cerca de 20 metros de comprimento e é dividido em duodeno, jejuno e íleo, compreendendo a aproximadamente 30% do trato digestório (CUNHA, 1991). No intestino delgado ocorre principalmente a digestão enzimática pela ação das enzimas pancreáticas, proteases, amilase e lipases. Neste compartimento, observa-se também uma quantidade considerável de microrganismos anaeróbicos que aumenta à medida que se aproxima da sua porção final. O intestino delgado é o principal local de digestão e absorção de lipídeos, carboidratos solúveis e parte da proteína dos alimentos (MEYER, 1995). Os equinos não possuem vesícula biliar, mas a secreção da bile e do suco pancreático é contínua. O tempo de trânsito no intestino delgado é bastante rápido e a maior parte da digesta tem taxa perto de 30 cm/min (WEYNBERG et al., 2006).

O intestino grosso dos equinos é muito desenvolvido, e seu volume representa 60 % do volume total do trato digestório, dividido-se em ceco, cólon e reto, sendo o cólon subdividido em cólon ventral direito e esquerdo, cólon dorsal direito e esquerdo, e cólon distal (MEYER, 1995). Neste compartimento ocorre a maior parte da fermentação microbiana e tem função semelhante ao rúmen (TISSERAND, 1988). Este compartimento é o local primário de digestão dos carboidratos estruturais, que são digeridos por enzimas produzidas pelos microrganismos ali presentes, e absorvidos na forma de ácidos graxos voláteis, principalmente acetato, propionato e butirato (HINTZ et al., 1971).

A forma anatômica e a motilidade do ceco e do cólon dos equinos favorece o maior tempo de retenção do alimento, em relação aos outros compartimentos do trato gastrointestinal, o que possibilita a ação dos microrganismos na digestão dos constituintes da parede celular das forragens. Assim, a utilização dos nutrientes da parede celular das forragens, pelos

microrganismos do ceco e cólon, depende do tempo de permanência da digesta nestes compartimentos. No entanto, o tempo de permanência do alimento nos diversos segmentos do trato digestório do cavalo depende de vários fatores, tais como: a individualidade, o tipo de atividade física e a natureza da dieta (MEYER, 1995). Durante a passagem da digesta pelo trato gastrointestinal, ocorre a possibilidade de mistura das secreções, da hidrólise pelas enzimas digestivas, da absorção de produtos resultantes, da fermentação bacteriana e da absorção dos produtos da fermentação (WEYENBERG et al., 2006).

Segundo Drogoul et al. (2000) existem dois fenômenos de retenção seletiva no intestino grosso de eqüinos, um ocorre no ceco e cólon ventral com retenção de partículas grosseiras ocasionadas pelas contrações retropulsivas originárias na área da flexura pélvica do cólon maior (SELLERS et al., 1982), e na junção do cólon ventral e dorsal (ARGENZIO et al., 1974) sendo esta a maior barreira para o fluxo de partículas grandes, maiores que 1cm (DROGOUL et al., 2000). O outro fenômeno está relacionado a algum mecanismo na transição do cólon dorsal e distal, que, preferencialmente, retém líquido e partículas pequenas, menor que 2mm, comparada com partículas maiores (SPERBER et al., 1992 citados por DROGOUL et al., 2000). Este mecanismo ocorre porque as contrações musculares da parede do cólon distal impulsionam o líquido em movimento retroprogressivo em direção ao cólon dorsal direito (BJÖRNHAG, 1987), resultando em retenção seletiva, não de partículas grosseiras como no grande cólon ventral, mas de líquido e partículas finas (HUME; SAKAGUSHI, 1991).

2.2 Alimentos Volumosos Utilizados nas Dietas dos Eqüinos

Os alimentos volumosos mais utilizados na alimentação eqüina no mundo são as pastagens e os fenos. No Brasil, utilizam-se, em maior proporção, pastagens de várias gramíneas, e fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e de alfafa (*Medicago sativa*). O consumo de volumoso é essencial para os eqüinos, pois a fibra promove o funcionamento normal do trato digestório e previne distúrbios comportamentais que ocorrem em função da redução dos níveis de fibra (PAGAN, 2001a).

A alfafa (*Medicago sativa*) é tradicionalmente utilizada na alimentação de eqüinos, geralmente fornecida na forma de feno, apresentando altos teores de proteína e de minerais (PAGAN 2001a). Segundo Cunha (1991), a alfafa pode ser utilizada de forma eficiente em 40% da dieta para eqüinos em manutenção, podendo ser utilizada como único alimento volumoso sob a forma de ração completa peletizada.

As leguminosas possuem, em média, 10% de hemiceluloses, enquanto que as gramíneas podem atingir valores superiores a 30%. A fibra presente nas leguminosas tende a ser menos digestível do que nas gramíneas, principalmente porque as leguminosas possuem maior conteúdo de lignina por unidade total de fibra. Isto significa que o conteúdo de fibra digestível das gramíneas é maior do que nas leguminosas, no mesmo estágio de desenvolvimento vegetativo (PAGAN, 2001a).

A eficiência da utilização da fibra dietética pelos herbívoros está correlacionada a três fatores principais: a composição da dieta, especialmente a fração correspondente aos carboidratos estruturais e não estruturais; a taxa de fermentação; e a taxa de passagem no trato digestório, especialmente nos compartimentos com atividade fermentativa, que está intimamente relacionada ao consumo e a composição da dieta (DROGOUL et al., 2000).

Fonnesbeck (1968) avaliou vários alimentos volumosos na alimentação de eqüinos e verificou que as gramíneas apresentam substancialmente maior quantidade de constituintes da parede celular que as leguminosas, com composição muito variada, sendo a concentração de hemiceluloses uma das maiores diferenças entre gramíneas e leguminosas. Observaram que,

de uma forma geral, as leguminosas contém maior quantidade de lignina, menor quantidade de hemiceluloses e quantidade de celulose similar as das gramíneas.

Almeida et al. (1999) avaliaram o valor nutritivo de volumosos para eqüinos adultos e verificaram que dietas exclusivas de feno de capim-*coastcross* (*Cynodon dactylon*) mostraram-se equilibradas em energia e proteína digestíveis, enquanto, o feno de alfafa, apresentou-se adequado sob o ponto de vista energético, porém excedeu as exigências protéicas dos eqüinos adultos em manutenção.

Moretini et al. (2004), estudando as características do sistema de alimentação de eqüinos no Brasil, propuseram a utilização de alimentos não convencionais, avaliando a digestibilidade de alimentos volumosos como os fenos de rama de mandioca, de rama de cenoura e de tifton-85, observando que os alimentos estudados possuem valores nutricionais similares aos tradicionais, podendo contribuir para uma formulação adequada de dietas para eqüinos.

2.3 Uso de Óleos em Dietas para Eqüinos

Segundo Cunha (1991), quanto maior a atividade física do eqüino, maior será a sua demanda energética, desta forma o percentual de volumoso será menor em relação ao concentrado. Eqüinos de alta categoria possuem alta exigência energética, e para supri-la utilizando apenas carboidratos exigiria grandes quantidades desses nutrientes que, se oferecidos em excesso, poderiam trazer conseqüências indesejáveis como laminite e cólica. Segundo Meyer (1995) um aporte excessivo de substratos de fácil fermentação (amidos, açúcares, proteínas) na dieta dos eqüinos pode levar a alterações da flora no intestino grosso, culminando com o aumento de produção de ácidos, principalmente láctico, ou formação de gases, associado à digestão irregular do alimento.

O uso de óleo na dieta de eqüinos é uma boa alternativa quando se pretende aumentar a densidade energética da ração, sem o correspondente aumento no nível de ingestão de matéria seca, permitindo diminuir o percentual de concentrado na dieta ou reduzir a quantidade total de alimento ingerido mantendo o cavalo em equilíbrio energético positivo, que é extremamente importante em cavalos de alto desempenho que não podem ingerir grande quantidade de uma dieta tradicional para satisfazer as suas necessidades energéticas (Hiney & Potter, 1996).

A adição de óleo à dieta pode também favorecer o desempenho de cavalos exercitados em regiões de clima quente, por diminuir o incremento calórico, visto que, aproximadamente 3% a mais de calor é produzido durante a formação de ATP via oxidação da glicose, quando comparado à oxidação dos ácidos graxos, reduzindo assim o estresse térmico (Konh et al., 1996).

Segundo Hughes et al. (1995) a adição de lipídeos em níveis acima de 20% nas dietas não tem apresentado efeito negativo sobre o consumo ou a digestibilidade de matéria seca e energia em cavalos. Konh et al. (1996) recomendam 250 a 500 g de óleo vegetal/dia/cavalo, entretanto, Hintz (1997), afirma que um cavalo deve consumir diariamente, no mínimo, 500 g de lipídeos para apresentar os efeitos metabólicos desejados, observando-se que esta quantidade deve ser aumentada gradualmente até 1.000 g para máximo efeito.

2.4 Digestão dos Carboidratos pelos Eqüinos

Os carboidratos são extremamente importantes na dieta dos eqüinos e correspondem a aproximadamente 75% de todo o conteúdo da planta. Os monossacarídeos são as únicas formas de carboidratos que podem ser absorvidos pelo intestino delgado e os carboidratos mais complexos devem ser metabolizados em açúcares simples antes serem absorvidos e

utilizados pelo animal. Os eqüinos digerem mais de 95% dos carboidratos não estruturais e, aproximadamente, 40 a 50% da parede celular (PAGAN, 2001b).

Nos eqüinos, o processo de digestão ocorre em duas etapas: uma enzimática, no intestino delgado, denominada pré-cecal, e uma microbiana, no intestino grosso, denominada pós-ileal. Na etapa enzimática, os carboidratos são expostos a enzimas pancreáticas e intestinais que digerem as proteínas, lipídeos, e carboidratos não estruturais como amido, maltose e sacarose que serão hidrolisados e absorvidos como monossacarídeos. Na etapa microbiana, que ocorre no intestino grosso, ocorre principalmente a digestão da fração fibrosa.

Segundo Meyer (1995), os açúcares e o amido são digeridos e absorvidos no intestino delgado dos eqüinos. No entanto, os que escapam à digestão pré-cecal serão fermentados anaerobicamente no ceco-colon juntamente com os carboidratos estruturais, produzindo ácidos graxos voláteis (AGV), acético, propiônico, butírico, isovalérico e valérico, que são absorvidos e metabolizados no fígado e tecidos periféricos para a produção de energia.

O conteúdo de carboidratos nas dietas é, geralmente, avaliado em função das características anatômicas dos vegetais, com ênfase na parede celular vegetal e no seu conteúdo celular, isto é, a fibra em detergente neutro e carboidratos não estruturais, respectivamente (VAN SOEST, 1994). Segundo Kronfeld (2001) este tipo de avaliação adequa-se melhor à fisiologia digestiva dos ruminantes do que a dos eqüinos, pois para animais com fermentação no intestino grosso os carboidratos não estruturais deveriam ser divididos em dois grupos: grupo dos carboidratos hidrolisáveis que incluem os monossacarídeos, dissacarídeos e amido que irão ser hidrolisados a açúcar simples no intestino delgado, e grupo dos carboidratos fermentáveis que incluem hemiceluloses, celulose, ligninocelulose, amidos resistentes à hidrólise enzimática, oligossacarídeos, inclusive as frutanas (fruto-oligossacarídeos), galactanas, β -glucanas, e substâncias pécicas, que irão ser fermentados no intestino grosso, produzindo ácidos acético, propiônico e butírico. Os carboidratos fermentáveis deveriam ainda ser divididos em fibras lentamente fermentáveis (celulose, hemiceluloses, ligninocelulose), que irão produzir principalmente ácido acético; e fibras rapidamente fermentáveis (frutanas), que tendem a dar origem a lactato ao invés de acetato, aumentando os riscos de desordens digestivas (KRONFELD, 2001).

As frações dos carboidratos hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis são fermentadas no rúmen enquanto que nos eqüinos os carboidratos hidrolisáveis são digeridos principalmente no intestino delgado, podendo ser fermentado no intestino grosso quando ingerido em excesso (HOFFMAN et al., 2001). Segundo Kronfeld (2001) os processos digestivos e metabólicos nos eqüinos são muito mais eficientes para carboidratos hidrolisáveis que para carboidratos fermentáveis.

Quando os carboidratos não estruturais são consumidos em grandes quantidades, escapam à hidrólise no intestino delgado e passam para o intestino grosso onde irão fermentar rapidamente, produzindo excesso de gases e ácido láctico. A alta concentração de ácido láctico retém água e reduz o pH luminal para valores inferiores a seis, aumentando o risco de desordens digestivas, como diarréia osmótica, e cólicas associadas à distensão intestinal por gases e fluidos (COHEN et al., 1999).

O fornecimento de grandes quantidades de amido nas dietas dos eqüinos compromete sua digestão no intestino delgado, aumentando a quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis no ceco-cólon, que pode resultar em complicações metabólicas como endotoxemias, cólicas e laminites. A capacidade crítica para a sobrecarga da digestão dos carboidratos hidrolisáveis é de, aproximadamente, 0,4% do peso vivo dos eqüinos (POTTER et al., 1992).

Segundo Udén e Van Soest (1982), o tempo de retenção da digesta no trato gastrintestinal de eqüinos é significativamente menor, quando comparado aos ruminantes, o

que pode contribuir para a menor digestibilidade da fração fibrosa nos eqüinos. Van Soest (1994) relatou que, em razão da digestão de carboidratos solúveis e proteína ocorrerem antes do intestino grosso e, dependendo da forma e da quantidade da dieta fornecida, pouco substrato, além do material fibroso, chega o ceco dos eqüinos, podendo prejudicar a população de microrganismos, diminuindo o aproveitamento dos carboidratos estruturais, haja vista que os microrganismos precisam de carboidratos, proteínas e minerais para metabolizarem os carboidratos estruturais.

Segundo Hoffman et al. (1999), os carboidratos que são hidrolisados e rapidamente fermentáveis, são abundantes em gramíneas jovens e em alimentos concentrados, e a ingestão excessiva de carboidratos hidrolisáveis pode ocorrer quando a pastagem em crescimento é suplementada com concentrados. A variação sazonal dos carboidratos hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis em pastagens pode ter influência na eficiência metabólica e no risco de certas desordens metabólicas e digestivas nos eqüinos, pois a microbiota do intestino grosso destes animais é muito sensível às mudanças na quantidade e na qualidade dos carboidratos rapidamente fermentáveis. O consumo de gramíneas ricas em frutanas, que é um carboidrato rapidamente fermentável, pode causar mudanças semelhantes às que ocorrem quando o amido escapa à digestão no intestino delgado e é fermentado no intestino grosso, uma vez que os níveis de frutanas nas gramíneas são muito variáveis, com alterações diárias em pastagens em fase de crescimento (HOFFMAN et al., 2001), dificultando a predição da quantidade de frutanas ingeridas pelos eqüinos manejados sob pastejo (CUDDEFORD, 2001).

2.4.1 Componentes da fibra e sua utilização pelos eqüinos

Nos animais não-ruminantes, a estratégia de utilização digestiva dos componentes da parede celular vegetal varia consideravelmente, de acordo com as particularidades morfofisiológicas do trato digestório de cada espécie animal, com destaque para os eqüinos, por apresentarem a maior capacidade de digestão da fração fibrosa (SLADE; HINTZ, 1969).

Mertens (1992) definiu nutricionalmente a fibra como uma fração do alimento indigerível ou lentamente digerível, que ocupa espaço no trato gastrointestinal. Segundo Pagan (2001a), o conteúdo adequado de fibra na dieta para eqüinos promove o funcionamento digestivo normal prevenindo vícios de comportamento como a aerofagia.

Segundo Teixeira e Andrade (2001), a natureza e concentração dos carboidratos estruturais da parede celular são os principais determinantes da qualidade dos alimentos volumosos, especialmente em forragens. A parede celular pode constituir de 30 a 80% da matéria seca das plantas forrageiras, onde se concentram carboidratos como celulose, hemiceluloses e pectina. Para Pagan (2001a) o valor nutritivo de forragens é determinado pelo conteúdo de fibra que está relacionado à quantidade de parede celular na planta e à qualidade da fibra em função do grau de lignificação. Segundo Van Soest e Robertson (1985), a lignificação é o fator limitante da digestão, uma vez que todos os herbívoros são limitados na sua capacidade digestiva pelo finito tempo de retenção. A composição da lignina dos alimentos também possui influência na digestibilidade da parede celular, inibindo a digestibilidade dos carboidratos estruturais como a celulose e hemicelulose (SALIBA, 1999a e SALIBA, 1999b). Estes fatores são importantes, pois o teor de lignina pode ser considerado um dos principais fatores envolvidos na redução da digestibilidade das forragens.

As forrageiras de clima tropical, em relação às espécies de clima temperado, são caracterizadas por apresentarem baixos teores de carboidratos solúveis e elevada proporção de parede celular, conseqüentemente, de carboidratos estruturais. O elevado conteúdo de parede celular das gramíneas tropicais está associado a aspectos de natureza anatômica das espécies em razão da alta proporção de tecido vascular característico das plantas C₄ (VAN SOEST, 1994). Os níveis de carboidratos estruturais são bem mais elevados em gramíneas do que em

leguminosas onde o caule apresenta os maiores teores. Com o avanço da maturidade, ocorrem mudanças na composição química das plantas e, conseqüentemente, no valor nutritivo, diminuindo a relação conteúdo celular:parede celular em comparação com as plantas jovens, que possuem maior relação de folha:caule e baixo teor de fibra e lignina (NRC, 2007).

Segundo Paciullo (2002), quimicamente a parede celular é uma matriz complexa composta por proteínas, complexos fenólicos, água, minerais e de polissacarídeos como celulose, hemiceluloses e pectina. A celulose é a molécula mais abundante da natureza, sendo o componente mais importante da parede celular das plantas, correspondendo de 20 a 30% das paredes primárias e de 40 a 90 % das paredes secundárias (EZEQUIEL; GALATI, 2005). A estrutura da celulose é composta de cadeias lineares de D-glicose unidas por ligações β -1,4 com alto grau de polimerização e elevado peso molecular encontradas, principalmente, em sua forma cristalina, que confere a alta resistência ao rompimento de suas ligações por substâncias químicas (GIGER-REVERDIN, 1995).

Segundo Van Soest (1994), as hemiceluloses compreendem uma coleção heterogênea de polissacarídeos amorfos com grau de polimerização muito inferior ao da celulose. A composição das hemiceluloses varia entre espécies vegetais e representam, em média, 10 a 25% da matéria seca das forragens e de muitos subprodutos industriais como farelos, polpa cítrica e de beterraba e, entre 2 a 12% nos grãos de cereais e raízes (GIGER-REVERDIN, 1995).

Segundo Ferreira (1994), os não ruminantes digerem relativamente melhor as hemiceluloses que a celulose, e uma possível explicação da maior eficiência de digestão das hemiceluloses baseiam-se na hipótese de que as ligações arabinofuranosídicas se mostram sensíveis à acidez gástrica, o que possivelmente expõe as xilanas à digestão intestinal.

As pectinas pertencem ao grupo de polissacarídeos não-amiláceos com elevados teores de ácido galacturônico, ramnose, arabinose e galactose, e estão presentes caracteristicamente na lamela média e na parede primária da célula vegetal. As leguminosas contêm mais substâncias pécnicas, de 7 a 14%, que as gramíneas, de 2 a 5% (EZEQUIEL; GALATI, 2005).

A degradabilidade das pectinas pelas bactérias intestinais de não ruminantes é quase que completa. As substâncias pécnicas entre os polissacarídeos da parede celular vegetal são as que possuem maior importância no processo de retenção de água (EASTWOOD, 1992). Segundo Ferreira (1994), a propriedade higroscópica das fibras vegetais constitui um dos aspectos relevantes para se explicar o volume e peso das fezes, assim como seu grau de viscosidade e sua relação com o trânsito da digesta.

Hintz et al. (1971) salientaram que os cavalos digerem fibras com 60 a 70% da eficiência da digestão dos ruminantes. Segundo Úden e Van Soest (1982), a menor digestão ocorre pelo fato dos eqüinos apresentarem a taxa de passagem da digesta mais rápida, reduzindo, desta forma, a exposição do alimento à ação microbiana no intestino grosso.

Segundo Drogoul et al. (2001), a eficiência de utilização da fibra dietética pelos eqüinos está correlacionada com três principais fatores: a composição da dieta, especialmente a fração dos carboidratos, estruturais e não estruturais; a atividade fibrolítica do ecossistema microbiano; e a taxa de passagem de digesta pelo trato digestório, especialmente no compartimento fermentativo, sendo que o aumento da digestibilidade da fibra geralmente está associado ao aumento do tempo de retenção da digesta.

2.5 Análise da Fibra Dietética na Nutrição Animal

A importância do conhecimento do valor nutritivo dos alimentos, assim como da utilização dos nutrientes na obtenção do máximo potencial produtivo e reprodutivo do animal é inquestionável.

A análise químico-bromatológica dos ingredientes é, sem dúvida, o primeiro passo para a avaliação das dietas. Existem vários métodos para a determinação da fibra e da qualidade dos alimentos, destacando entre eles a análise da fibra bruta, a análise da fibra pelo sistema de detergente proposto por Van Soest e a análise dos carboidratos não fibrosos.

2.5.1 Análise da fibra bruta

O método gravimétrico analítico mais antigo para a determinação das frações que compõem a parede celular é o da fibra bruta padronizado por Henneberg e Stohmann, em 1864, e nomeado com o nome do local onde trabalhavam que era a Estação Experimental de Weende (GIGER-REVERDIN, 1995). O resíduo obtido após a digestão ácido-básica corresponde à fração indigestível do alimento, composta pela celulose, e por porções variáveis de polissacarídeos não-celulósicos e lignina, parcialmente solubilizados durante a análise (EZEQUIEL; GALATI, 2005).

O método laboratorial para isolar a fibra bruta baseia-se no uso de ácidos e bases fortes com a finalidade de medir os componentes químicos da parede celular das plantas, não medindo de forma exata as hemiceluloses, lignina e celulose presentes na parede celular das plantas, pois a extração ácida remove o amido, açúcares, parte da pectina e hemiceluloses, enquanto a base forte remove proteínas, pectinas, hemiceluloses remanescente e parte da lignina. Portanto, o valor obtido para o teor de fibra bruta não reflete na quantidade verdadeira da fração fibrosa do alimento. A lignina solubilizada, em proporções variáveis, torna-se parte do extrato não nitrogenado, o qual deveria ser o componente mais digerível do alimento. Em função da inclusão das hemiceluloses e lignina nas frações do extrato não nitrogenado, a digestibilidade desta fração, principalmente nos alimentos volumosos, que supostamente contém os carboidratos facilmente digeridos, é menor que a digestibilidade da fibra bruta, que contém os constituintes da parede celular, não representando assim, uma boa estimativa das frações dos carboidratos solúveis e digestíveis (MERTENS, 2003).

2.5.2 Método de Van Soest para a determinação da qualidade das forrageiras

O método de determinação da qualidade das forrageiras proposto por Van Soest, baseia-se na separação das frações constituintes dos tecidos vegetais por meio de reagentes específicos, denominados detergentes. Por meio do detergente neutro é possível separar o conteúdo celular, constituído principalmente por proteínas, lipídios, carboidratos solúveis, compostos não nitrogenados, minerais e outros constituintes solúveis em água dos constituintes da parede celular da planta composto basicamente por celulose, hemiceluloses e lignina. Através de detergente ácido é possível solubilizar o conteúdo celular, a hemiceluloses e os minerais solúveis.

A determinação da fibra em detergente neutro (FDN) baseia-se no método de determinação da qualidade das forrageiras proposto por Van Soest e Wine (1967) pela separação das diversas frações constituintes das forrageiras. Desde então, várias modificações na metodologia foram realizadas ao longo do tempo, devendo-se, portanto, tomar o cuidado ao se fazer comparação de valores.

O método original de FDN usa sulfito de sódio para remover proteínas contaminantes da FDN partindo ligações disulfídicas e dissolvendo muitas ligações de proteína. Atualmente, o uso de sulfito foi removido do procedimento devido a possíveis perdas da lignina e compostos fenólicos, no entanto, torna-se crucial para remoção de contaminações com nitrogênio em alimentos tratados com calor (VAN SOEST, 1991).

A fração FDN recupera os principais constituintes da parede celular, a celulose, hemiceluloses e lignina, com alguma contaminação por proteína, minerais e amido, podendo a

contaminação com minerais variar de 0 a 4% na composição da FDN (WEISS, 1993). No entanto, a FDN é a melhor forma de estimar os principais componentes estruturais da parede celular, com exceção das substâncias pécnicas, sendo o maior inconveniente do método a solubilização das pectinas e β -glucanas, que são substâncias frequentemente presentes na parede celular vegetal (FERREIRA, 2004). Segundo Mertens (1992), a contaminação com proteína parece contrabalançar a perda da pectina imediatamente solúvel fazendo a FDN uma estimativa aceitável da parede celular.

O método original, no entanto, não remove adequadamente o amido em alguns alimentos como grãos e silagem de grãos, superestimando, desta forma, os valores da FDN. Desta forma foi desenvolvida uma modificação da técnica, incluindo o uso da α -amilase estável ao calor no procedimento e/ou uréia para remover o amido em amostras que contenham quantidades consideráveis de amido, reduzindo substancialmente essa contaminação e facilitando a filtração (VAN SOEST et al., 1991).

A determinação da fibra em detergente ácido (FDA) ou da lignocelulose foi desenvolvida para evitar a solubilização da lignina que ocorre no método da fibra bruta. Van Soest (1963) desenvolveu o método que não utiliza álcali para isolar a fibra, propondo um detergente ácido específico, a fim de solubilizar o conteúdo celular e as hemiceluloses, obtendo um conteúdo insolúvel em detergente ácido, denominado fibra em detergente ácido. Este método também pode ser usado como um passo preparatório para a determinação da lignina, celulose, nitrogênio insolúvel em detergente ácido, cinza insolúvel em detergente ácido e sílica (VAN SOEST et al., 1991).

A FDA isola, principalmente, a celulose e a lignina com contaminação de pectina, cinzas e compostos nitrogenados, principalmente os produzidos pela reação de Maillard, sendo estes resíduos a porção menos digerível pelos microrganismos presentes no trato digestório de alguns animais. Este método utiliza ácido sulfúrico a 1N para solubilizar açúcares, amido, hemiceluloses e o detergente para remover a proteína (MERTENS, 1992).

Segundo Mertens (2003), a extração ácida é usada para remover componentes não fibrosos minimizando as perdas de lignina, no entanto, não satisfaz a definição nutricional de fibra dietética porque as hemiceluloses solúveis em detergente ácido são removidas e a pectina que é um carboidrato rapidamente fermentável não é removido. Segundo este mesmo autor, a precipitação da pectina em ácido forte pode ser a razão pela qual, alguns alimentos que contêm alta quantidade de pectina apresentam resultados da FDA mais altos que a FDN.

Conhecendo-se a porcentagem da FDN e da FDA do material analisado, é possível calcular a fração de hemiceluloses, pela diferença entre estas frações.

Segundo Van Soest et al. (1991) a análise seqüencial estima a hemiceluloses e a celulose de uma forma mais exata que a análise não seqüencial da FDN e FDA, pois a FDN solubiliza a pectina e a FDA não, portanto, o teor de hemiceluloses estimado pela subtração da FDN e FDA seqüencial, terá um menor valor, pois a pectina é precipitada pela FDA. A sílica também apresenta efeito semelhante, sendo solúvel em detergente neutro e insolúvel em detergente ácido.

2.5.3 Análise das frações dos carboidratos não fibrosos

Os carboidratos são os principais constituintes das plantas forrageiras e correspondem de 50 a 80% da matéria seca das forragens e cereais, e podem ser agrupados em duas grandes categorias: carboidratos estruturais, que incluem os constituintes da parede celular; e carboidratos não estruturais que incluem os carboidratos presentes no conteúdo celular (VAN SOEST, 1994).

Segundo Van Soest (1967), os carboidratos não fibrosos apresentam disponibilidade nutricional rápida, completa e constante entre os alimentos, de 98 a 100%, enquanto os

carboidratos fibrosos, como celulose e hemiceluloses, os quais juntamente com a lignina, compõem a parede celular vegetal, são lentamente digeridos, apresentando disponibilidade nutricional variável ocupando espaço no trato gastrointestinal.

Quantitativamente, o carboidrato não fibroso mais importante dos alimentos é o amido, sendo o maior carboidrato de reserva na maioria das gramíneas, sementes de leguminosas e tecido vegetativo de gramíneas e leguminosas de clima tropical. Na maioria das gramíneas de clima temperado, o carboidrato de reserva presente em maior quantidade são as frutanas, ocorrendo em menor proporção que o amido, especialmente no caule (NRC, 2007).

As frações dos carboidratos são definidas pelos métodos químicos ou enzimáticos utilizados nas análises, podendo ocorrer variações consideráveis associadas com a especificidade das enzimas utilizadas nas análises do amido e dos carboidratos não estruturais, que são constituídos pelos monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos amidos e frutanas (HALL, 2003). O método mais usual para a determinação dos carboidratos não estruturais, que incluem os amidos, frutanas e açúcares nos tecidos das plantas é o método enzimático descrito por Smith (1981), no qual utiliza-se alfa amilase comercial para hidrolisar dissacarídeos e amido à hexoses, sem que ocorra hidrólise das frutanas, estimando de forma mais precisa essa fração dos carboidratos (NRC, 2007).

Os carboidratos não estruturais diferem dos carboidratos não fibrosos pela inclusão de substâncias pécnicas nos carboidratos não fibrosos. Geralmente, o conteúdo de carboidratos não fibrosos nos alimentos é estimado pela subtração de 100% da matéria seca dos percentuais de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e fibra em detergente neutro. A limitação deste cálculo é que ele coloca todos os carboidratos solúveis em detergente neutro em um único grupo que inclui tanto carboidratos estruturais como a pectina, quanto carboidratos não estruturais encontrados no conteúdo celular, uma vez que a pectina é solubilizada em solução de detergente neutro (HALL, 2001).

Segundo Hall (2003), uma forma de determinar as frações dietéticas da fibra é subdividindo-a em frações insolúveis, representada pelos carboidratos insolúveis em detergente neutro como a celulose e hemiceluloses e, em fração solúvel, composta por componentes solúveis em detergente neutro, que é a fração completamente disponível do alimento, correspondendo às frutanas, substâncias pécnicas, galactanas, β -glucanas, ácidos orgânicos, monossacarídeos, oligossacarídeos, amido, e outros carboidratos que não as hemiceluloses e a celulose.

Entre os carboidratos não fibrosos, os monossacarídeos, maltose e o amido são digeridos pelas enzimas dos mamíferos, e a sacarose e lactose podem ser digeridas, mas com alguma variação nessa capacidade entre espécies e indivíduos. No entanto, os mamíferos e outros animais de estômago simples não possuem enzimas próprias para hidrolisar frutanas, ligações β -glucanas, substâncias pécnicas e oligossacarídeos, então, estes carboidratos e outros polissacarídeos não-amiláceos são designados para a categoria de fibra dietética, que podem ser fermentados pelos microrganismos do intestino grosso para produzir produtos microbianos de valor nutricional para os animais (HALL, 2003).

Hoffman et al. (2001) propuseram um método de fracionamento dos carboidratos não fibrosos mais adequados à fisiologia digestiva de animais com fermentação no intestino grosso, dividindo-os em frações hidrolisáveis que produzem a glicose absorvida pelo intestino delgado, e fração dos carboidratos fermentáveis, que produzem principalmente acetato, propionato e butirato, oriundos da fermentação microbiana no intestino grosso, podendo ser subdivididos em fibras rapidamente fermentáveis e lentamente fermentáveis. Os carboidratos hidrolisáveis incluem os amidos, monossacarídeos, dissacarídeos e alguns oligossacarídeos, sendo analisados diretamente pelo uso de uma α -amilase comercial, que irá hidrolisar as ligações dos polissacarídeos e dos açúcares a unidades de glicose, que será quantificada por

poder redutor. Os carboidratos rapidamente fermentáveis são calculados pela diferença entre os carboidratos não fibrosos, calculados pela subtração de 100% da matéria seca, dos percentuais da proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e fibra em detergente neutro, e os carboidratos hidrolisáveis. Os carboidratos lentamente fermentáveis são considerados como fibra em detergente neutro. Na Figura 1 apresenta-se esquema do fracionamento dos carboidratos das plantas.

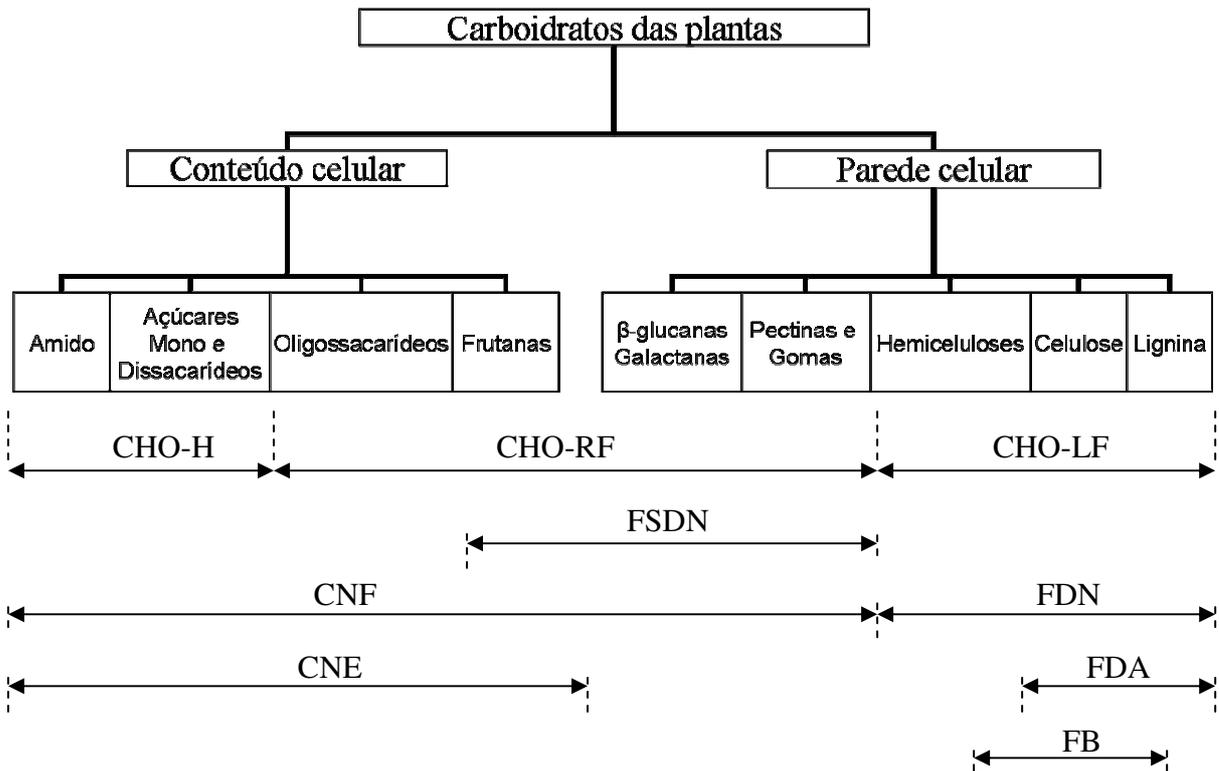


Figura 1. Fracionamento dos carboidratos das plantas: CHO-H = carboidratos hidrolisáveis; CHO-RF = carboidratos rapidamente fermentáveis; CHO-LF = carboidratos lentamente fermentáveis; FSDN = fibra solúvel em detergente neutro; CNF = carboidratos não fibrosos; CNE = carboidratos não estruturais; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; FB = fibra bruta (Adaptado de HALL, 2003; NRC, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi constituído por quatro ensaios de digestão em eqüinos, sendo três realizados no Laboratório de Pesquisa em Saúde Eqüina – EQUILAB, no Instituto de Veterinária da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro conduzidos por Bretas (2005), Pimentel (2006) e Silva (2007) e um no 2º Regimento de Cavalaria e Guarda Regimento Andrade Neves do Exército Brasileiro, no Rio de Janeiro, conduzido por Godoi et al. (2007). Os ensaios foram conduzidos com objetivo de avaliar a digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos recebendo diferentes dietas.

3.1 Ensaio I – Digestibilidade de Alimentos Volumosos em Eqüinos

Foram utilizados cinco eqüinos machos adultos, castrados, mestiços, com idade variando de 17 a 27 anos, com peso corporal médio de 350 kg, alimentados com dieta composta por 80% de volumoso, na forma de feno de capim-*coastcross* e 20% de concentrado comercial. Os alimentos volumosos foram avaliados pela técnica de sacos de náilon móveis, sendo os fenos de alfafa (*Medicago sativa*), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), *Desmodium ovalifolium*, feijão guandu (*Cajanus cajan*), *Macroptyloma axillare*, *Stylosanthes guianensis*, e capim-*coastcross* (*Cynodon dactylon*) segundo Silva (2007).

O experimento teve duração de 12 dias, sendo três dias para adaptação, cinco dias para a inserção gástrica dos sacos de náilon, realizada duas vezes ao dia as 7 e 19 horas, iniciada um dia antes do primeiro dia de coleta dos sacos, totalizando dez sondagens para cada animal, e quatro dias de coleta fecal dos sacos, com início 18 h após a inserção deles. Os sacos de náilon recuperados das fezes foram coletados manualmente diretamente do piso, imediatamente após a excreção. Foram utilizados quatro sacos por alimento e um em branco utilizado para determinar as impregnações e permitir correção para o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes, totalizando 29 sacos/cavalo/sondagem. Foram somente considerados os sacos recuperados com um tempo de até 96h (ARAÚJO et al., 1996). No período experimental os animais foram alimentados quatro vezes ao dia, em quantidades iguais, às 1h, 7h, 13h e 19horas, adotando-se o consumo individual de 2,0% PV com base na matéria seca, segundo recomendações do NRC (1989) e seguindo as exigências de nutrientes diárias para eqüinos de 400 kg de peso vivo.

Os sacos foram preparados com dimensões de 7,5 x 2 cm, utilizando-se tecido de poliéster de porosidade de 45µ (Tenyl[®]), selados à quente com seladora automática e preparados segundo Araújo et al., (1996). As amostras de alimento foram moídas em moinho com peneira de 2 mm. Cada saco recebeu uma quantidade de amostra de 17 mg MS/cm². A área total do saco foi igual a 30cm², portanto, foi utilizada a quantidade de 510 mg de amostra/saco. Os sacos recuperados nas fezes foram congelados à -20°C, ao final da coleta, foram descongelados e lavados em máquina de lavar por 15 minutos, sendo em seguida, colocados em estufa ventilada a 60°C ± 5°C por 48 h cada saco foi pesado individualmente para se determinar as perdas em matéria seca. Uma amostra composta de cada alimento foi formada a partir dos sacos recuperados e ao término do ensaio as amostras dos resíduos dos alimentos pós-incubação foram moídas a 1 mm e acondicionadas em frascos etiquetados. Ao término do ensaio, as amostras de alimentos foram preparadas para as análises, moídas a 1mm e acondicionadas em frascos etiquetados.

As perdas dos nutrientes dos sacos foram expressas como coeficiente de digestibilidade aparente calculada de acordo com a equação: $CD (\%) = ((I - R) / I) \times 100$. Onde I, é a quantidade de alimento (mg) inserido em cada saco, e R é o resíduo do alimento (mg) após a recuperação dos sacos nas fezes (MOORE-COLYER et al., 2002).

O delineamento utilizado foi delineamento em blocos casualizado com cinco repetições e sete tratamentos. O modelo estatístico utilizado foi:

$$y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

Onde:

- y_{ij} é a observação referente ao tratamento i , no animal j ;
- m é a média geral;
- t_i é o efeito referente ao tratamento i , sendo $i = 1$ a 7 ;
- b_j é o efeito referente ao bloco j , sendo $j = 1$ a 5 ;
- e_{ij} é o erro experimental associado a observação y_{ij}

3.2 Ensaio II – Digestibilidade do Feno de Capim-Coastcross com Diferentes Formas Físicas em Equínos

Neste ensaio de digestão foram utilizados quatro potros mestiços, com peso vivo médio de 200 kg, não castrados, com idade média de 30 meses fistulados no cólon ventral direito. O feno de capim-coastcross (*Cynodon dactylon*, L.) foi fornecido aos animais como dieta exclusiva na base de 2,5 % do peso vivo, com base na matéria seca, segundo recomendações do NRC (1989). A água foi fornecida à vontade, e o suplemento mineral foi fornecido na quantidade de 50 g/dia/animal. Os tratamentos experimentais foram compostos de feno de capim-coastcross com quatro diferentes formas físicas: T1 - feno integral; T2 - feno picado em picadeira elétrica para forragem; T3 - feno moído com peneira de 5 mm de diâmetro; T4 - feno finamente moído com peneira de 3 mm de diâmetro, conforme o descrito por Pimentel (2006).

Cada período do ensaio de digestibilidade teve duração de 15 dias sendo 10 dias de adaptação dos animais as dietas, seguido por 4 dias de coleta total de fezes e 1 dia de coleta da digesta do cólon. As frações das dietas foram oferecidas quatro vezes ao dia, às 1h, 7h, 13h e 19h, em partes iguais. Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas foram estimados através do método de coleta total de fezes utilizando bolsas coletoras apropriadas para equínos, que foi realizada a partir do 11º dia de cada período experimental, durante quatro dias. A cada seis horas, as fezes dos animais eram coletadas utilizando bolsas coletoras apropriadas para equínos sendo pesadas, e retirada uma amostra referente a 10% do peso total das fezes colhidas de cada animal, e estas amostras eram mantidas sob refrigeração. Ao término de cada dia, as quatro amostras de cada animal eram homogeneizadas, e retiradas uma amostra composta diária com aproximadamente 300g, sendo estas amostras armazenadas à -10°C. Ao término do período experimental, as amostras de fezes, foram descongeladas à temperatura ambiente, pesadas, colocadas em recipientes de alumínio e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72 horas. Posteriormente foram novamente pesadas e moídas em moinho tipo Willey, em peneira de 1 mm e acondicionadas em frascos plásticos etiquetados.

O delineamento experimental utilizado foi o Quadrado Latino 4x4. O modelo estatístico adotado foi:

$$y_{ijk} = m + l_i + c_j + t_{k(i,j)} + e_{ijk}$$

Onde:

- y_{ijk} é a observação referente ao período i , no animal j , na dieta k ;
- m é a média geral;
- l_i é o efeito referente do período i , sendo $i = 1$ a 4 ;
- c_j é o efeito referente ao animal j , sendo $j = 1$ a 4 ;
- $t_{k(i,j)}$ é o efeito referente ao tratamento k , sendo $k = 1$ a 4 ;
- e_{ijk} é o erro experimental associado a cada observação

3.1 Ensaio III - Digestibilidade de Dietas Simples e Composta em Equinos

Foram utilizados quatro potros machos mestiços, não castrados com peso vivo médio de 200 kg, com idade média de 30 meses, fistulados no cólon ventral direito. As dietas foram formuladas considerando o consumo dietético diário equivalente a 2% do peso vivo dos animais, com base na matéria seca, de acordo com as recomendações do NRC (1989), sendo compostas por feno de capim tifton-85 (*Cynodon dactylon* ssp) e feno de alfafa (*Medicago sativa*) como volumosos e concentrados compostos por milho, farelo de soja, fosfato bicálcico, premix, sal e inerte. As dietas experimentais utilizadas foram: Dieta I: composta por tifton-85; Dieta II: composta por feno de tifton-85 e feno de alfafa na proporção 50:50; Dieta III: composta por 30% de feno de tifton-85, 30% de feno de alfafa e 40% de concentrado; Dieta IV: composta por 60% feno de tifton-85 e 40% de concentrado, conforme o descrito por Bretas (2005). As composições percentuais dos ingredientes das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes, expressos na matéria seca, das dietas simples e compostas.

Ingredientes (%)	Dietas			
	Tifton-85	Tifton-85 + alfafa	Tifton-85 + alfafa + concentrado I	Tifton-85 + concentrado II
Feno de alfafa	0	50,0	30,0	0
Feno de tifton 85	100	50,0	30,0	60,0
Milho	0	0	32,5	27,5
Farelo de soja	0	0	6,5	11,5
Fosfato bicálcico	0	0	0	0,2
Premix ¹	0	0	0,4	0,3
Sal	0	0	0,2	0,2
Inerte	0	0	0,4	0,3
Total	100	100	100	100

¹premix mineral – vitamínico - Aminomix®

O ensaio de digestão consistiu de quatro períodos experimentais, sendo cada período composto por 20 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas, cinco dias de coleta de fezes e um dia de coleta da digesta do cólon. As frações das dietas foram oferecidas às 1h, 7h, 13h e 19h, a água e o suplemento mineral foram fornecidos à vontade. Os coeficientes digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas foram estimados através do método da coleta total de fezes, utilizando bolsas coletoras apropriadas para equinos. No 20º dia de cada período experimental foram realizadas coletas da digesta do cólon em três horários, às 7 h; 9:30 h e 12 horas. A cada período de seis horas, as fezes de cada animal eram pesadas, e retiradas uma amostra referente a 10% do peso total das fezes coletadas, estas foram mantidas sob refrigeração. Ao término de cada dia, as amostras de cada animal foram homogeneizadas e retiradas uma amostra composta diária com aproximadamente 300g, sendo esta armazenada à -10°C. Ao término de cada período, as amostras eram descongeladas à temperatura ambiente, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, posteriormente moídas e acondicionadas em frascos plásticos etiquetados. Das sobras de feno foi retirada uma amostra composta diária de cada um com aproximadamente 100g e armazenadas à -10°C. Ao final do período experimental, as sobras de feno e concentrado foram descongeladas à temperatura ambiente e homogeneizadas para serem pré-secas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, sendo posteriormente moídas e acondicionadas em frascos plásticos etiquetados. As amostras foram coletadas em sacos plásticos e armazenadas à -20°C para posteriores análises.

O delineamento experimental utilizado foi o Quadrado Latino 4x4, com quatro tratamentos (dietas), quatro animais, sendo o animal na repetição considerado como unidade experimental. O modelo estatístico adotado foi:

$$y_{ijk} = m + l_i + c_j + t_{k(i,j)} + e_{ijk}$$

Onde:

- y_{ijk} é a observação referente ao período i, no animal j, na dieta k;
- m é a média geral;
- l_i é o efeito referente do período i, sendo i = 1 a 4;
- c_j é o efeito referente ao animal j, sendo j = 1 a 4;
- $t_{k(i,j)}$ é o efeito referente ao tratamento k, sendo k = 1 a 4;
- e_{ijk} é o erro experimental associado a cada observação

3.4 Ensaio IV – Digestibilidade de Dietas Contendo Diferentes Níveis de Inclusão de Óleo de Soja

Foram utilizados 15 equínos alimentados com uma dieta composta por feno de capim-*coastcross* (*Cynodon dactylon*) e concentrado comercial, na proporção de 66:33 concentrado e volumoso na base da matéria seca, sendo a formulação das dietas para equínos em atividade física moderada, feitas segundo o NRC (1989), conforme o descrito por Godoi et al. (2007). O concentrado comercial foi substituído proporcionalmente pelo óleo de soja e o farelo de soja, mantendo uma relação de proteína/energia de 4%. Os tratamentos consistiram da inclusão de três níveis de óleo de soja, sendo as dietas experimentais definidas como: Dieta I (controle) – composta por concentrado comercial, farelo de soja, sal comum e feno de *coastcross*; Dieta II - composta por concentrado comercial, farelo de soja, sal mineral e comum, feno de *coastcross* e óleo de soja adicionado em 7% da dieta controle; Dieta III – composta por concentrado comercial, farelo de soja, sal mineral e comum, feno de *coastcross* e óleo de soja adicionado em 14% da dieta controle. Os níveis de extrato etéreo nas dietas I, II e III foram de 5,13 e 21%, respectivamente. A composição percentual dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais e o consumo diário dos nutrientes estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Composição percentual dos ingredientes e consumo diário dos nutrientes das dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja, com base na matéria seca.

Ingredientes	Dietas		
	I (5% EE)	II (13% EE)	III (21% EE)
Concentrado comercial (%)	65,4	47,1	25,8
Farelo de soja (%)	0,9	10,0	20,1
Óleo de soja (%)	0,0	8,5 ¹	19,5 ²
Sal (NaCl + Sal Mineral) (%)	0,6	1,4	1,7
Feno de <i>coastcross</i> (%)	33,0	33,0	33,0
Total (%)	100	100	100
Nutrientes			
MS (kg/dia)	9,02	7,11	6,15
PB (kg/dia)	0,95	0,90	0,94
EE (kg/dia)	0,45	0,89	1,32
ED (Mcal/kg)	2,60	3,00	3,40
FDN (kg/dia)	4,85	3,42	2,46

¹ corresponde a 720 ml de óleo de soja; ² corresponde a 1.440 ml de óleo de soja

O volumoso foi fornecido duas vezes ao dia, às 11 h e às 16 h, e o concentrado comercial três vezes ao dia, às 4h, 13h e 20h, em partes iguais. Os concentrados foram oferecidos primeiramente, e o óleo em seguida, por cima do concentrado para garantir que os animais ingerissem todo o conteúdo. O ensaio de digestibilidade teve duração de 34 dias, sendo 30 dias de adaptação dos equinos às dietas e quatro dias de coleta total de fezes para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes sendo estas coletadas diretamente do piso das baias imediatamente após a defecação e armazenadas em sacos plásticos devidamente etiquetados, a cada período de 6 horas, as fezes de cada animal foram pesadas, homogeneizadas e retiradas uma amostra referente a 10% do peso total das fezes coletadas, sendo mantidas a -5°C. Ao final de cada dia as quatro sub-amostras de cada animal foram novamente homogeneizadas e retiradas uma amostra composta diária de aproximadamente 500g sendo armazenadas a -5°C para posteriores análises. As amostras de feno, concentrado e farelo de soja, foram coletadas durante os quatro dias de período experimental e armazenadas a -5°C.

O delineamento experimental utilizado foi delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições. O modelo estatístico adotado foi:

$$y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Onde:

- y_{ij} é o valor observado referente ao tratamento i na repetição j , sendo $j = 1$ a 5 ;
- m é a média geral;
- t_i é o efeito referente ao tratamento i , sendo $i = 1$ a 3 ;
- e_{ij} é o erro experimental associado à observação y_{ij} .

3.5 Coeficiente de Digestibilidade Aparente dos Nutrientes

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CD) dos nutrientes dos três ensaios de digestão com coleta total de fezes foram estimados por meio da equação descrita por Schneider e Flatt (1975).

$$CD (\%) = \frac{MS \text{ consumida} \times (\% \text{ nutriente na dieta}) - MS \text{ fezes} \times (\% \text{ nutriente nas fezes})}{MS \text{ consumida} \times (\% \text{ nutriente na dieta})} \times 100$$

3.6 Análises Laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição Animal e Pastagens do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Nas amostras dos alimentos e das fezes dos quatro ensaios de digestão e do conteúdo da digesta do cólon dos equinos fistulados utilizados nos ensaios II e III, foram efetuadas as análises para a determinação dos percentuais de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), segundo a metodologia descrita pela AOAC (1995). As análises da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram feitas segundo Van Soest et al. (1991).

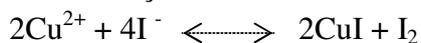
Os carboidratos hidrolisáveis (CHO-H) foram estimados pela análise direta, segundo Hoffman et al. (2001), que considera a análise de carboidratos disponíveis totais como os açúcares, dextrinas e amidos, como sendo os carboidratos hidrolisáveis. Esta análise consiste na determinação quantitativa dos carboidratos pela conversão dos polissacarídeos, sacarose e frutose em unidades de glicose redutoras, com um mínimo de extração e hidrólise dos carboidratos estruturais. Foram pesados aproximadamente 250mg de amostra e transferidas para erlenmeyer com capacidade de 125ml. Em seguida, foi adicionado 15ml de água destilada e levado à fervura para a extração de hexoses livres. Após a solução com a amostra

entrar em equilíbrio com a temperatura ambiente, foi adicionado uma solução contendo a enzima Takadiastase (FLUKA), uma α -amilase proveniente do fungo *Aspergillus oryzae*, utilizada para hidrolisar os dissacarídeos e o amido para hexoses. A amostra foi incubada com a solução de Takadiastase a 0,5% e solução tampão em banho-maria, à temperatura de 40-45°C, por um período de 44 horas.

Após a incubação, a solução com a amostra foi filtrada em papel de filtro faixa preta, para balão volumétrico de 100ml, e o filtrado foi tratado com 2ml de solução de acetato de chumbo neutro a 10%, utilizado para precipitar a proteína da amostra. O volume foi completado com água destilada, e deixado em repouso de um dia para o outro, para a completa decantação do precipitado. Após a decantação, uma alíquota de 10ml do sobrenadante foi transferida para tubos de vidro com capacidade de 75ml (2,5cm de diâmetro) e adicionado 10ml do reagente 50 em cada tudo, que é uma solução que contém sulfato de cobre a 10%, e levado à fervura durante 15 minutos. As hexoses no sobrenadante foram analisadas por poder redutor, onde as unidades redutoras obtidas foram utilizadas na redução do Cu^{++} , que é precipitado como Cu_2O , e o cobre em excesso fica livre na solução. Em seguida, foi adicionado 2ml da solução de iodeto-oxalato de potássio, 10ml da solução de ácido sulfúrico a 1N e cinco gotas da solução indicadora de amido.

Por fim, foi feita a determinação iodométrica do excesso de cobre pela titulação com solução de tiosulfato de sódio a 0,02N, em presença de solução indicadora de amido, segundo a marcha descrita por Smith (1969) citado por Silva e Queiroz (2002).

Onde:



O conteúdo de carboidratos não-fibrosos (CNF) foi calculado pela fórmula:

$$\text{CNF} = 100 - \text{PB} - \text{EE} - \text{MM} - \text{FDN}.$$

Os teores dos carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) foram calculados pela diferença entre os carboidratos não-fibrosos (CNF) e carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), segundo Hoffman et al. (2001):

$$\text{CHO-RF} = \text{CNF} - \text{CHO-H}.$$

Os carboidratos totais foram calculados pela seguinte fórmula:

$$\text{CHO-T} = \text{CHO-H} + \text{CHO-RF} + \text{FDN}$$

3.7 Análises Estatísticas

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes dos quatro ensaios de digestão foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de *Student-Newman-Keuls*, adotando o nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram procedidas utilizando o programa SAEG-Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio I – Digestibilidade de Alimentos Volumosos em Equinos

4.1.1 Análises químico-bromatológica dos alimentos volumosos

A composição químico-bromatológica expressa na base da matéria seca, dos alimentos volumosos avaliados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição químico-bromatológica expressa na base da matéria seca, dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) e carboidratos totais (CHO-T), alimentos volumosos avaliados.

Alimentos	MS (%)	PB	FDN	Composição (% na MS)							
				FDA	HEM	CEL	LIG	CNF	CHO-H	CHO-RF	CHO-T
Alfafa	88,9	17,6	64,5	43,7	20,8	27,3	8,3	8,1	2,8	5,2	72,6
Amendoim	92,8	18,0	46,9	30,7	16,2	18,7	12,4	25,2	5,2	20,0	72,1
<i>Desmodium</i>	95,1	14,0	52,5	32,9	19,6	23,4	8,9	25,8	7,1	18,7	78,3
<i>Stylosanthes</i>	94,8	16,2	47,5	33,3	14,2	23,4	9,6	24,6	3,6	21,0	72,0
Guandu	93,6	20,3	40,1	28,5	11,6	15,5	12,6	31,1	2,9	28,3	71,2
<i>Macroptyloma</i>	93,6	19,1	38,2	26,3	11,9	18,9	7,4	34,9	6,3	28,6	73,1
<i>Coastcross</i>	85,9	6,3	79,1	39,8	39,3	27,5	6,9	4,1	1,7	2,8	83,2

Nos alimentos volumosos analisados, o feno de capim-*coastcross* apresentou maior teor de hemiceluloses em comparação as leguminosas. O feno de capim-*coastcross* apresentou os maiores teores de FDN, HEM, CEL e CHO-T, e menores teores de LIG, CNF, CHO-H e CHO-RF. Segundo o NRC (2007), as leguminosas possuem menor teor de hemiceluloses e maior teor de pectina comparada às gramíneas.

Em relação aos carboidratos analisados, o feno de alfafa, em comparação com as leguminosas analisadas, foi o que apresentou maiores teores de FDN, FDA e HEM e menores teores de CNF e CHO-RF. A leguminosa *Macroptyloma* apresentou maior teor de carboidratos não fibrosos (CNF) e menor teor de FDN, comparada aos volumosos analisados. O *Desmodium* apresentou maior teor de carboidratos hidrolisáveis (CHO-H) dentre todos os volumosos analisados, e maior valor para os carboidratos totais (CHO-T) entre as leguminosas avaliadas. A leguminosa *Stylosanthes* apresentou menor teor de carboidratos não fibrosos dentre as leguminosas analisadas. Os maiores valores para os carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) foi observado para o *Macroptyloma* e guandu de 28,6 e 28,3%, respectivamente.

Os teores de FDN e FDA obtido no feno de *coastcross* de 79,1% FDN e 20% FDA, respectivamente, foram próximos aos relatados por Furtado et al. (1999), de 75,76% FDN e 22,53% FDA e, por LaCasha et al. (1999), de 78,3% FDN. Os teores das frações fibrosas observados neste ensaio para o feno de *coastcross* são valores elevados, demonstrando que o feno estava em estágio de maturidade elevado que pode ser verificado pelo baixo teor de PB, de 6,3%, e alto teor de lignina de, 6,9%.

Em relação ao feno de alfafa, o teor de proteína bruta de 17,6% foi próximo ao observado por Valadares et al. (2000), de 18,06%. Os valores observados para FDN e FDA foram de 64,5 e 43,7%, respectivamente, superiores aos observados por Almeida et al. (1999),

de 58,69% FDN, 36,54% FDA, e similares aos valores médios citados pelo NRC (1989) para a fração fibrosa do feno de alfafa, de 61,6 a 70% de FDN e 34,4 a 39,0% de FDA.

Os valores observados no amendoim, de 46,9; 30,7; 12,4; 72,1 e 25,2%, de FDN, FDA, CHO-T e CNF, respectivamente, foram próximos aos observados por Ladeira et al. (2002), para FDN, FDA, LIG, CHO-T e CNF, de 52,5; 35,8; 11,2; 78,9 e 26,5%, respectivamente.

Os teores de PB, FDN, FDA, HEM, CEL, LIG, CNF e CHO-T obtidos no *Stylosanthes* foram de 16,2; 47,5; 33,3; 14,2; 23,4; 9,6; 24,6 e 72%, respectivamente. Valores superiores foram relatados por Ladeira et al. (2001) para FDN, FDA, CEL, LIG e CHO-T, de 63,7; 50,1; 38,3; 11,8 e 81,0%, respectivamente, valores semelhante foram observados para hemiceluloses, de 13,6%, e valores inferiores foram observados para PB e CNF, de 14,3 e 17,3%, respectivamente.

No guandu, os teores de PB, FDN, FDA, LIG e CHO-T foram de 20,3; 40,1; 28,5; 12,6 e 71,2%, respectivamente. Valadares et al. (2000) relataram valor próximo para proteína bruta de 20,57%, e valores superiores de FDN, FDA, LIG, CHO-T, de 64,18; 43,91; 17,90 e 74,35%, respectivamente, na composição do feno de guandu.

Em relação ao *Macroptyloma*, foram observados valores de 19,15% PB, 38,2% FDN e 26,3% FDA. Pádua et al. (2006) observaram valor inferior na proteína bruta, de 15,42%, e valores superiores para as frações fibrosas, de 50,42% FDN e 39,38% FDA.

4.1.2 Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos volumosos

Por serem alimentos volumosos bem distintos e com composição químico-bromatológica diferentes, foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes analisados. Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade *in situ* dos nutrientes dos diferentes alimentos volumosos oferecido aos equinos estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios dos coeficientes de digestibilidade *in situ* e seus respectivos erros padrão da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) dos alimentos volumosos.

Itens	Coeficiente de Digestibilidade (%)						
	Alfafa	Amendoim	<i>Desmodium</i>	<i>Stylosanthes</i>	Guandu	<i>Macroptyloma</i>	<i>Coastcross</i>
MS	63,5±0,2 ^c	83,7±0,3 ^a	64,5±0,6 ^c	75,6±0,2 ^b	52,9±0,3 ^d	82,9±0,6 ^a	52,5±0,7 ^d
FDN	47,8±0,3 ^d	72,3±0,3 ^a	43,7±1,1 ^e	53,3±0,4 ^c	27,5±0,4 ^f	65,2±1,1 ^b	47,5±0,6 ^d
FDA	42,3±0,3 ^d	70,9±0,3 ^a	35,5±1,2 ^f	53,6±0,4 ^c	14,7±0,5 ^g	59,4±1,4 ^b	39,7±0,7 ^e
HEM	53,0±0,4 ^d	74,7±0,3 ^b	57,2±0,7 ^c	52,5±0,4 ^d	50,1±0,4 ^e	78,3±0,8 ^a	50,7±0,8 ^e
CEL	46,9±0,3 ^d	71,1±0,3 ^a	42,6±1,0 ^e	49,2±0,4 ^c	18,3±0,5 ^f	64,2±1,3 ^b	43,1±0,7 ^e
CNF	90,9±0,1 ^e	97,2±0,1 ^b	95,3±0,1 ^c	99,0±0,1 ^a	82,1±0,1 ^f	92,7±0,3 ^d	75,0±0,2 ^g
CHO-H	74,9±0,2 ^d	93,5±0,1 ^b	87,1±0,2 ^c	87,4±0,1 ^c	74,4±0,2 ^d	94,7±0,2 ^a	68,1±0,3 ^f
CHO-RF	99,6±0,1 ^a	98,2±0,1 ^b	98,3±0,1 ^b	99,9±0,1 ^a	82,8±0,1 ^d	92,2±0,3 ^c	81,5±0,1 ^e
CHO-T	52,7±0,4 ^e	80,6±0,4 ^a	60,9±0,7 ^d	68,9±0,3 ^c	51,5±0,3 ^f	78,4±0,8 ^b	46,3±0,4 ^g

As médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

O amendoim, o *Macroptyloma* e o *Stylosanthes* apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade aparente dos carboidratos fibrosos e suas frações, enquanto que o guandu apresentou os menores coeficientes de digestibilidade da FDN, FDA, HEM e CEL.

Os menores valores observados ($P < 0,05$) do coeficiente de digestibilidade da MS foram de 52,5 e 52,9%, respectivamente para o capim-*coastcross* e guandu. Os maiores valores observados foram os das leguminosas, amendoim forrageiro e *Macroptyloma*, de 83,7 e 82,9%, respectivamente.

Foram observados valores de digestibilidade da MS do capim-*coastcross* e alfafa de 52,5% e 63,5%, respectivamente. Araújo et al. (1996) utilizando a técnica de sacos móveis observaram valores do coeficiente de digestibilidade da MS de 49,98 e 69,36% no capim-*coastcross* e feno de alfafa, respectivamente.

Os maiores valores dos coeficientes de digestibilidade da FDN e da FDA obtidos foram do amendoim forrageiro de 72,3% e 70,9%, respectivamente, e os menores valores observados foram do guandu, de 27,5% e 14,7%, respectivamente de FDN e FDA. O baixo valor do coeficiente de digestibilidade da FDN do guandu pode ser explicado pelo alto teor de proteína ligado a parede celular, ou seja, proteína insolúvel em detergente neutro, que foi de 9,57%.

Os valores observados no coeficiente de digestibilidade da FDN na alfafa e no capim-*coastcross*, de 47,8 e 47,5%, respectivamente, foram semelhantes aos valores observados por Araújo et al. (1996) de 47,26 e 43,17%, respectivamente no feno de alfafa e no feno de capim-*coastcross*.

Os valores do coeficiente de digestibilidade da FDN, FDA, HEM e CEL da alfafa, neste ensaio, foram de 47,8; 42,3; 53,0 e 46,9%, respectivamente. Almeida et al. (1999) utilizando feno de alfafa na alimentação de equínos, relataram valores inferiores aos observados no presente ensaio de 35,5; 32,9 e 40,2% dos coeficientes de digestibilidade da FDN, FDA e HEM, respectivamente e, valor superior de digestibilidade da celulose de 53,60%.

As leguminosas *Stylosanthes* e alfafa não apresentaram diferenças significativas no coeficiente de digestibilidade das hemiceluloses, com valores de 52,5% e 53%, respectivamente.

O *coastcross* apresentou menor digestibilidade ($P < 0,05$) dos carboidratos não fibrosos e suas frações hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis, e o amendoim forrageiro foi a leguminosa que apresentou a maior digestibilidade dos componentes da parede celular.

Os valores do coeficiente de digestibilidade da FDN, FDA, HEM e CEL do *coastcross* foram de 47,5; 39,7; 50,7; e 43,1%, respectivamente, valores superiores foram obtidos por Almeida et al. (1999) dos coeficientes de digestibilidade da FDN, FDA, HEM e CEL em equínos alimentados com feno de *coastcross*, de 63,3; 44,6; 83,5 e 54,30%, respectivamente.

O maior valor do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos foi observado no *Stylosanthes*, que teve digestão praticamente total, de 99%. No entanto, todas as leguminosas avaliadas com exceção do guandu, apresentaram digestibilidade desta fração dos carboidratos acima de 90%.

Fonnesbeck (1968) avaliando a digestibilidade de forrageiras em equínos observou que as leguminosas possuem maior proporção de carboidratos solúveis que as gramíneas no mesmo estágio de maturação, o que torna as leguminosas mais digestíveis que as gramíneas.

O *Macroptyloma* e amendoim forrageiro apresentaram coeficiente de digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis acima de 90%. Não foram observadas diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade desta fração dos carboidratos não fibrosos entre as leguminosas *Stylosanthes* e *Desmodium* e entre o feno de alfafa e o guandu, apresentando estes últimos os menores coeficientes entre as leguminosas, de 74,9% e 74,4%, respectivamente.

Com relação ao coeficiente de digestibilidade dos carboidratos rapidamente fermentáveis das leguminosas, exceto o guandu, foram observados valores maiores que 90%, sendo a digestão do *Stylosanthes* e da alfafa praticamente completa, de 99,9% e 99,6%

respectivamente. O amendoim e o *Desmodium* não diferiram em relação à digestibilidade desta fração dos carboidratos não fibrosos, apresentando valores de 98,2 e 98,3%, respectivamente.

O amendoim forrageiro apresentou o maior valor do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos totais de 80,6%, enquanto que o guandu foi a que apresentou o menor coeficiente de digestibilidade entre as leguminosas, de 51,5%.

Entre os volumosos avaliados, o amendoim forrageiro, *Stylosanthes guianensis* e *Macroptiloma axillare* apresentaram coeficientes de digestibilidade dos carboidratos mais elevados, com destaque para o amendoim forrageiro, por apresentar digestibilidade de todos os nutrientes avaliados acima de 70%.

4.2 Ensaio II – Digestibilidade do Feno de Capim-Coastcross com Diferentes Formas Físicas em Equínos

4.2.1 Análises químico-bromatológica do feno de capim-coastcross

A composição químico-bromatológica do feno de capim-coastcross, expressa na base da matéria seca, utilizado neste ensaio para os teores de MS, PB, FDN, FDA, HEM, CEL, LIG, CNF, CHO-H, CHO-RF e CHO-T, foram de 86,1; 12,2; 70,7; 29,3; 41,5; 25,7; 4,1; 8,7; 1,3; 7,4; 79,4%, respectivamente.

O valor de proteína bruta do feno de coastcross observado neste ensaio, de 12,2%, foi próximo ao observado por LaCasha et al. (1999) para o feno de coastcross de 11,3%. O teor de FDN, de 70,7%, observado neste ensaio foi intermediário aos valores observados por Oliveira et al. (2003) de 75,7% FDN, e por Stein et al. (2006) que observaram valor de 67,74% FDN no feno de capim-coastcross.

Os teores das frações dos carboidratos estruturais observados no feno de coastcross neste ensaio foram de 70,7; 29,3; 41,5; 25,7; 4,1% respectivamente para FDN, FDA, HEM, CEL e LIG. Valores superiores dos teores de FDN, HEM, CEL e LIG foram observados no ensaio de digestão I para o feno de capim-coastcross, de 79,1; 59,1; 27,5 e 6,9% respectivamente, que pode ser explicado pelo elevado estágio de maturidade do feno utilizado no ensaio I, que apresentou o menor teor de proteína bruta e maior teor de lignina.

Em relação ao teor de carboidratos não fibrosos no feno de capim-coastcross, foi observado valor de 8,7%, superior ao observado no ensaio I, de 4,1%, que pode ser explicado pelo menor valor nutricional no feno utilizado no ensaio I. No entanto, foram observados valores próximos nos teores de CHO-H nos fenos de coastcross dos dois ensaios, de 1,7% CHO-H no ensaio I e 1,3% CHO-H no presente ensaio.

O teor de CHO-RF, de 7,4%, obtido neste ensaio, foi superior ao valor encontrado no ensaio I, de 2,8%, que pode ser explicado pelo maior teor de carboidratos não fibrosos observados neste ensaio. Em relação aos carboidratos totais, valores próximos foram relatados para os fenos de coastcross utilizados no ensaio I e o utilizado neste ensaio, de 83,2 e 79,4%, respectivamente.

4.2.2 Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes do feno de capim-coastcross em diferentes formas físicas

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do feno de capim-coastcross em diferentes formas físicas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios e seus respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) e carboidratos totais (CHO-T) em equínos alimentados com feno de capim-*coastcross* sob diferentes formas físicas.

Itens	Coeficiente de Digestibilidade (%)			
	Inteiro	Picado	Moído (5 mm)	Moído (3 mm)
MS	60,5±1,3	59,2±0,8	61,5±0,6	59,9±1,3
FDN	63,2±1,5	61,3±2,6	64,3±0,9	62,8±1,4
FDA	63,4±1,7	59,6±3,2	65,4±1,2	61,2±1,1
HEM	63,9±1,6	62,9±2,5	63,9±1,0	62,8±1,0
CEL	66,5±1,9	63,6±2,7	68,1±1,3	65,3±1,2
CNF	50,9±1,3	47,8±4,7	51,5±0,5	48,9±1,6
CHO-H	79,9±4,7	69,9±3,2	71,2±3,7	68,2±3,8
CHO-RF	45,8±1,9	43,9±5,8	48,0±1,0	45,6±1,5
CHO-T	61,8±1,4	59,9±2,8	62,9±0,8	61,3±1,2

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste SNK ($P>0,05$)

Não foram observadas diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade dos equínos consumindo feno de capim-*coastcross* em diferentes formas físicas nos nutrientes analisados.

Pagliosa et al. (2006) verificaram que as pontas excessivas de esmalte dentário influenciam na digestibilidade dos carboidratos estruturais em equínos, no presente ensaio os animais não apresentaram problemas com a dentição, que pode explicar a não diferença encontrada na digestibilidade dos carboidratos estruturais, pois os animais mastigavam sem problemas.

Pimentel (2006) avaliando a cinética da passagem da digesta em equínos, não observou diferenças significativas no tempo médio de retenção e na taxa de passagem da digesta em equínos alimentados com feno de capim-*coastcross* em diferentes graus de moagem, o que pode explicar a não diferença significativa na digestibilidade dos nutrientes observadas neste ensaio.

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da FDN observados neste ensaio variaram de 61,3 a 64,3%. Valor próximo foi observado por Almeida et al. (1999) avaliando a digestibilidade de diferentes alimentos volumosos para equínos que relataram valor médio, para o coeficiente de digestibilidade da FDN do feno de capim-*coastcross*, de 63,3%.

Valores inferiores aos observados neste ensaio no coeficiente de digestibilidade da MS, FDN, FDA e HEM, foram observados por Araújo et al. (2000) que avaliaram a digestibilidade do feno de capim-*coastcross* na alimentação dos equínos pelo método de coleta total de fezes e observaram valores dos coeficientes de digestibilidade da MS, FDN, FDA e HEM, de 43,47; 45,69; 34,72 e 55,57%, respectivamente.

Perali et al. (2001) em ensaio de digestão com equínos consumindo feno de capim-*coastcross* observaram valores do coeficiente de digestibilidade aparente da FDN e FDA de 45,22 e 34,25%, respectivamente. Valores também inferiores aos observados neste ensaio de digestão, diferença esta que pode ser explicada pela composição nutricional dos fenos utilizados nestes experimentos. No presente ensaio de digestão foi utilizado feno com composição nutricional de 12,2%PB, 70,7% FDN e 29,3%FDA, enquanto Araújo et al. (2000) utilizaram feno com composição de 6,41%PB, 84,64% FDN e 40,15% FDA. Perali et al. (2001) utilizaram fenos com composição de 4,71% PB, 79,32% FDN e 42,88% FDA.

Todd et al. (1995) não observaram efeito do fornecimento do feno de alfafa nas formas peletizada, em cubo, picada e como feno inteiro, nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca e dos constituintes da parede celular em equinos, indicando que quando se utiliza o feno com a mesma origem, com mesmo valor nutricional e fornecido em um mesmo nível de consumo, a diminuição do tamanho de partícula do alimento não tem efeito sobre a digestibilidade dos nutrientes.

Drogoul et al. (2000) também não observaram diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade aparente da fibra utilizando o feno picado ou feno moído e peletizado, em dietas com iguais proporções feno de alfafa e feno de *Cocksfoot* (*Dactylis glomerata*) e atribuíram as variações nas digestibilidades dos nutrientes quando se compara fenos em diferentes formas físicas ao maior consumo de matéria seca, quando o feno moído e peletizado são fornecidos substituindo o feno longo. O que está de acordo com Todd et al. (1995), que observaram que quando o feno moído e peletizado é fornecido *ad libitum* a digestibilidade da fibra em equinos é reduzida com o aumento do consumo voluntário de matéria seca. Neste ensaio de digestão, o consumo de matéria seca não diferiu entre as dietas experimentais, apresentando consumo médio diário de MS por 100 kg de peso vivo para as dietas com feno inteiro, picado, moído a 5 mm e finamente moído a 3 mm de 2,25; 2,25; 2,26 e 2,32 kg respectivamente.

Com relação aos carboidratos não fibrosos e suas frações hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis, não foram observadas diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade aparente destes carboidratos com as diferentes formas físicas do feno de capim-*coastcross* nas dietas dos equinos.

4.2.3 Análise do conteúdo do cólon dos equinos alimentados com feno de *coastcross* em diferentes formas físicas

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) nos teores de matéria seca, fibra em detergente ácido, hemiceluloses e carboidratos hidrolisáveis no conteúdo da digesta do cólon dos equinos alimentados com feno de *coastcross* com diferentes formas físicas. No entanto, diferenças ($P<0,05$) foram observadas nos teores de FDN, CNF, CHO-RF e CHO-T no conteúdo do cólon dos equinos alimentados com feno em diferentes formas físicas.

Os valores médios expressos com base na matéria seca do conteúdo do cólon dos equinos recebendo feno de *coastcross* em diferentes formas físicas estão apresentados na Tabela 6.

Diferença significativa foi observada nos equinos que consumiram a dieta com feno moído a 3 mm, sendo o menor valor, de 53,5%, diferindo das dietas com feno inteiro e feno moído a 5 mm, que pode ser devido a maior degradação da fração da FDN na região cólon ventral e que pode estar relacionada, principalmente, a fração mais digestível da fibra, haja vista que não houve variação na fração insolúvel em detergente ácido.

De uma forma geral, a dieta com feno finamente moído a 3 mm apresentou, numericamente, os menores teores de MS, FDN, FDA e HEM que pode ser explicado pelo ataque microbiano, favorecido pelo aumento na área de superfície exposta à atividade microbiana, ocasionada pela redução do tamanho da partícula do feno. No entanto, estes resultados não influenciaram na digestibilidade aparente total destes nutrientes em todo o trato digestório.

Tabela 6. Valores médios e seus respectivos erros padrão dos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) na base da matéria seca da digesta do cólon ventral direito dos equínos alimentados com feno de capim-*coastcross* em diferentes formas físicas.

Item (%)	Feno de capim- <i>coastcross</i>			
	Inteiro	Picado	Moído (5 mm)	Moído (3 mm)
MS	7,2±0,5 ^a	6,9±0,6 ^a	6,4±0,3 ^a	5,5±0,5 ^a
FDN	65,2±0,8 ^a	58,4±2,3 ^{ab}	64,5±1,3 ^a	53,5±1,8 ^b
FDA	33,6±0,4 ^a	30,9±2,6 ^a	33,3±0,5 ^a	28,5±0,8 ^a
HEM	31,5±1,0 ^a	27,5±2,5 ^a	31,1±1,8 ^a	24,9±2,2 ^a
CNF	6,6±0,5 ^b	10,6±1,2 ^{ab}	5,9±1,1 ^b	12,8±2,2 ^a
CHO-H	1,4±0,2	1,8±0,1	1,4±0,1	1,8±0,2
CHO-RF	5,2±0,7 ^b	8,8±1,2 ^{ab}	4,5±1,1 ^b	11,0±2,3 ^a
CHO-T	71,8±1,2 ^a	69,0±1,3 ^a	70,4±0,8 ^a	66,3±0,8 ^b

Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05)

Não houve diferença (P>0,05) para os teores de carboidratos não fibrosos e carboidratos rapidamente fermentáveis no conteúdo do cólon entre os equínos que consumiram dietas com feno inteiro, feno picado e feno moído a 5 mm, no entanto, os equínos que consumiram o feno moído a 5 mm apresentaram, em termos absolutos, o menor valor médio para carboidratos não fibrosos, de 5,9 %, e carboidratos rapidamente fermentáveis de 4,5%, provavelmente devido a maior degradação destes carboidratos. Os equínos que receberam a dieta com feno finamente moído a 3 mm, apresentaram os maiores valores dos carboidratos não fibrosos e carboidratos rapidamente fermentáveis no conteúdo do cólon de 12,8 e 11,0%, respectivamente, diferindo das dietas com feno inteiro e moído a 5 mm. No entanto, estes resultados não interferiram na digestibilidade aparente total dos carboidratos rapidamente fermentáveis.

O teor dos carboidratos totais no conteúdo do cólon diferiu apenas nos equínos que consumiram a dieta com feno moído a 3 mm apresentando o menor valor, de 66,3%. O maior valor foi observado para os equínos que consumiram a dieta com feno inteiro de 71,8%. No entanto, este resultado não influenciou na digestibilidade aparente total destes carboidratos que não diferiu nas diferentes formas físicas do feno de *coastcross* fornecido aos equínos.

4.3 Ensaio III - Digestibilidade de Dietas Simples e Compostas em Equínos

4.3.1 Análises químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas simples e compostas

A composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas simples e compostas está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Composição químico-bromatológica da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) expressa na base da matéria seca, dos ingredientes utilizados nas dietas simples e compostas.

Ingredientes	MS (%)	Composição (% na MS)							
		PB	FDN	FDA	HEM	CNF	CHO-H	CHO-RF	CHO-T
Feno de alfafa	84,3	15,9	54,8	38,4	16,4	17,0	3,2	13,9	71,8
Feno de tifton 85	83,9	12,5	72,3	40,5	31,7	8,3	2,4	5,9	80,6
Concentrado I	84,6	13,9	14,1	4,3	9,8	64,7	43,9	20,8	78,8
Concentrado II	84,4	18,2	13,0	5,5	7,5	59,5	34,8	24,6	72,5

O valor para proteína bruta do feno de alfafa observado neste ensaio foi próximo aos valores encontrados por Furtado et al. (1999) e Perali et al. (2001), de 16,5% PB.

Os valores das frações dos carboidratos estruturais do feno de alfafa observados neste ensaio de 54,8; 38,5 e 16,4%, de FDN, FDA e HEM respectivamente, foram inferiores aos observados no ensaio I no feno de alfafa, de 64,5; 43,7 e 20,8%, de FDN, FDA e HEM, respectivamente, no entanto, valores próximos foram observados por Valadares et al. (2000), de 51,97% FDN e 36,58% FDA e, por Furtado et al. (1999), de 57,33% FDN.

Em relação à fração dos carboidratos não fibrosos do feno de alfafa, foram observados valores de 17,0; 3,2 e 13,9%, respectivamente, de CNF, CHO-H e CHO-RF. No ensaio I foram observados valores inferiores de CNF, CHO-H e CHO-RF, de 8,1; 2,8 e 5,2%, respectivamente, que pode ser explicado pela qualidade nutricional do feno de alfafa utilizado neste ensaio, com menor teor de fração fibrosa e maior teor de fração não-fibrosa, em relação ao feno utilizado no ensaio I. Em relação aos carboidratos totais, o valor observado neste ensaio, de 71,8%, foi próximo ao valor observado no ensaio I, de 72,6% e, o observado por Valadares et al. (2000), de 70,94%.

O feno de tifton-85 utilizado neste ensaio, apresentou valores de 12,5% PB, 72,3% FDN e 40,5% FDA. Furtado et al. (1999) observaram valores próximos aos dos teores de proteína PB e FDN, de 13,92 e 75,68%, respectivamente. No entanto, Quadros et al. (2004) observaram teores superiores de FDN e FDA, de 81,75 e 49,45%, respectivamente, no feno de tifton-85. Moretini et al. (2004) também observaram valores superiores aos observados neste ensaio de 88,72% FDN e 49,64% FDA, e teor de proteína bruta de 10,19%.

A composição percentual dos nutrientes das dietas experimentais está apresentada na Tabela 8.

As dietas com inclusão de concentrado apresentaram os menores teores das frações fibrosas, FDN, FDA e HEM, comparadas às dietas com apenas alimentos volumosos. A maior redução observada nos teores dos carboidratos fibrosos foi no teor de FDN na dieta com tifton-85 e concentrado, de 23,7 unidades percentuais em comparação a dieta exclusiva com tifton-85.

O maior teor dos CNF e CHO-RF na dieta com tifton-85 e alfafa em comparação a dieta exclusiva com feno tifton-85, pode ser explicado pelo maior teor de CNF e CHO-RF no feno de alfafa em comparação ao feno de tifton-85. Os teores dos carboidratos não fibrosos e suas frações hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis nas dietas aumentaram com a inclusão de concentrado, que pode ser explicado pelos maiores teores destes carboidratos no concentrado. A inclusão do concentrado aumentou o teor dos carboidratos não fibrosos nas dietas com tifton-85, alfafa e concentrado em 20,8 unidades percentuais em relação à dieta com feno de tifton-85 e alfafa, e na dieta com inclusão de concentrado ao tifton-85, aumentou, em 20,5 unidades percentuais o teor de CNF em relação à dieta com tifton-85 apenas.

Tabela 8. Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T), expressos na base da matéria seca, nas dietas simples e compostas.

Nutrientes (% da MS)	Dietas			
	Tifton-85	Tifton-85 + alfafa	Tifton-85 + alfafa + concentrado I	Tifton-85 + concentrado II
MS	83,9	84,1	84,3	84,1
MO	94,6	92,6	94,0	94,4
FDN	72,3	63,6	43,8	48,6
FDA	40,6	39,5	25,4	26,5
HEM	31,7	24,1	18,4	22,0
CNF	8,3	12,6	33,4	28,8
CHO-H	2,4	2,6	19,2	15,3
CHO-RF	5,9	9,9	14,2	13,4
CHO-T	80,6	76,2	77,2	77,4

O maior aumento no teor dos carboidratos hidrolisáveis observado foi na dieta com feno de tifton-85, alfafa e concentrado em 16,6 unidades percentuais em comparação a dieta com feno de tifton-85 e alfafa, o que pode ser explicado pelo maior teor de CHO-H no concentrado I. O maior aumento no teor dos carboidratos rapidamente fermentáveis observado foi na dieta com inclusão de concentrado ao tifton-85, que aumentou em 7,5 unidades percentuais em comparação a dieta com feno de tifton-85, o que pode ser explicado pelo maior teor destes carboidratos no concentrado II.

4.3.2 Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas simples e compostas

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes no ensaio de digestão em eqüinos consumindo dietas simples e compostas estão apresentados na Tabela 9.

Houve aumento significativo na digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica com a inclusão de concentrado ao volumoso na proporção de 60:40 volumoso:concentrado. Drogoul et al. (2001) utilizando dietas com relação feno:concentrado de 100:0; 70:30 e 50:50 verificaram que com o aumento do concentrado na dieta houve aumento gradativo na digestibilidade da matéria orgânica. Miraglia et al. (2006) também observaram aumento na digestibilidade da matéria orgânica com a inclusão de concentrado ao volumoso devido à redução do teor de fibra nas dietas. Neste ensaio, também foi observada redução do teor de fibra e aumento dos teores de carboidratos não fibrosos, nas dietas que tiveram a inclusão de concentrado, que pode explicar a maior digestibilidade da matéria orgânica.

Não foi encontrada diferença significativa na digestibilidade da parede celular, mesmo com a inclusão de concentrado na dieta, portanto, não houve efeito associativo do concentrado com o volumoso.

O coeficiente de digestibilidade aparente da FDN do feno de tifton-85 no presente ensaio de digestão foi de 42,6%, valor próximo ao observado por Moretini et al. (2004), de 44,4%, no feno de tifton-85 com teor de FDN de 88,72%.

Tabela 9. Valores médios e seus respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) das dietas simples e compostas.

Coeficientes de digestibilidade (%)	Dietas (% da MS)			
	Tifton-85	Tifton-85 + alfafa	Tifton-85 + alfafa + concentrado I	Tifton-85 + concentrado II
MS	47,2±1,9 ^b	48,9±2,5 ^b	60,4±4,1 ^a	65,4±0,7 ^a
MO	46,1±2,3 ^b	50,0±2,2 ^b	62,6±4,1 ^a	67,6±0,6 ^a
FDN	42,6±1,8 ^a	41,9±2,8 ^a	39,0±6,5 ^a	49,6±2,0 ^a
FDA	41,4±1,6 ^a	40,4±3,4 ^a	36,4±6,1 ^a	49,1±0,9 ^a
HEM	45,3±1,2 ^a	42,3±3,4 ^a	43,8±7,3 ^a	50,3±0,2 ^a
CNF	76,1±4,9 ^b	74,5±3,6 ^b	92,6±1,1 ^a	91,4±0,9 ^a
CHO-H	68,0±4,6 ^b	75,2±2,7 ^b	94,1±0,9 ^a	93,2±1,2 ^a
CHO-RF	77,9±6,8 ^b	74,2±5,1 ^b	91,8±2,0 ^a	90,3±1,8 ^a
CHO-T	47,6±1,9 ^b	47,4±2,3 ^b	62,2±4,1 ^a	65,9±0,7 ^a

Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem entre si pelo SNK (P<0,05).

Pagan (2001b) citou que os equinos digerem acima de 95% dos carboidratos não estruturais. Neste ensaio de digestão foram observados valores do coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos de 92,6% na dieta composta por feno de tifton-85, alfafa e concentrado e, de 91,4% na dieta composta por feno de tifton-85 e concentrado.

Miraglia et al. (1999) utilizaram dieta para equinos com relação volumoso e concentrado de 67:33, sendo o alimento volumoso composto por uma mistura de gramíneas e leguminosas e observaram valores dos coeficientes de digestibilidade da FDN e FDA de 46,6 e 40,8%, respectivamente. Valores estes superiores, mas próximos, aos observados neste ensaio de digestão na dieta composta por feno de Tifton-85, alfafa e concentrado cujos valores de digestibilidade da FDN e FDA foram de 39,0 e 36,4 %, respectivamente.

O coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos aumentou de forma significativa com a inclusão de concentrado nas dietas, com valores acima de 90% em comparação as dietas com apenas alimentos volumosos cujos valores foram de 76,1 e 74,5%, respectivamente na dieta com feno de tifton-85 e dieta com feno de tifton-85 e ração concentrado. Pagan et al. (1998) e Holland et al. (1998) também observaram que a adição de concentrado em dietas para equinos aumenta a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos em comparação as dietas exclusivas com alimentos volumosos e atribuíram este fato a maior concentração de carboidratos não fibrosos e menor teor de fibra em dietas mistas.

Houve aumento (P<0,05) nos coeficientes de digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis e dos carboidratos rapidamente fermentáveis dos equinos que receberam a inclusão de concentrado na dieta. As dietas com feno de tifton-85 alfafa e concentrado e a dieta com feno de tifton-85 e concentrado apresentaram valores de digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis superiores a 90%. O menor teor de carboidratos fibrosos e maior teor de carboidratos não fibrosos, hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis nas dietas com a inclusão de concentrado, podem ter influenciado o aumento da digestibilidade destes nutrientes.

Moore e Dehority (1993) reportaram que não foram observadas diferenças na concentração de bactérias celulolíticas cecal em pôneis recebendo dietas com 90% feno e 10% de concentrado comparado com pôneis recebendo 60% feno e 40% concentrado, no entanto, a

maior quantidade de concentrado na dieta foi associada com aumento da quantidade das bactérias totais. O que pode explicar, neste ensaio de digestão, a não influência da adição de concentrado na digestibilidade da fibra, porém o aumento da digestibilidade dos carboidratos não fibrosos com a inclusão de concentrado na dieta.

4.3.3 Análise do conteúdo do cólon dos eqüinos alimentados com dietas simples e compostas

Não foram observadas diferenças significativas nos teores de FDN, FDA, CNF e CHO-T em função do tempo de coleta da digesta do cólon dos eqüinos, razão pelas quais os valores apresentados na Tabela 10 são os valores médios independentes do horário de coletada digesta. Para os nutrientes carboidratos hidrolisáveis (CHO-H) e carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) não foi realizado o teste de médias devido à perda de parcelas, sendo feito apenas a estatística descritiva. Os valores médios dos teores dos nutrientes no conteúdo do cólon estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Valores médios e seus respectivos erros padrão dos teores de matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) na base da matéria seca, da digesta do cólon ventral direito dos eqüinos alimentados com dietas simples e compostas.

Itens	Dietas (% da MS)			
	Tifton-85	Tifton-85 + alfafa	Tifton-85 + alfafa + concentrado I	Tifton-85 + concentrado II
MO	81,7±1,2 ^b	81,6±1,0 ^b	86,3±0,7 ^a	86,5±0,5 ^a
FDN	54,9±3,0 ^a	55,8±2,2 ^a	49,0±1,6 ^a	59,7±2,0 ^a
FDA	28,5±3,1 ^a	28,2±3,9 ^a	29,0±1,0 ^a	31,1±1,0 ^a
CNF	15,5±3,6 ^a	13,3±2,2 ^a	18,3±1,7 ^a	11,2±1,6 ^a
CHO-T	70,4±1,0 ^a	69,1±0,7 ^a	67,4±0,9 ^a	70,9±0,7 ^a

Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem entre si pelo SNK (P<0,05).

Houve diferenças significativas nos teores de matéria orgânica no conteúdo do cólon dos eqüinos alimentados com as diferentes dietas, sendo as maiores médias obtidas nos eqüinos que consumiram as dietas com inclusão de concentrado, resultados estes que tiveram reflexo no coeficiente de digestibilidade aparente no trato digestório total.

Não foram observadas diferenças (P>0,05) no teor de FDN no conteúdo do cólon dos eqüinos alimentados com as diferentes dietas, resultado este que refletiu no coeficiente de digestibilidade aparente destes nutrientes em todo o trato digestório. No entanto, o menor valor observado no teor de FDN, de 49%, foi nos eqüinos que consumiram a dieta composta por feno de tifton-85, alfafa e concentrado que pode ser explicado pelo menor teor de FDN nesta dieta, de 43,8%.

Os teores de FDA no conteúdo do cólon dos eqüinos não apresentaram diferenças significativas entre as diferentes dietas, resultado que refletiu no coeficiente de digestibilidade aparente em todo o trato digestório. No entanto, o maior valor observado, foi de 31,1% nos eqüinos consumindo dieta composta por tifton-85 e concentrado.

Com relação aos carboidratos não fibrosos, não foram observadas diferenças (P>0,05) no conteúdo do cólon dos eqüinos consumindo as diferentes dietas, porém, estes resultados não refletiram nos coeficientes de digestibilidade aparente destes carboidratos, que nas dietas com inclusão de concentrado apresentaram os maiores valores médios de digestibilidade em comparação as dietas somente com alimentos volumosos. No entanto, a maior média

observada, de 18,3%, foi nos equinos que consumiram a dieta composta por tifton-85, alfafa e concentrado, resultado este que pode ser explicado pelo maior teor deste carboidrato na dieta, de 33,4% quando comparado com as demais dietas.

Os valores médios observado dos carboidratos hidrolisáveis no conteúdo do cólon foram de 1,3; 1,0; 2,3 e 1,0%, respectivamente para os equinos que consumiram as dietas com feno de tifton-85; feno de tifton-85 e alfafa; feno de tifton-85, alfafa e concentrado; e dieta com feno de tifton-85 e concentrado. O maior teor de carboidratos hidrolisáveis foi observado nos equinos que consumiram a dieta composta por feno de tifton-85, alfafa e concentrado, provavelmente por ter sido a dieta com maior teor destes carboidratos.

Os teores de carboidratos rapidamente fermentáveis no conteúdo do cólon dos equinos que consumiram as dietas com feno de tifton-85; feno de tifton-85 e alfafa; feno de tifton-85, alfafa e concentrado, e dieta com feno de tifton-85 e concentrado foram respectivamente de 3,3; 6,3; 14,4 e 9,3%. O maior teor de carboidratos rapidamente fermentáveis foi observado nos equinos que consumiram a dieta composta por feno de tifton-85, alfafa e concentrado, provavelmente por ter sido a dieta com maior quantidade destes carboidratos.

Não foram observadas diferenças significativas nos teores de carboidratos totais na digesta do cólon dos equinos, resultados estes que não tiveram reflexo no coeficiente de digestibilidade aparente destes carboidratos no trato digestório total, onde as dietas com inclusão de concentrado apresentaram os maiores valores médios de coeficiente de digestibilidade.

4.4 Ensaio IV – Digestibilidade de Dietas Contendo Diferentes Níveis de Inclusão de Óleo de Soja

4.4.1 Análises químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas contendo diferentes níveis de inclusão de óleo de soja

A composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja estão expressos na Tabela 11.

Tabela 11. Composição químico-bromatológica expressa na base da matéria seca, dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) e carboidratos totais (CHO-T) dos ingredientes utilizados nas dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.

Ingredientes	MS (%)	Composição (% na MS)									
		PB	FDN	FDA	HEM	CEL	LIG	CNF	CHO-H	CHO-RF	CHO-T
Farelo Soja	90,6	53,9	13,4	10,8	2,6	3,3	8,9	23,5	5,9	17,4	36,7
<i>Coastcross</i>	89,2	4,7	78,9	40,6	38,3	29,4	9,4	11,1	3,9	7,9	90,7
Concentrado	90,0	12,9	42,3	14,1	28,1	7,4	5,2	25,1	16,5	8,8	67,7

Os teores de FDN e FDA no farelo de soja, observados neste ensaio, de 13,4% e 10,8%, respectivamente, foram próximos aos observados por Valadares (2000) de 14,06% FDN; 9,88% FDA e, por Quadros et al. (2004) de 13,59% FDN.

Os teores das frações dos carboidratos estruturais observados no feno de *coastcross* neste ensaio foram de 78,9; 40,6; 38,3; 29,4; 9,4%, respectivamente de FDN, FDA, HEM, CEL e LIG. Valores inferiores foram observados no ensaio II nos teores de FDN, FDA, CEL e LIG de respectivamente, 70,7; 29,3; 25,7; 4,1%, que pode ser explicado pelo elevado

estágio de maturidade do feno utilizado neste ensaio, que apresentou o menor teor de proteína bruta e maior teor de lignina.

Os teores das frações dos carboidratos estruturais obtidos neste ensaio no feno de *coastcross* foram de 78,9; 40,6; 38,3 e 29,4% para FDN, FDA, HEM e CEL, respectivamente. Valores semelhantes foram relatados por LaCasha et al. (1999), de 78,3% FDN, 40% FDA, 38,4% HEM e 31,4% CEL. Valores similares também foram observados por Perali et al. (2001) nos teores de FDN e FDA de 79,32% e 42,88%, respectivamente, e por Araújo et al. (2000) e Oliveira et al. (2003) no teor de FDA, de 40,6% e 40,15%, respectivamente. O teor de carboidratos totais observado no feno de *coastcross* foi de 90,7%, próximo ao reportado por Valadares et al. (2000), de 86,40%.

Em relação aos carboidratos não fibrosos no feno de capim-*coastcross*, o valor de 11,1%, foi superior aos relatados nos ensaios I e II, de 4,1 e 8,7% respectivamente. Valor superior do teor de carboidratos hidrolisáveis também foi observado neste ensaio, de 3,9%, em comparação aos teores destes carboidratos nos ensaios I e II, de 1,7 e 1,3%, respectivamente. Em relação ao teor de carboidratos rapidamente fermentáveis, o valor obtido neste ensaio, de 7,9%, foi semelhante ao observado no ensaio II, de 7,4%, porém valor inferior foi relatado no ensaio I, de 2,8%.

A composição químico-bromatológica dos nutrientes das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12. Composição químico-bromatológica, expressa na base da matéria seca, dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF) e carboidratos totais (CHO-T) das dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.

Nutrientes (% da MS)	Dietas		
	I (5% EE)	II (13% EE)	III (21% EE)
MS	90,4	91,0	92,2
PB	10,5	13,0	15,7
EE	4,9	12,2	21,8
EB (Mcal/dia)	4,2	4,6	5,2
FDN	53,4	46,9	39,3
FDA	22,7	21,1	19,2
HEM	30,6	25,9	20,3
CEL	14,6	13,5	12,2
CNF	20,7	18,2	15,1
CHO-H	12,2	9,7	6,7
CHO-RF	8,5	8,5	8,4
CHO-T	74,1	65,1	54,4

A inclusão de óleo de soja e farelo de soja em substituição ao concentrado reduziu os teores de carboidratos fibrosos, carboidratos não fibrosos, carboidratos hidrolisáveis e carboidratos totais das dietas, que pode ser explicado pela diferente composição nutricional dos ingredientes utilizados nas dietas, pois o concentrado apresentou valores de FDN, FDA, CEL, CNF, CHO-H e CHO-T, superiores aos valores observados no farelo de soja. A maior redução destes nutrientes foi observada na dieta com maior nível de inclusão de óleo em comparação com a dieta controle.

4.4.2 Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente das dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente e seus respectivos erros padrão da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemiceluloses (HEM), celulose (CEL), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos hidrolisáveis (CHO-H), carboidratos rapidamente fermentáveis (CHO-RF), carboidratos totais (CHO-T) das dietas com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.

Coeficientes de digestibilidade (%)	Dietas		
	I (5% EE)	II (13% EE)	III (21% EE)
MS	62,3 ±2,5 ^a	62,6±1,5 ^a	62,7±3,2 ^a
FDN	53,6±2,9 ^a	48,4±2,1 ^a	40,8±4,3 ^a
FDA	41,3±2,6 ^a	35,9±2,9 ^a	30,7±4,5 ^a
HEM	62,7±3,3 ^a	58,6±1,5 ^a	50,5±4,2 ^a
CEL	50,1±2,6 ^a	42,9±2,0 ^a	31,7±5,2 ^b
CNF	96,5±1,8 ^a	87,3±2,5 ^a	69,9±6,3 ^b
CHO-H	97,7±0,4 ^a	97,3±0,4 ^a	91,9±2,2 ^b
CHO-RF	94,9±3,9 ^a	76,3±5,1 ^a	53,2±9,5 ^b
CHO-T	65,0±2,1 ^a	58,4±1,7 ^a	48,8±4,3 ^b

As médias seguidas de letras diferentes nas linhas, diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Não foram observadas diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemiceluloses das dietas experimentais. No entanto, diferenças significativas foram observadas nos coeficientes de digestibilidade aparente dos CNF, CHO-H, CHO-RF e CHO-T, para os equinos que consumiram a dieta com maior nível de inclusão de óleo de soja.

Os animais que consumiram a dieta I, com 5% EE, apresentaram valores médios dos coeficientes de digestibilidade da FDN e FDA de 53,6 e 41,3%, respectivamente, enquanto, os equinos que consumiram a dieta III, com 21% EE, apresentaram valores médios de 40,8 e 30,7% respectivamente, nos coeficientes de digestibilidade aparente da FDN e FDA. Embora não tenha sido observada diferença significativa nos coeficientes de digestibilidade aparente da FDN e FDA, no maior nível de inclusão de óleo de soja, dieta com 21% EE, pode ser observada redução numérica deste coeficiente, que pode ser explicado pela redução significativa na digestibilidade da celulose.

Houve redução gradativa na digestibilidade da celulose com a inclusão crescente de óleo de soja nas dietas, no entanto, diferença significativa foi observada na dieta III com 21% EE, apresentando a menor média do coeficiente de digestibilidade aparente de 31,7%, esta redução pode ter ocorrido devido à alteração na flora bacteriana do intestino grosso destes animais.

Resende et al. (2004) utilizando adição crescente de óleo na dieta de equinos nos níveis de 0; 2,9; 5,7 e 8,3% da dieta total observaram que não houve alteração da digestibilidade da matéria seca, fibra detergente neutro e fibra detergente ácido. No entanto, Jansen et al. (2000) relataram que a substituição dos carboidratos não estruturais (glicose e amido) por óleo de soja em dieta isoenergética para equinos, reduziu os coeficientes de digestibilidade da FDN, FDA e da celulose, respectivamente em 5,2; 7,2 e 6,0 unidades percentuais.

Segundo Meyer (1995), fontes lipídicas de alta digestibilidade, como os óleos vegetais, podem ser totalmente digeridas no intestino delgado, não alcançando o intestino grosso, o que poderia alterar a microflora prejudicando a digestibilidade da fibra. Segundo Jansen et al. (2007) a redução na digestibilidade da fração fibrosa da dieta pode ser explicada pela inibição da atividade celulolítica das bactérias do ceco e/ou cólon dos eqüinos.

O valor médio do coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos na dieta com 5% EE, foi de 96,5%, dieta constituída por 33% de feno de *coastcross* e 66% de concentrado, valor próximo foi observado no ensaio III na dieta composta por 60% de tifton-85 e 40% de concentrado, de 91,4%. No entanto, a inclusão do maior nível de óleo de soja, resultou na redução significativa na digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos, em 26,6 pontos percentuais.

Houve redução ($P < 0,05$) no coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos hidrolisáveis e dos carboidratos rapidamente fermentáveis nos eqüinos que consumiram a dieta com 21% EE. O coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos rapidamente fermentáveis foi o que apresentou maior redução significativa, de 94,9% na dieta com 5% EE, para 53,2% na dieta com 21% EE, redução de 41,7 pontos percentuais. Estes carboidratos são constituídos por frutanas, pectina, β -glucanas e galactanas que não são digeridos pelas enzimas digestivas dos eqüinos, porém, são fermentados pelos microrganismos presentes no intestino grosso. O menor valor de digestibilidade dos carboidratos rapidamente fermentáveis associado ao maior nível de inclusão do óleo de soja pode ser devido à alteração da microflora, reduzindo a digestibilidade destes carboidratos. No entanto, não foram observadas diferenças significativas na digestibilidade da FDN e FDA, o que torna importante o fracionamento dos carboidratos não fibrosos.

4.5 Considerações Sobre a Digestão das Frações dos Carboidratos Não Fibrosos nos Eqüinos

Os carboidratos são os maiores constituintes na alimentação dos eqüinos e para animais com fermentação no intestino grosso, o fracionamento dos carboidratos não fibrosos em carboidratos hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis torna-se mais adequado ao estudo da fisiologia digestiva destes animais, sendo uma boa estimativa do teor destes carboidratos nos alimentos fornecidos aos eqüinos.

Foi verificado que os eqüinos digerem os carboidratos não fibrosos e suas frações hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis dos alimentos volumosos com alta eficiência. Nos alimentos volumosos avaliados, as leguminosas, amendoim forrageiro, *Stylosanthes guianensis* e *Macroptyloma axillare*, apresentaram elevados coeficientes de digestibilidade dos carboidratos fibrosos, não fibrosos e suas frações, sendo o amendoim forrageiro o alimento volumoso que apresentou digestibilidade de todos os nutrientes analisados acima de 70% demonstrando potencial na utilização em dietas para os eqüinos.

Quanto ao processamento do alimento volumoso para a utilização em dietas para eqüinos, avaliou-se a digestibilidade das frações dos carboidratos fibrosos e não fibrosos do feno de capim-*coastcross* com diferentes graus de moagem, demonstrando que não há interferência do grau de moagem na digestibilidade da fibra, dos carboidratos não fibrosos e de suas frações hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis.

O aumento da quantidade de carboidratos não fibrosos nas dietas dos eqüinos está quase sempre relacionado com o suprimento de energia para animais em atividade física, e dependendo da categoria, há a necessidade de inclusão de grandes quantidades destes carboidratos presentes em alimentos concentrados, com o objetivo de suprir as exigências energéticas destes animais. A inclusão de concentrado, na dieta nas dietas dos eqüinos, na proporção 60% de volumoso e 40% de concentrado, aumentou a digestibilidade dos

carboidratos não fibrosos e suas frações para valores acima de 90%, sem afetar a digestibilidade da fibra. Porém, elevados teores de concentrado nas dietas dos equinos com o objetivo de suprir as necessidades energéticas de animais de alta categoria, podem levar ao desenvolvimento de certas desordens digestivas.

Kronfeld et al. (1994) propôs a substituição de carboidratos hidrolisáveis, que é a fração dos carboidratos não fibrosos composta por açúcares simples e amido, por fibra e lipídios, com vantagens na redução de desordens digestivas, melhoria no desempenho e no comportamento dos equinos. No presente trabalho, foram avaliadas dietas com diferentes níveis de extrato etéreo de 5, 13 e 21%, e observou-se que a dieta com nível de 21% extrato etéreo, reduziu a digestibilidade da celulose, dos carboidratos não fibrosos e das frações hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis. No entanto, não foram observadas diferenças significativas na digestibilidade da FDN, FDA e HEM para o maior nível de extrato etéreo, de 21%, o que torna importante o fracionamento dos carboidratos não fibrosos em hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis, pois com o fracionamento pode ser observado que o alto nível de óleo afeta a digestibilidade dos carboidratos rapidamente fermentáveis, provavelmente, por alcançar o intestino grosso afetando a flora bacteriana presente no ceco e cólon dos equinos, o que levou a redução significativa da digestibilidade dos carboidratos rapidamente fermentáveis e da celulose. No entanto, dietas com níveis de até 13% de extrato etéreo, não interferiram na digestibilidade dos carboidratos fibrosos e não fibrosos, sendo uma boa alternativa quando se pretende aumentar o nível energético da dieta sem o correspondente aumento da quantidade de concentrado, ou seja, de matéria seca consumida.

5 CONCLUSÕES

A análise do fracionamento dos carboidratos não fibrosos em hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis é uma boa estimativa do valor nutricional dos alimentos, podendo ser incluída na avaliação da qualidade dos alimentos e no balanceamento de dietas dos eqüinos. Os eqüinos apresentaram alta eficiência na digestão dos carboidratos não fibrosos e de suas frações.

Nos alimentos volumosos avaliados, o amendoim forrageiro apresentou melhor digestibilidade dos nutrientes analisados demonstrando potencial na utilização em dietas para os eqüinos. O processamento do feno de capim-*coastcross* não afetou a digestibilidade das frações dos carboidratos fibrosos e não fibrosos nos diferentes graus de moagem.

Em dietas mistas, a adição de concentrado aumenta a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos e suas frações, sem afetar a digestibilidade da fibra, enquanto em dietas hiperlipidêmicas, com níveis de até 13% de extrato etéreo, a digestibilidade das frações dos carboidratos fibrosos e não fibrosos não é afetada, no entanto, em dietas com 21% de extrato etéreo, há redução na digestibilidade da celulose e dos carboidratos não fibrosos e suas frações hidrolisáveis e rapidamente fermentáveis.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.I.V.; FERREIRA, W.M.; ALMEIDA, F.Q.; SAINT JUST, C.A.; GONÇALVES, L.C.; RESENDE, A.S.C. Valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Shum), do feno de alfafa (*Medicago sativa*, L.) e do feno de capim *Coast-cross* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) para eqüinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.743-752, 1999.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; TEIXEIRA, J.C. Comparação da técnica do saco de náilon móvel com o método de coleta total na determinação da digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos em eqüinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 752-761, 2000.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; TEIXEIRA, J.C.; FIALHO, E.T.; OLIVEIRA, A.I.G.; QUEIROZ, A.C. Uso da técnica do saco de náilon móvel na determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p. 957-963, 1996.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed., Washington D.C., 1990, 1141p.

BJÖRNHAG, G. Comparative aspects of digestion in the hindgut of mammals. The colonic separation mechanism (CSM). **Deutsche Tierärztliche Wochenschrift**, v.94, n.8, p.33-36, 1987.

BRETAS, A.A. **Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes e características físico-químicas da digesta no cólon de eqüinos**. Seropédica, RJ, 2005. 41p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

COHEN, N.D.; GIBBS, P.G.; WOODS, A.M. Dietary and other management factors associated with colic in horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.215, p.53-60, 1999.

CUDDEFORD, D. Starch Digestion in the Horse. In: **Advance on equine nutrition II**. Kentucky Equine Research, Inc., Versailles, Kentucky, USA, p.13-28, 2001.

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

DROGOUL, C.; DE FOMBELLE, A.; JULLIAND, V. Feeding and microbial disorders in horses: 2: effect of three hay:grain ratios on digesta passage rate and digestibility in ponies. **Journal of Equine Veterinary Science**. v. 21, n.10, p. 487-491. 2001.

DROGOUL, C.; PONCET, C; TISSERAND, J.L. Feeding ground and pelleted hay rather than chopped hay to ponies. 1. Consequences for in vivo digestibility and of passage de digesta. **Animal Feed Science and Technology**, v. 87, p.117-130, 2000.

EASTWOOD, M.A. The physiological effect of dietary fiber: an update. **Annual Review Nutrition**, v12, p.19-35, 1992.

- EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. Qualidade da matéria prima e novos testes laboratoriais como instrumento de maximização da dieta balanceada. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 42, 2005, Goiânia. Simpósio sobre Nutrição de Ruminantes, 2005, Goiânia. **Anais...** SBZ: Goiânia, p.296-321, 2005.
- FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 31, 1994, Maringá. Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes. **Anais...** SBZ: Maringá, p.85-113, 1994.
- FONNESBECK, P.V. Digestion of soluble and fibrous carbohydrate of forage by horses. **Journal of Animal Science**, v.27, n.5, p.1336-1344, 1968.
- FURTADO, C.E.; CABRERA, L.; OLIVEIRA, C.A.A. Avaliação da digestibilidade aparente de fenos de gramíneas e leguminosas para eqüinos. **Acta Scientiarum**, v. 21, n.3, p.651-655, 1999.
- GIGER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.55, n.4, p.295-334, 1995.
- GODOI, F.N.; ALMEIDA, F.Q.; MORGADO, E.S.; VENTURA, H.T.; RODRIGUES, L.M.; BRASILEIRO L.S. Efeito da adição de óleo de soja na digestibilidade dos nutrientes em dietas para eqüinos atletas. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44, 2007, Jaboticabal. **Anais...** SBZ: Jaboticabal.
- HALL M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p.3226–3232, 2003.
- HALL, M.B. Recent advanced in non-NDF carbohydrates for the nutrition of lactating cows, In: Simpósio Internacional em Bovinos de Leite, 2, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA-FAEPE, p.139-148, 2001.
- HINEY, K.M.; POTTER, G.D. A review of recent research on nutrition and metabolism in the athletic horse. **Nutrition Research Reviews**, v.9, p.149-173, 1996.
- HINTZ, H.F.; HOGUE, D.E.; WALKER, E.F, LOWE, J.C.; SCHRYVER, N.F. Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies fed diets with varying roughage – grain rations. **Journal of Animal Science**, v.32, n.2, p.245-248, 1971.
- HINTZ, H.F. Alimentado o cavalo atleta. In: Simpósio Internacional do Cavalo de Esporte, 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG, n.19, p.49-58, 1997.
- HOFFMAN, R.M.; LAWRENCE, L.A.; KRONFELD, D.S.; COOPER, W.L.; SKLAN, D.J.; DASCANIO, J.J.; HARRIS, P.A. Dietary carbohydrates and fat influence radiographic bone mineral content of growing foals **Journal of Animal Science**, v.77, p.3330–3338, 1999.
- HOFFMAN, R.M.; WILSON, J.A.; KRONFELD, D.S.; COOPER, W.L.; LAWRENCE, L. A.; SKLAN, D.; HARRIS, P.A. Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay, and horse feeds: direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, v.79, p.500-506, 2001.
- HOLLAND, J.L.; KRONFELD, D.S.; SKLAN, D.; HARRIS, P.A. Calculation of fecal kinetics in horses fed hay or hay and concentrate. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1937–1944, 1998.
- HUGHES, S.J., POTTER, G.D., GREENE, L.W., ODOM, T.W. & MURRAY-GERZIK, M. (1995). Adaptation of Thoroughbred horses in training to a fat supplemented diet. **Equine Veterinary Journal**, Supplement 18, 349-352.

- HUME, I.D.; SAKAGUCHI, E. Patterns of digesta flow and digestion in foregut and hindgut fermenters. In: T.Tsuda, Y. Sasaki and R. Kawashina (Ed.), **Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants**. Academic Press Inc., San Diego, USA, p.427-451, 1991.
- JANSEN, W.L.; CONE, J.W.; GEELEN, S.N.J.; SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M.M.; VAN GELDER A.H.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; BEYNEN A.C. High fat intake by ponies reduces both apparent digestibility of dietary cellulose and cellulose fermentation by faeces and isolated caecal and colonic contents. **Animal Feed Science and Technology**, v.133, p. 298–308, 2007.
- JANSEN, W.L.; VAN DER KUILEN, J.; GEELEN, S.N.J.; BEYNEN, A.C. The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil on the digestibility of fiber in trotting horses. **Equine Veterinary Journal**, v.32, n.1, p.27-30, 2000.
- JUNG, H. G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. **Agronomy Journal**, v.81, n.1, p.33-38, 1989.
- KOHN, C.; ALLEN, A.K.; HARRIS, P. et al. Nutrition for the equine athlete. **The Equine Athlete**, v.9, n.4, p.12-17, 1996.
- KRONFELD, D. A practical method for ration evaluation and diet formulation: an introduction to sensitivity analysis In: **Advance on equine nutrition II**. Kentucky Equine Research, Inc., Versailles, Kentucky, USA, p.13-28, 2001.
- KRONFELD, D. S.; FERRANTE P. L.; GRANDJEAN, D. Optimal nutrition for athletic performance, with emphasis on fat adaptation in dogs and horses. **Journal of Nutrition**, v.124, p.2745S-2753S, 1994.
- LACASHA, P. A.; BRADY, H. A.; ALLEN, V. G.; RICHARDSON, C. R.; POND, K. R. Voluntary intake, digestibility, and subsequent selection of Matua Bromegrass, Coastal Bermudagrass, and Alfalfa hays by yearling horses. **Journal of Animal Science** v.77, p.2766–2773, 1999.
- LADEIRA, M.M.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C.; SALIBA, E.O.S.; BRITO, S.C.; SÁ, L. A. P.; Avaliação do feno de *Arachis pintoi* utilizando o ensaio de digestibilidade *in vivo*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2350-2356, 2002.
- LADEIRA, M.M.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; BENEDETTI, E.; TEIXEIRA, E.A.; LARA, L.B. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais do feno de *Stylosanthes guianensis*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53 n.2, p. 231-236, 2001.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 29, 1992, Lavras. Simpósio Internacional de Ruminantes. **Anais...**: SBZ, Lavras, p.188-219, 1992.
- MERTENS, D.R. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. **Journal of Animal Science**. v.81, p.3233-3249, 2003.
- MEYER, H. **Alimentação de cavalos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995, 303p.
- MIRAGLIA, N.; BERGERO, D.; BASSANO, B.; TARANTOLAB, M.; LADETTOB, G. Studies of apparent digestibility in horses and the use of internal markers. **Livestock Production Science**, v.60, p.21–25, 1999.

- MIRAGLIA, N.; BERGERO, D.; POLIDORI, M.; PEIRETTI, P.G.; LADETTO, G. The effects of a new fiber-rich concentrate on the digestibility of horse rations. **Livestock Science**, v. 100, p.10–13, 2006.
- MOORE, B. E.; DEHORITY, B. A. Effects of diet and hindgut defaunation on diet digestibility and microbial concentrations in the cecum and colon of the horse. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 3350-3358, 1993.
- MOORE-COLYER, M.J.S.; HYSLOP, J.J.; LONGLAND, A.C.; CUDDEFORD, D. The mobile bag technique as a method for determining the degradation of four botanically diverse fibrous feedstuffs in the small intestine and total digestive tract of ponies. **British Journal of Nutrition**, v. 88, p. 729-740, 2002.
- MORETINI, C.A.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; MERCER, J.R.; BRANDI, R.A. Avaliação nutricional de alguns alimentos para eqüinos por meio de ensaios metabólicos. **Ciências e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p. 621-626, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of horses**. Washington, D.C., 5. Ed., 1989. 100p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of horses**. Washington, D.C., 6. Ed., 2007. 341p.
- OLIVEIRA, C.A.A.; ALMEIDA, F.Q.; VALADARES FILHO, S.C; VIEIRA, A.A.; ALMEIDA, M.I.V.; CORASSA, A.; LOPES, B.A.; MACEDO, R. Estimativa da digestibilidade aparente de nutrientes em dietas para eqüinos, com o uso de óxido crômico e indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1681-1689, 2003.
- PACIULLO, D.S.C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**. v.32, n.2, p.357-364, 2002.
- PAGAN, J.D. Forages for horses: more than just filler. In: **Advance on equine nutrition I**. Kentucky Equine Research, Inc., Versailles, Kentucky, USA, p.13-28, 2001a.
- PAGAN, J.D. Carbohydrates in equine nutrition. In: **Advance on equine nutrition I**. Kentucky Equine Research, Inc., Versailles, Kentucky, USA, p.13-28, 2001b.
- PAGAN, J.D.; HARRIS, P.A.; BREWSTER-BARNES, T.; DUREN, S.E.; JACKSON, S.G. Exercise affects digestibility and rate of passage of all-forage and mixed diets in thoroughbreds horses. **Journal of Nutrition**, v.128, p.2704S-2707S, 1998.
- PAGLIOSA, G.M.; ALVES, G.E.S.; SAMPAIO, I.; SALIBA, E.; FANTINI, P. Avaliação da influência das pontas excessivas de esmalte dentário na digestibilidade dos carboidratos estruturais em eqüinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.1, p.94-98, 2006.
- PERALI, C.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T.; BERTECCHINI, A.G.; ARAÚJO, K.V. Valores nutricionais de alimentos para eqüinos. **Ciências e Agrotecnologia**, v.25, n.5, p.1216-1224, 2001.
- PIMENTEL, R.R.M. **Digestibilidade aparente dos nutrientes e cinética de passagem da digesta em eqüinos alimentados com feno de capim coast-cross em diferentes formas físicas**. Seropédica, RJ, 2006. 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- POTTER, G.D.; ARNOLD, F.F.; HOUSEHOLDER, D.D.; HANSEN, D.H.; BROWN, K.M. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. **Pferdeheilkunde** v.1, p.107–111, 1992.

- QUADROS, J.B.S.; FURTADO, C.E.; BARBOSA, E.D.; ANDRADE, M.B.; TREVISAN, A.G. Digestibilidade aparente e desenvolvimento de eqüinos em crescimento submetidos a dietas compostas por diferentes níveis de substituição do feno de tifton 85 pela casca de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.564-574, 2004.
- RESENDE JÚNIOR, T.; REZENDE, A.S.C.; LACERDA JÚNIOR, O.V.; BRETAS, M.; LANA, A.; MOURA, R.S.; RESENDE, H.C. Efeito do nível de óleo de milho adicionado à dieta de eqüinos sobre a digestibilidade dos nutrientes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.1, p.69-73, 2004.
- SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; FARIA, E.P.; PILÓ-VELOSO, D. Caracterização microscópica da lignina dos resíduos agrícolas de milho e de soja submetidos à fermentação ruminal e seus efeitos sobre a digestibilidade da fibra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, n.1, p.89-96, 1999a.
- SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; FERNANDES, P.C.C. Efeito das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e soja submetidos à fermentação ruminal sobre a digestibilidade da fibra. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 36, 1999, Porto Alegre. Simpósio sobre Nutrição de Ruminantes, 1999, Porto Alegre. **Anais...** SBZ: Porto Alegre, p.296, 1999b.
- SCHNEIDER, B.H.; FLATT, W.P. **The evaluation of feeds through digestibility experiments**. The University of Georgia Press. Athens, Georgia, 1975, 423p.
- SELLERS, A.F.; LOWE, J.E.; DROST, C.J.; RANDANO, V.T.; GEORGI, J.R.; ROBERTS, M.C. Retropropulsion-propulsion in equine large colon. **American Journal Veterinary Research**. v.43, p.390-396, 1982.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. Ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002, 235p.
- SILVA, V.P. **Digestão Total e Cecal de Alimentos Volumosos para Eqüinos**. Seropédica, RJ, 2007. 50p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- SLADE, L.M.; HINTZ, H.F. Comparison of digestion in horses, ponies, rabbits and guinea pigs. **Journal of Animal Science**, v.28, n.6, p.842-843, 1969.
- SMOLDERS, E.A.A.; STEG, A.; HINDLE, V.A. Organic matter digestibility in horses and its prediction. **Journal Agricultural Science**, v. 38, p. 435-447, 1990.
- STEIN, R. B.S.; TOLEDO, L. R.A.; ALMEIDA, F.Q.; RODRIGUES, P.H.M.; LIMA, C.G.; CORASSA A.; SANTOS, T.M. Estimativa da digestibilidade aparente da matéria seca por meio de indicadores internos em eqüinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.504-511, 2006.
- TEIXEIRA, J.C.; ANDRADE, G.A. Carboidratos na alimentação de ruminantes. In: Simpósio de Forragicultura e Pastagem, 2, Lavras, 2001. **Anais...**: Lavras: UFLA-FAEPE, p.165-210, 2001.
- TISSERAND, J.L. Non-ruminant herbivores; Part III. Horses and Rabbits. **Livestock Production Science**, v.19, p.279-288, 1988.
- TOOD, L.K.; SAUER, W.C.; CHIRSTOPHERSON, R.J.; COLEMAN, R.J.; CAINE, W.R. The effect of feeding different forms of alfalfa on nutrient digestibility and voluntary intake in horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.73, p. 1-8, 1995.
- UDÉN, P.; VAN SOEST, P.J. Comparative digestion of timothy (*Phleum pratense*) fiber by ruminants, equine and rabbits. **British Journal of Nutrition**, v. 47, p. 267-272, 1982.

- VALADARES FILHO, S.C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Viçosa. Simpósio sobre Nutrição de Ruminantes. **Anais...** SBZ: Viçosa, p.267-340, 2000.
- VAN SOEST, P.J. The use of detergents in the analysis of fibrous feeds II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Official Agricultural Chemist**, v.46, p.829–835, 1963.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON J.P; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of Animal Science**, v.26. p.119, 1967.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd Edition. Ithaca, NewYork: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. AS 613 Manual, Dep. Animal Science, Cornell University, Ithaca, NY, 1985. 202p.
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Official Agricultural Chemist**, v.50, p.50-55, 1967.
- WEISS, W.P. Predicting energy values of feeds. **Journal of Dairy Science**. V.76, p.1802, 1993
- WEYENBERG, S.V.; SALES, J.; JANSSENS, G.P.J. Passage rate of digesta through the equine gastrointestinal tract: a review. **Livestock science**, v. 99, p. 3-13, 2006.

7 ANEXOS

Anexo A	Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes em eqüinos alimentados com diferentes volumosos.....	42
Anexo B	Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes em eqüinos alimentados com capim- <i>coastcross</i> com diferentes formas físicas.....	44
Anexo C	Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes em eqüinos alimentados com dietas simples e compostas.....	47
Anexo D	Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos alimentados com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.....	50

Anexo A. Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes em equinos alimentados com diferentes volumosos.

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da matéria seca

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	6	5126.797	854.4662	1517.212*
BLOCO	4	16.42661	4.106653	7.292*
Resíduo	24	13.51637	0.5631819	

Coeficiente de Variação = 1.104

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	6	4489.836	748.3060	476.986*
BLOCO	4	30.34545	7.586362	4.836*
Resíduo	24	37.65171	1.568821	

Coeficiente de Variação = 2.386

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	6	10007.05	1667.842	790.020*
BLOCO	4	40.91706	10.22927	4.845*
Resíduo	24	50.66736	2.111140	

Coeficiente de Variação = 3.217

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade das hemiceluloses

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	6	3694.431	615.7386	673.998*
BLOCO	4	24.49752	6.124379	6.704*
Resíduo	24	21.92547	0.9135614	

Coeficiente de Variação = 1.564

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da celulose

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	6	8701.019	1450.170	769.617*
BLOCO	4	37.78718	9.446794	5.013*
Resíduo	24	45.22258	1.884274	

Coeficiente de Variação = 2.864

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	6	2281.863	380.3105	5356.752*
BLOCO	4	1.208760	0.3021899	4.256*
Resíduo	24	1.703915	0.7099647E-01	

Coeficiente de Variação = 0.295

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	6	3216.475	536.0792	6293.194*
BLOCO	4	3.349954	0.8374884	9.832*
Resíduo	24	2.044415	0.8518396E-01	

Coeficiente de Variação = 0.352

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos rapidamente fermentáveis

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	6	1918.852	319.8087	4494.827*
BLOCO	4	0.6688061	0.1672015	2.350*
Resíduo	24	1.707609	0.7115039E-01	

Coeficiente de Variação = 0.286

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos totais

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	6	5523.841	920.6401	1384.146*
BLOCO	4	20.76405	5.191012	7.804*
Resíduo	24	15.96317	0.6651320	

Coeficiente de Variação = 1.299

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Anexo B. Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes em equinos alimentados com capim-coastcross com diferentes formas físicas.

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da matéria seca

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	1.388980	0.4629933	0.066ns
COLUNA	3	8.149737	2.716579	0.389ns
TRAT	3	11.00759	3.669195	0.526ns
Resíduo	6	41.85678	6.976130	
Coeficiente de Variação = 4.383				

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	30.18819	10.06273	0.746ns
COLUNA	3	28.83903	9.613010	0.713ns
TRAT	3	17.97384	5.991279	0.444ns
Resíduo	6	80.88961	13.48160	
Coeficiente de Variação = 5.836				

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	42.36664	14.12221	0.818ns
COLUNA	3	47.17387	15.72462	0.911ns
TRAT	3	76.07962	25.35987	1.469ns
Resíduo	6	103.5714	17.26190	
Coeficiente de Variação = 6.659				

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade das hemiceluloses

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	20.81070	6.936898	0.514ns
COLUNA	3	30.78504	10.26168	0.760ns
TRAT	3	4.223902	1.407967	0.104ns
Resíduo	6	81.03740	13.50623	
Coeficiente de Variação = 5.796				

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da celulose

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	29.63809	9.879364	0.751ns
COLUNA	3	58.81811	19.60604	1.491ns
TRAT	3	42.75108	14.25036	1.083ns
Resíduo	6	78.92187	13.15365	
Coeficiente de Variação = 5.509				

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	72.56532	24.18844	2.095ns
COLUNA	3	178.2550	59.41833	5.147*
TRAT	3	35.42315	11.80772	1.023ns
Resíduo	6	69.25964	11.54327	
Coeficiente de Variação = 6.825				

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	238.4059	79.46864	1.011ns
COLUNA	3	20.62400	6.874666	0.087ns
TRAT	3	323.1042	107.7014	1.370ns
Resíduo	6	471.6102	78.60169	

Coeficiente de Variação = 12.264

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos rapidamente fermentáveis

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	90.32542	30.10847	1.426ns
COLUNA	3	271.0141	90.33805	4.279ns
TRAT	3	34.32971	11.44324	0.542ns
Resíduo	6	126.6736	21.11227	

Coeficiente de Variação = 10.021

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos totais

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	29.30007	9.766692	0.757ns
COLUNA	3	36.17920	12.05973	0.934ns
TRAT	3	19.24767	6.415889	0.497ns
Resíduo	6	77.45059	12.90843	

Coeficiente de Variação = 5.844

Análise de variância dos teores de matéria seca da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	5.501374	1.833791	2.904ns
COLUNA	3	3.406517	1.135506	1.798ns
TRAT	3	6.312711	2.104237	3.333ns
Resíduo	6	3.788443	0.6314072	

Coeficiente de Variação = 12.217

Análise de variância dos teores de fibra em detergente neutro da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	28.49863	9.499544	0.890ns
COLUNA	3	38.56042	12.85347	1.205ns
TRAT	3	366.4034	122.1345	11.446*
Resíduo	6	64.02020	10.67003	

Coeficiente de Variação = 5.409

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância dos teores de fibra em detergente ácido da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	25.34145	8.447152	0.968ns
COLUNA	3	14.85746	4.952485	0.568ns
TRAT	3	68.15551	22.71850	2.603ns
Resíduo	6	52.35803	8.726339	

Coeficiente de Variação = 9.343

Análise de variância dos teores de hemiceluloses da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	59.75557	19.91852	1.050ns
COLUNA	3	11.21972	3.739907	0.197ns
TRAT	3	118.9118	39.63727	2.090ns
Resíduo	6	113.8146	18.96910	

Coeficiente de Variação = 15.139

Análise de variância dos teores de carboidratos não fibrosos da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	47.37288	15.79096	2.615ns
COLUNA	3	12.66155	4.220515	0.699ns
TRAT	3	129.2772	43.09241	7.135*
Resíduo	6	36.23549	6.039248	

Coeficiente de Variação = 27.381

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância dos teores de carboidratos hidrolisáveis da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	0.1508559	0.5028529E-01	0.912ns
COLUNA	3	0.6857967	0.2285989	4.146ns
TRAT	3	0.4884190	0.1628063	2.953ns
Resíduo	6	0.3307878	0.5513129E-01	

Coeficiente de Variação = 14.688

Análise de variância dos teores de carboidratos rapidamente fermentáveis da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	50.34403	16.78134	2.626ns
COLUNA	3	11.36815	3.789384	0.593ns
TRAT	3	114.4816	38.16053	5.971*
Resíduo	6	38.34721	6.391201	

Coeficiente de Variação = 34.272

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância dos teores de carboidratos totais da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	38.94287	12.98096	5.409*
COLUNA	3	9.209772	3.069924	1.279ns
TRAT	3	66.63062	22.21021	9.256*
Resíduo	6	14.39802	2.399670	

Coeficiente de Variação = 2.233

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Anexo C. Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes em equinos alimentados com dietas simples e compostas.

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da matéria seca

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	52.34085	17.44695	0.895ns
COLUNA	3	167.2763	55.75876	2.862ns
TRAT	3	934.0114	311.3371	15.979*
Resíduo	6	116.9084	19.48473	

Coeficiente de Variação = 7.951

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	13.12217	4.374056	0.152ns
COLUNA	3	139.1302	46.37673	1.616ns
TRAT	3	1237.745	412.5817	14.376*
Resíduo	6	172.1997	28.69995	

Coeficiente de Variação = 9.467

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	109.9784	36.65947	0.676ns
COLUNA	3	215.9982	71.99940	1.327ns
TRAT	3	244.6611	81.55370	1.503ns
Resíduo	6	325.5381	54.25635	

Coeficiente de Variação = 17.014

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	57.00703	19.00234	0.373ns
COLUNA	3	257.0269	85.67562	1.682ns
TRAT	3	338.0597	112.6866	2.212ns
Resíduo	6	305.6012	50.93354	

Coeficiente de Variação = 17.063

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade das hemiceluloses

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	174.7535	58.25115	0.832ns
COLUNA	3	78.79004	26.26335	0.375ns
TRAT	3	144.4887	48.16291	0.688ns
Resíduo	6	420.1529	70.02549	

Coeficiente de Variação = 18.419

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	101.6820	33.89400	1.377ns
COLUNA	3	213.1055	71.03516	2.885ns
TRAT	3	1125.800	375.2668	15.241*
Resíduo	6	147.7318	24.62196	

Coeficiente de Variação = 5.933

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	117.5852	39.19508	1.052
COLUNA	3	26.43552	8.811840	0.236
TRAT	3	2044.682	681.5607	18.285*
Resíduo	6	223.6428	37.27381	

Coeficiente de Variação = 7.387

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos rapidamente fermentáveis

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	355.2987	118.4329	2.293ns
COLUNA	3	298.4105	99.47016	1.926ns
TRAT	3	926.7410	308.9137	5.981*
Resíduo	6	309.8879	51.64798	

Coeficiente de Variação = 8.601

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos totais

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
LINHA	3	46.74249	15.58083	0.767ns
COLUNA	3	149.5921	49.86403	2.456ns
TRAT	3	1120.161	373.3870	18.390*
Resíduo	6	121.8231	20.30385	

Coeficiente de Variação = 8.074

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância dos teores de matéria orgânica da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Total	47	689.8831		
Total de Redução	23	563.0192	24.47910	4.63*
ANIMAL	3	141.1268	47.04227	3.71*
PER	3	49.93571	16.64524	1.55
TRAT	3	256.3713	85.45708	6.73*
** ERRO(A) **	6	64.26709	10.71118	
TEMPO	2	33.15370	16.57685	3.14ns
TRAT*TEMPO	6	18.16466	3.027443	0.57ns
Resíduo	24	126.8639	5.285995	

Número de Dados = 48

Média Geral = 84.077

Coef. de Variação = 2.7345

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância dos teores da fibra em detergente neutro da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Total	47	3411.353		
Total de Redução	23	2328.880	101.2557	2.24ns
ANIMAL	3	84.94463	28.31488	0.21ns
PER	3	737.4880	245.8293	3.09
TRAT	3	692.6897	230.8966	1.71ns
** ERRO(A) **	6	477.551	79.5918	
TEMPO	2	39.34595	19.67297	0.44ns
TRAT*TEMPO	6	296.8610	49.47683	1.10ns
Resíduo	24	1082.473	45.10305	

Número de Dados = 48

Média Geral = 54.876

Coef. de Variação = 12.238

Análise de variância dos teores da fibra em detergente ácido da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Total	47	3684.592		
Total de Redução	23	2882.247	125.3151	3.75ns
ANIMAL	3	274.6708	91.55692	0.38ns
PER	3	1454.739	484.9132	4.10
TRAT	3	61.87737	20.62579	0.09ns
** ERRO(A) **	6	709.767	118.2945	
TEMPO	2	28.39961	14.19981	0.42ns
TRAT*TEMPO	6	353.7935	58.96558	1.76ns
Resíduo	24	802.3442	33.43101	

Número de Dados = 48
Média Geral = 29.210
Coef. de Variação = 19.794

Análise de variância dos teores de carboidratos não fibrosos da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Total	47	3.005164		
Total de Redução	23	1.981877	0.8616858E-01	2.02ns
ANIMAL	3	0.1228447	0.4094823E-01	1.15ns
PER	3	1.045930	0.3486434	9.81*
TRAT	3	0.3943006	0.1314335	3.69ns
** ERRO(A) **	6	0.213310	0.03555	
TEMPO	2	0.5972229E-02	0.2986114E-02	0.07ns
TRAT*TEMPO	6	0.1995189	0.3325315E-01	0.78ns
Resíduo	24	1.023287	0.4263696E-01	

Número de Dados = 48
Média Geral = 1.0959
Coef. de Variação = 18.842

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância dos teores de carboidratos totais da digesta do cólon dos equinos

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
Total	47	463.0706		
Total de Redução	23	327.4108	14.23525	2.52ns
ANIMAL	3	34.61917	11.53972	0.62ns
PER	3	55.60944	18.53648	1.00ns
TRAT	3	92.83373	30.94458	1.67ns
** ERRO(A) **	6	110.8644	18.4774	
TEMPO	2	19.86930	9.934650	1.76ns
TRAT*TEMPO	6	13.61475	2.269124	0.40ns
Resíduo	24	135.6598	5.652490	

Número de Dados = 48
Média Geral = 69.475
Coef. de Variação = 3.4221

Anexo D. Análise de variância dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes em equinos alimentados com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja.

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da matéria seca

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	2	0.4578716	0.2289358	0.009ns
Resíduo	10	250.3165	25.03165	

Coeficiente de Variação = 7.996

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	2	330.0075	165.0038	3.981ns
Resíduo	10	414.4284	41.44284	

Coeficiente de Variação = 13.503

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	2	226.1978	113.0989	2.297ns
Resíduo	10	492.3360	49.23360	

Coeficiente de Variação = 19.512

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade das hemiceluloses

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	2	309.3561	154.6780	4.025ns
Resíduo	10	384.2732	38.42732	

Coeficiente de Variação = 10.802

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade da celulose

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	2	687.1731	343.5866	7.008*
Resíduo	10	490.2476	49.02476	

Coeficiente de Variação = 16.793

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	2	1455.318	727.6591	11.262*
Resíduo	10	646.1026	64.61026	

Coeficiente de Variação = 9.481

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos hidrolisáveis

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	2	84.71220	42.35610	6.541*
Resíduo	10	64.75429	6.475429	

Coeficiente de Variação = 2.657

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos rapidamente

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	2	3504.254	1752.127	9.820*
Resíduo	10	1784.305	178.4305	

Coeficiente de Variação = 17.834

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK

Análise de variância do coeficiente de digestibilidade dos carboidratos totais

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F
TRAT	2	535.9497	267.9748	8.155*
Resíduo	10	328.6148	32.86148	

Coeficiente de Variação = 9.973

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste SNK