

Mariana Vieira de Paula Pinto

Utilização digestiva de dietas com diferentes fontes fibrosas e determinação de curvas glicêmicas em cães adultos

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Zootecnia.

**Área: Nutrição Animal
Orientador: Dalton de Oliveira Fontes
Co-orientador: Aulus Cavalieri Carciofi**

**Belo Horizonte
Escola de Veterinária da UFMG
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Dedico este trabalho aos meus queridos pais,
pelo carinho, apoio, compreensão e incentivo incondicionais.
E à minha futura colega de profissão, minha afilhada Laura.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelos grandes ensinamentos transmitidos, pelo amor sem limites, pelo incentivo e apoio a todos os meus sonhos. E hoje, quando olho para trás e vejo as dificuldades e os aprendizados, os tropeços e as lições, as angústias e as recompensas... vejo que tudo valeu à pena... e, que se não fosse por eles, talvez eu não teria a oportunidade de ter dado início, andamento e conclusão a este trabalho. Só tenho a dizer MUITO OBRIGADA às pessoas mais importantes da minha vida!

Agradeço ao meu companheiro, amigo, namorado, confidente... Gu! Obrigada... por todas as viagens desconfortáveis, por ter suportado todos os odores desagradáveis, pelo Natal dentro de um laboratório, por ter me agüentado mesmo com o maior mau humor do mundo... obrigada por ter feito tudo isto de coração, sem medir esforços... Foi peça essencial neste quebra-cabeça.

À minha irmã, Júlia, aos meus familiares e amigos, por todo o carinho e apoio, principalmente nos meses em que fiquei em Jaboticabal... pelos telefonemas... palavras de conforto e incentivo... Agradeço de coração!

Ao meu orientador Dalton, pela oportunidade de ter feito o mestrado na área de nutrição de cães. Obrigada por ter aceitado este desafio! Agradeço pelos conselhos e auxílios e pelo convívio alegre e descontraído.

Ao estimado Prof. Walter, por ter sido mais que um orientador ou co-orientador... foi um amigo, uma pessoa com a qual eu podia, e sei que posso, contar a qualquer hora... mais do que isto, agradeço por todas as oportunidades, pela confiança, pelo incentivo... Espero um dia poder retribuir tudo o que fez por mim. Muito obrigada!

Agradeço ao Prof. Aulus pela imensa ajuda e pela honra de ter sido meu co-orientador. Serei eternamente grata pelos valiosos ensinamentos, pelo amparo nos momentos difíceis e até pelo perfeccionismo, que apesar de às vezes ter me deixado meio desnorreada, me fez amadurecer muito. Obrigada!

Aos amigos e colegas de profissão da equipe de nutrição da UNESP-Jaboticabal tenho muito a agradecer... pelo carinho, apoio, aprendizado, paciência, enorme ajuda... especialmente Íris, Lú, Márcio, Ricardo, Gui, Mi, Li, Luiz... muito obrigada!

Aos funcionários da UNESP-Jaboticabal que me ajudaram e se tornaram amigos: Marcão, Cláudia, Ana Paula, Orlando, Vicente, Robson, Hélio... E ao Toninho, do Laboratório de Nutrição Animal da EV-UFMG, pelo carinho e paciência. Obrigada por tudo o que fizeram por mim.

Aos colegas Izabel, Gerusa, Prof. Martinho e Bruno Valente pela ajuda com a estatística.

À Escola de Veterinária da UFMG pela oportunidade de fazer o mestrado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa DILUMIX pelo auxílio financeiro e doação da casca de ervilha.

Às empresas Agroceres, CPKelco, Clariant, CornProducts e Guabi pela doação das matérias-primas utilizadas na fabricação das dietas experimentais.

À empresa Premier, especialmente à Cris e aos funcionários que me ajudaram, pela extrusão das rações.

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

SUMÁRIO

	Resumo	10
	<i>Abstract</i>	11
1	Introdução	12
2	Revisão de literatura	12
2.1	Classificação da fibra dietética	12
2.2	Métodos de análise da fibra	14
2.3	Fontes de fibra dietética	15
2.4	Propriedades da fibra dietética e seus efeitos no trato gastrointestinal	16
2.4.1	Características da fibra dietética	18
2.4.1.1	Fermentabilidade da fibra dietética	18
2.4.1.2	Solubilidade da fibra dietética	19
2.4.2	Efeitos da fibra dietética sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes	20
2.4.3	Efeitos da fibra dietética sobre as características fecais e o trânsito intestinal da digesta	22
2.5	Efeitos sistêmicos da fibra dietética e sua importância no auxílio do tratamento de algumas doenças	23
2.5.1	Importância da fibra dietética no controle da glicemia e da insulinemia e no tratamento da diabetes mellitus	23
2.5.2	Importância da fibra dietética na prevenção, controle e tratamento da obesidade	25
2.5.3	Importância da fibra dietética no tratamento de doenças do trato gastrointestinal	27
3	Material e métodos	27
3.1	Local e instalações	27
3.2	Animais e delineamento experimental	28
3.3	Dietas e manejo alimentar	28
3.4	Colheita de amostras	31
3.5	Análises laboratoriais	32
3.6	Análises estatísticas	33
4	Resultados e discussão	33
4.1	Composição química das dietas e digestibilidade	33
4.2	Respostas glicêmicas pós-prandiais	43
5	Conclusões	49
6	Referências bibliográficas	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição química (valores analisados) das fontes de fibra das seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT para cães.	29
Tabela 2	Fórmulas das seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT para cães.	30
Tabela 3	Composição química (valores analisados) das seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT para cães.	31
Tabela 4	Composição química (valores estimados) das seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT para cães.	34
Tabela 5	Médias da ingestão dos princípios nutritivos em gramas por quilograma de peso metabólico ($pc^{0,75}$) por dia dos cães, nos períodos de coleta dos ensaios de digestibilidade, alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	35
Tabela 6	Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e dos coeficientes de metabolizibilidade aparente da energia bruta dos cães alimentados com seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	36
Tabela 7	Correlações de Pearson entre o coeficiente de digestibilidade aparente da fibra dietética total e os coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e o coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta, determinados nos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	38
Tabela 8	Correlações de Pearson entre a quantidade, em gramas por dia, de fibra dietética total ingerida e os coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e o coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta, determinados nos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	39
Tabela 9	Correlações de Pearson entre a quantidade, em gramas por dia, de fibra insolúvel ingerida e os coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e o coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta, determinados nos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	40
Tabela 10	Correlações de Pearson entre a quantidade, em gramas por dia, de fibra solúvel ingerida e os coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e o coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta, determinados nos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	41
Tabela 11	Médias da produção fecal (PF) e dos parâmetros de qualidade das fezes dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	42
Tabela 12	Médias da ingestão dos princípios nutritivos em gramas por quilograma de peso metabólico ($pc^{0,75}$) por dia dos cães, nos dias de determinação das curvas glicêmicas, alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	43
Tabela 13	Média das glicemias determinadas, em 15 tempos (de zero a 480 minutos), nas amostras de sangue dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	44
Tabela 14	Média da glicemia e do incremento de glicose máximos e do tempo (em minutos) em que ocorreram, determinados nas amostras de sangue dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	46
Tabela 15	Média dos incrementos de glicose determinados, em 15 tempos (de zero a 480 minutos), nas amostras de sangue dos cães alimentados com as seis	47

Tabela 16	dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT. Média das áreas abaixo das curvas de glicose determinadas nas amostras de sangue dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.	48
Tabela 17	Média dos pesos metabólicos dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT e dos tempos de consumo (em segundos e em gramas por segundo) destas dietas, nos dias de determinação das curvas glicêmicas.	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Gaiola metabólica (a) e canis individuais (b).	28
Figura 2	Cão com a veia cefálica canulada e com colar Elizabetano no dia da determinação das curvas glicêmicas.	32
Figura 3	Curvas de glicose médias das seis dietas experimentais.	45
Figura 4	Curva de glicose da média das seis dietas experimentais.	46

RESUMO

Foi conduzido um ensaio de metabolismo na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP de Jaboticabal, São Paulo, com o objetivo de avaliar os efeitos das características físico-químicas da fibra e do nível de inclusão, através da combinação nas dietas do bagaço de cana-de-açúcar, casca de ervilha, celulose e carboximetilcelulose (CMC), sobre a digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e a dinâmica das curvas glicêmicas em cães adultos. Foram utilizados seis cães adultos da raça Beagle, não obesos, sendo cinco machos não castrados e uma fêmea castrada, com peso vivo de $11,8 \pm 0,2$ kg e idade média de 1,5 anos. Adotou-se delineamento experimental em quadrado latino 6 x 6, sendo seis dietas experimentais e seis animais em seis períodos. A dieta BC-CEL continha bagaço de cana-de-açúcar (que contribuiu com 10% de fibra dietética total - FDT) e celulose (que contribuiu com 2% de FDT); a BC-CMC, bagaço de cana-de-açúcar (que contribuiu com 10% de FDT) e CMC (que contribuiu com 2% de FDT); a CE-CEL, casca de ervilha (que contribuiu com 10% de FDT) e celulose (que contribuiu com 2% de FDT); a CE-CMC, casca de ervilha (que contribuiu com 10% de FDT) e CMC (que contribuiu com 2% de FDT); a CEL, celulose (que contribuiu com 2% de FDT); e a CMC, carboximetilcelulose (que contribuiu com 2% de FDT). O teor de FDT da dieta BC-CEL foi de 24,12%, da dieta BC-CMC de 23,40%, da CE-CEL de 24,61%, da CE-CMC de 23,63%, da CEL de 14,12% e da CMC de 14,22%. As dietas CEL e CMC apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da MS, MO e EB e os maiores coeficientes de metabolizabilidade aparente (CMA) da EB. As correlações entre o CDA da FDT e os CDA da MS, MO e EB e os CMA da EB foram positivas e significativas. As dietas BC-CEL e BC-CMC tiveram os menores CDA do EEA e as dietas CE-CEL, CE-CMC, CEL e CMC, os maiores. Houve um efeito negativo da ingestão de fibra solúvel sobre a digestibilidade do ENN^{FDT} , entretanto a ingestão de fibra insolúvel não afetou os CDA do ENN^{FDT} . Os animais que consumiram as dietas com menos fibra produziram menor quantidade de fezes. Os animais que consumiram as dietas com mais fibra solúvel produziram fezes com maior teor de água. No nível de ingestão testado, as fontes de fibra não interferiram na resposta glicêmica pós-prandial de cães adultos saudáveis não obesos.

Palavras-chave: fibra dietética, digestão, metabolismo, coeficiente de digestibilidade, glicemia, cães.

ABSTRACT

One metabolism trial was performed at Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias from UNESP of Jaboticabal, São Paulo, with the objective of assessing physical chemister characteristics effects of the fiber and the rate of inclusion, through six diets combination of sugar cane bagasse, pea hulls, cellulose and carboxymethylcellulose (CMC), on apparent digestibility of nutrients and the dynamic of glycaemic curves in adult dogs. Six adult dogs, Beagles, not obese, five of them intact males and one castrated female, with body weight of $11,8 \pm 0,2$ kg e mean age of 1,5 years old were used. It was adopted experimental latin square design 6×6 , with six experimental diets and six animals in six periods. Diet BC-CEL contained sugar cane bagasse (allowed 10 % total dietary fiber - TDF) and cellulose (allowed 2 % TDF); diet BC-CMC, sugar cane bagasse (allowed 10 % TDF) and CMC (allowed 2 % TDF); diet CE-CEL, pea hulls (allowed 10 % TDF) and cellulose (allowed 2 % TDF); diet CE-CMC, pea hulls (allowed 10 % TDF) and CMC (allowed 2 % TDF); diet CEL, cellulose (allowed 2 % TDF); and diet CMC, carboxymethylcellulose (allowed 2 % TDF). The TDF level of diet BC-CEL was 24,12 %, diet BC-CMC level was 23,40 %, diet CE-CEL level was 24,61 %, diet CE-CMC level was 23,63 %, diet CEL level was 14,12 % and diet CMC level was 14,22 %. Diets CEL and CMC showed the greatest apparent digestibility coefficients (ADC) of DM, OM and GE and greatest apparent metabolizability coefficients (AMC) of GE. The correlations between the ADC of TDF and ADC of DM, OM and GE and AMC of GE were positive and significant. Diets BC-CEL and BC-CMC had lowest ADC of AEE and diets CE-CEL, CE-CMC, CEL and CMC had the biggest. A negative effect was observed in the soluble fiber ingestion over the ADC of NFE^{TDF} , however the ADC of NFE^{TDF} was not affected by the ingested insoluble fiber. Fewer feces was produced by animals that consumed diets CEL and CMC. The animals that consumed the diets with more soluble fiber produced greater wet feces. At tested ingestion level, the fiber sources, independently of its solubility, had no effect on postprandial glycaemic response of non obese healthy adult dogs.

Key words: dietary fiber, digestion, metabolism, digestibility coefficients, glycaemic, dogs.

1. INTRODUÇÃO

A alimentação adequada merece atenção especial em qualquer fase do ciclo vital de todo indivíduo, sendo fator essencial à sobrevivência e longevidade. Cada vez mais, cães e gatos ocupam papel importante na sociedade moderna. Estima-se que atualmente existam cerca de 800 milhões de cães e gatos criados em lares, em todo o mundo.

A indústria de alimentos para cães e gatos vem ganhando a cada dia mais importância na economia brasileira. Este mercado cresce cerca de 5% ao ano, apresentando em 2005 uma produção anual de cerca de 1,3 milhões de toneladas de alimentos, com potencial de crescimento para cerca de três milhões de toneladas ao ano (Associação..., 2006). Apesar desse grande crescimento e dos recentes avanços no estudo da nutrição dos animais de estimação, ainda são necessárias pesquisas para avaliação, descrição química e física de novos ingredientes de forma a aperfeiçoar a utilização destes nas formulações.

O processamento de alimentos e bebidas origina subprodutos impróprios para o consumo humano, mas estes apresentam uso potencial na alimentação animal (Mowat, 1980 citado por Fahey et al., 1990a)

Os cães, apesar de pertencerem à ordem *Carnívora*, são amplamente aceitos e classificados como animais onívoros (Kronfeld, 1972 citado por Fahey et al., 1990a), devido aos seus hábitos alimentares e capacidade digestiva, e por isso possuem necessidade de uma fonte de fibra na dieta, pelas mesmas razões que os humanos (Fahey et al., 1990a).

Fibra dietética é um termo genérico que abrange substâncias de mesma estrutura química, propriedades físicas características e efeitos fisiológicos próprios (Kritchevsky, 1988 citado por Fahey et al., 1990a). A fibra é adicionada às dietas de cães e, desde que a quantidade de alimento ingerida e a digestibilidade da maioria dos nutrientes não seja negativamente afetada pela sua presença e não haja um aumento notável da excreção fecal, existe um valor potencial do uso destas fontes em dietas comerciais para

manter estável o funcionamento do TGI (Fahey et al., 1992).

Muitas vezes desconsiderada, a fibra é um nutriente importante para os monogástricos. A inclusão de fibra dietética nas dietas para cães tem sido estudada há alguns anos e tem demonstrado exercer efeitos benéficos sobre o metabolismo energético, características fecais e tempo de trânsito intestinal (Simpson et al., 2002). A fibra é um componente dietético importante para a saúde geral e o bem estar de um indivíduo. O funcionamento do trato gastrointestinal (TGI) é afetado pela diversidade de fibras dietéticas disponíveis atualmente (Murray et al., 1999).

Alimentos que proporcionam baixas respostas glicêmicas nos indivíduos podem ser recomendados nos casos de diabetes e obesidade e na prevenção de muitas outras desordens (Nguyen et al., 1998).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar os efeitos das características físico-químicas da fibra e do nível de inclusão, através da combinação nas dietas do bagaço de cana-de-açúcar, casca de ervilha, celulose e carboximetilcelulose (CMC), sobre a digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e a dinâmica das curvas glicêmicas em cães adultos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Classificação da fibra dietética

Como grupo, os carboidratos podem ser classificados em açúcares (monossacarídeos e oligossacarídeos) e não açúcares (polissacarídeos: homopolissacarídeos e heteropolissacarídeos). Os açúcares são constituídos por moléculas relativamente simples, de baixo peso molecular e solúveis em água. Os não açúcares são complexos, de alto peso molecular e insolúveis em água, ou com ela formando soluções coloidais (Nunes, 1998). Os polissacarídeos são compostos por várias unidades de monossacarídeos, unidas em longas e complexas cadeias. O amido, o glicogênio, as dextrinas e a fibra da dieta são polissacarídeos (Case et al., 1998).

A fibra dietética pode ser definida como a soma dos polissacarídeos não amiláceos, constituintes da parede celular vegetal, mais a lignina, sendo estes compostos indigeríveis pelas enzimas do trato gastrointestinal dos animais (Trowell et al., 1976 citados por Carciofi, 2005; Reinhart e Sunvold, 1996). É medida por vários métodos, tais como fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra dietética total (FDT). Para todos os animais, os polissacarídeos da parede celular somente estão disponíveis mediante a ação dos microorganismos. A fibra não é a entidade homogênea que os valores simplistas das análises sugerem. Os tecidos vegetais são compostos por uma população heterogênea de células, algumas metabolicamente ativas e circundadas por uma fina parede facilmente degradável e, outras, estruturais, que possuem paredes espessas e lignificadas, altamente resistentes ao ataque dos microorganismos. Por isto, equações derivadas das análises químicas somente são capazes de prever parcialmente a digestão da parede celular dos vegetais, se tomadas sozinhas, porque a relação entre composição química da parede celular e palatabilidade, ingestão de alimentos e disponibilidade de nutrientes não é retilínea (Nunes, 1998).

As fontes de fibra são constituídas de formas complexas de carboidratos e possuem como principais componentes a celulose, as hemiceluloses, as ligninas, as pectinas, as gomas e as mucilagens (Case et al., 1998; Reinhart e Sunvold, 1996; Carciofi, 2000 citado por Fortes, 2001; Simpson et al., 2002). A lignina, um polímero de fenilpropano de grande tamanho, é o único constituinte não glicídico da fibra. A celulose, as hemiceluloses e as ligninas são consideradas a fração insolúvel da fibra e, as pectinas, as gomas e as mucilagens, a fração solúvel. A fibra vegetal difere do amido e do glicogênio pelo fato de que suas unidades monossacarídeas possuem configuração e ligações beta, o que confere resistência à digestão pelas enzimas endógenas. Em consequência, a fibra da dieta não pode degradar-se em unidades monossacarídeas para sua posterior absorção pelo intestino delgado (Case et al., 1998).

A celulose é um homopolissacarídeo, um polímero da glicose com ligações β -1,4 (Nunes, 1998). As hemiceluloses classificam-se como

heterossacarídeos, fornecendo, na hidrólise, hexoses, pentoses e, frequentemente, ácidos urônicos. As hemiceluloses das gramíneas contêm uma cadeia principal constituída de xilanas (glicose-glicose β -1,4), com cadeias laterais de ácido metilglucurônico. As hemiceluloses de leguminosas são, predominantemente, xilanas não ramificadas (Nunes, 1998).

As substâncias pécicas são um grupo de polissacarídeos vegetais, praticamente sinônimo de pectina, em que o ácido D-galacturônico é o constituinte principal (Nunes, 1998). As pectinas se constituem de um polímero linear composto de ácido 1,4 β -D-galacturônico esterificado, unidos mediante ligações glicosídicas do tipo α 1 \rightarrow 4. Esta cadeia de ácido apresenta-se sob a forma helicoidal devido à presença da ramnose que produz a rotação abrupta da estrutura molecular (Van Soest, 1994 citado por Fortes, 2001). As substâncias pécicas são denominadas ácidos pectínicos quando boa proporção dos resíduos está presente como ésteres metil. Quando estes não estão presentes, são denominadas ácidos pécicos. Classificam-se como galacturanas, mas são raras aquelas que contêm somente ácido galacturônico. Embora alguns autores as classifiquem como homopolissacarídeos, outros as preferem como heteropolissacarídeos, pois é mais comum a presença concomitante de outros açúcares como D-galactose, L-arabinose e L-ramnose. Podem, então, ser consideradas intermediárias ou indefinidas na classificação (Nunes, 1998).

A lignina não é um carboidrato, mas é encontrada em estreita associação com os carboidratos da parede celular. A lignina é um polímero rígido derivado da fenilalanina e da tirosina e, nos tecidos vegetais, apenas a celulose é mais abundante que ela. A estrutura da lignina é complexa e não está bem esclarecida. Do ponto de vista botânico, sua função é o de formar um suporte estrutural e de resistência nas plantas (Lehninger, 1995). A quantidade total de lignina na planta interfere com a digestibilidade e com o valor nutritivo das fontes de fibra. Isto ocorre porque, por ser indigerível, ao revestir a célula, não permite o ataque enzimático ao seu conteúdo e, combinando-se quimicamente com os nutrientes, torna-os indisponíveis (Nunes, 1995 citado por Fortes, 2001).

Uma fração do amido presente nos alimentos que não é digerida enzimaticamente, denominada amido resistente (Englyst et al., 1982; Ellis, 1985 citados por Carciofi, 2005), atinge o intestino grosso dos animais onde é fermentada, com comportamento e atributos fisiológicos semelhantes ao da fibra (Carciofi, 2005). Certos oligossacarídeos são também classificados como fibra por não serem degradados pelas enzimas intestinais dos mamíferos (Reinhart e Sunvold, 1996).

2.2 - Métodos de análise da fibra

Parte da controvérsia dos estudos sobre fontes e níveis de fibra e, mesmo da baixa capacidade de se prever a digestibilidade, valor energético ou mesmo a qualidade de um alimento comercial, reside na inacurácia dos métodos de análise laboratorial destes compostos. Seus métodos de quantificação vêm sendo objeto de constantes estudos e aperfeiçoamento (Laflamme, 1992 citado por Carciofi, 2005).

O primeiro método de análise proposto foi o da fibra bruta (FB), desenvolvido por Einhoffin em 1806. Neste, a amostra é fervida em ácido e base diluídos, sendo removidos amido, açúcares, proteínas e minerais, compondo-se o resíduo por uma quantidade variável de celulose, hemicelulose e lignina (Van Soest e Macqueen, 1973 citados por Carciofi, 2005). A FB apresenta problemas como insensibilidade para amostras com baixa quantidade de fibra e valores subestimados dos constituintes da parede celular vegetal, pois esta análise recupera, aproximadamente, 50 a 80% da celulose; 20% das hemiceluloses e de 10 a 50% das ligninas presentes no alimento (Cummings, 1976 citado por Carciofi, 2005). Estas frações da fibra são incorporadas, pelo procedimento de cálculo, aos ENN, de modo que esta fração não caracteriza adequadamente os carboidratos passíveis de digestão enzimática pelos mamíferos (Carciofi, 2005). O método de determinação da fibra bruta é especialmente impreciso para alimentos que contenham concentrações relativamente altas de polissacarídeos viscosos e hemiceluloses (Fahey et al., 1990b).

Goering e Van Soest (1970) propuseram o método de extração por detergentes. A extração por detergente neutro solubiliza os lipídeos, os açúcares, as proteínas, os ácidos orgânicos e

outros materiais hidrossolúveis como pectina, tanino, e nitrogênio não protéico. O resíduo insolúvel, denominado fibra em detergente neutro (FDN), contém os constituintes maiores da parede celular, como celulose, hemicelulose e lignina, incluindo ainda resquícios de proteína, nitrogênio complexado e cutina. Os contaminantes comuns do FDN incluem o amido, a queratina e minerais do solo. O amido pode ser removido com o tratamento da amostra com amilases e uréia. Caso esta remoção seja ineficiente, ocorrerá dificuldade na etapa de filtragem da amostra e conseqüente erro analítico. A queratina pode ser tratada com sulfito de sódio para solubilização da proteína, mas um fator negativo desse procedimento seria o ataque do sulfito de sódio à lignina, diminuindo sua recuperação (Van Soest, 1987). A FDN é apenas parcialmente digerida no TGI dos animais, dependendo sua digestão aparente da fermentação microbiana de seus constituintes (Silva, 1998 citado por Carciofi, 2005).

A extração por detergente ácido solubiliza, além do conteúdo celular, a hemicelulose. O resíduo insolúvel inclui a celulose, ligninas, nitrogênio lignificado, cutina, sílica e alguma pectina, sendo denominado fibra em detergente ácido (FDA). O método por detergentes divide, então, de acordo com sua disponibilidade nutricional, os componentes vegetais em duas frações: o conteúdo celular, de alta disponibilidade; e os constituintes da parede celular, de menor disponibilidade (Van Soest, 1987). Deve-se ressaltar que tanto a FB, FDN com FDA representam apenas frações insolúveis da fibra.

Mais recentemente está sendo utilizado o método proposto por Prosky (1984) citado por Carciofi (2005), que consiste numa análise enzimático-gravimétrica para a determinação da fibra alimentar, a fibra dietética total (FDT). O método consiste no tratamento da amostra com proteases, amilases e amiloglicosidasas, que solubilizam estas frações do alimento que são posteriormente filtradas. A porção retida no filtro corresponde à fibra alimentar insolúvel. Precipitando-se o filtrado com etanol e realizando nova etapa de filtração, obtêm-se a fibra alimentar solúvel (Prosky et al., 1992; Official..., 1995). O método permite, então, quantificar toda a fibra alimentar, inclusive compostos como gomas, alginato, carragena, β -glucanos, etc; que têm seus açúcares unidos por ligações β e somente podem ser

fermentados por bactérias. Estes compostos, por serem solúveis, são classificados erroneamente como conteúdo celular no método de Van Soest ou ENN no método da FB.

Englyst e Cummings (1990) citados por Carciofi (2005), também propuseram um método enzimático para a mensuração dos polissacárides não amídicos. Este, no entanto, é mais sofisticado, utilizando cromatografia líquida-gasosa.

Os erros de análise da fibra se refletem não só sobre o cálculo dos ENN, como também sobre a estimativa do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) desta fração do alimento (Carciofi, 2005).

Métodos mais adequados de avaliação da fibra tornam possível se explicar a digestão do alimento extrusado a partir da digestão de sua fibra, o que é fundamental quando se pretende formular alimentos ou estudar ingredientes (Carciofi, 2005).

Carciofi (2005), baseado em experimentos de seu grupo de pesquisa, afirma que somente a digestibilidade da FDN e a da FDT podem explicar o aproveitamento dos alimentos pelos cães e que, quanto maior suas digestibilidades, maior a digestibilidade da dieta. Alega ainda que, como os métodos da FB e da FDA quantificam apenas frações da fibra de baixa fermentação, estes, pouco explicam o comportamento digestivo do alimento, não tendo valor no estudo de dietas para cães e gatos. Fahey et al. (1990b) concluíram, também, que a FB e a FDA são métodos inadequados para quantificar a fibra dos alimentos, indicando a FDT como a melhor opção e a FDN como uma possível alternativa.

As técnicas *in vitro* foram desenvolvidas como alternativa para a obtenção de estimativas mais precisas dos parâmetros cinéticos da degradação dos alimentos, uma vez que são reduzidas as flutuações físico-químicas do ambiente de incubação, normalmente responsáveis pela grande variação dos dados obtidos pelos métodos *in situ* e *in vivo* (Cabral, 1999 citado por Fortes, 2001).

A cinética de degradação dos alimentos pode ser determinada por intermédio do desaparecimento da massa de amostra incubada (gravimétricas) ou

dos produtos finais da fermentação. As técnicas gravimétricas podem ser realizadas por intermédio de incubações *in situ* ou *in vitro* (Pell et al., 1994 citados por Fortes, 2001).

A avaliação da fermentabilidade *in vitro* da fibra tem demonstrado eficácia em prever a fermentação *in vivo* da mesma em cães e gatos (Reinhart e Sunvold, 1996). Técnicas *in vitro* são rápidas, apresentam menor custo, não são invasivas e permitem classificar as fibras por seu grau de fermentação. Acrescentando-se a essas vantagens, dados que não podem ser obtidos através de testes *in vivo*, como a proporção dos AGCC produzidos mais importantes e mudanças na fermentação ao longo do tempo, podem ser coletados. Informações adquiridas por meio de estudo *in vitro* são úteis para a formulação de dietas para cães e gatos (Reinhart e Sunvold, 1996).

Sunvold e colaboradores (1995a) afirmam que enquanto métodos *in vivo* apenas permitem a determinação da digestibilidade da fibra, técnicas *in vitro* provêm esta informação, assim como estimam os produtos finais da fermentação da fibra. Encontraram, em seus estudos, uma elevada correlação entre a digestibilidade da FDT e o desaparecimento da matéria orgânica após 24 horas de incubação, no teste de fermentação *in vitro*.

2.3 - Fontes de fibra dietética

A polpa de beterraba tem sido a fonte de fibra mais comumente utilizada em dietas de cães (Fahey et al., 1990b; Simpson et al., 2002), principalmente devido às suas características de baixa solubilidade e moderada fermentação, não apresentando problemas de aceitação, quando incorporada até 12,5%. Neste nível, o balanço energético não tem sido afetado e não têm sido observadas reduções severas da digestibilidade da matéria seca (Fahey et al., 1990b).

A polpa de beterraba é um subproduto da indústria açucareira, sendo produzida em países que consomem o açúcar originário da beterraba. O bagaço, resultante do processamento para a obtenção do açúcar, normalmente é seco e vendido como bagaço picado ou peletizado, após prévia mistura com melaço, apresentando teores de açúcar de 9 – 16%. A polpa de beterraba contém principalmente pectinas, podendo chegar

até a 20% da matéria seca. Apresenta também celulose e hemicelulose em sua composição, onde este último varia de 10 a 25% da matéria seca, dependendo da origem do subproduto e é considerada uma fonte de fibra pouco lignificada, com digestibilidade em torno de 70% (Meyer, 1995 citado por Fortes, 2001).

Entretanto, a polpa de beterraba não é produzida mundialmente em grande escala e sua produtividade é baixa, quase nula, em países que não utilizam a beterraba como matéria-prima para obtenção do açúcar. No Brasil, faz-se necessária a importação desse subproduto para utilização nas rações nacionais para cães e gatos. Desta forma, fontes alternativas à polpa de beterraba devem ser estudadas para que se possa selecionar as que melhor se adaptem às condições nutricionais dos cães (Fortes, 2001).

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma planta de suma importância para a economia brasileira, tornando-se grande geradora de empregos e de energia via industrialização desta em açúcar e álcool. Como consequência do processamento industrial da cana, são produzidos inúmeros resíduos, entre eles o bagaço, responsável por 25 a 30% do peso da cana moída (Nussio, 1993 citado por Manzano et al., 2000). Existem diversas utilizações para o bagaço, que vai desde a produção de energia térmica até o uso na alimentação animal. O Brasil é hoje o principal produtor de cana-de-açúcar no mundo (Cana... [200_]). O bagaço de cana é muito utilizado na nutrição dos animais ruminantes, sendo vastos os estudos nesta área; no entanto, não foram encontrados estudos da sua utilização como fonte de fibra para cães.

A ervilha (*Pisum sativum*) é uma planta da qual existem mais de duzentas variedades e cujas vagens e grãos constituem excelente alimento (Ervilha... [200_]). O cultivo da ervilha no Brasil pode ser dividido em três fases. Entre 1943 e 1986 a produção restringia-se a grãos verdes em regiões do sul do Rio Grande do Sul. Posteriormente, iniciou-se a produção de grãos secos para rehidratação e de grãos verdes para alimentos enlatados, principalmente no Triângulo Mineiro (Rodrigues, 1989 citado por Takakura, 2003). Em uma terceira fase da cultura, a partir de 1999 no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, iniciou-se a produção de ervilha

seca destinada à alimentação animal. A casca da ervilha corresponde a 12% do seu peso.

As palhadas e outros subprodutos fibrosos são inevitavelmente produzidos durante a produção de cereais. Resíduos da agricultura são tradicionalmente utilizados para muitos propósitos, dentre eles a alimentação de animais (Fao, 1977 citado por Castro Júnior et al., 2005).

2.4 - Propriedades da fibra dietética e seus efeitos no trato gastrointestinal

A fibra foi inicialmente identificada como indesejável ou desnecessária para carnívoros como o cão e o gato, sendo considerada de importância apenas na alimentação de ruminantes e monogástricos herbívoros, animais capazes de digeri-la em proporções mais consideráveis. Posteriormente este conceito mudou. Sabe-se hoje que este composto é necessário à saúde e digestão nestes animais (Herschel et al., 1981; Drochner e Meyer, 1991 citados por Carciofi, 2005; Reinhart e Sunvold, 1996; Fortes, 2001).

Ainda que o trato gastrointestinal de cães e gatos não possua capacidade para digerir a fibra da dieta, determinados microrganismos que se encontram no intestino grosso (cólon), são capazes de degradá-la, em diversos graus (Case et al., 1998; Reinhart e Sunvold, 1996; Fortes, 2001). A comunidade microbiana que habita o TGI é caracterizada por elevada densidade populacional e ampla diversidade, assim como pela complexidade de interações do ecossistema. Grandes populações de microrganismos habitam o intestino e formam uma unidade ecológica intimamente integrada ao hospedeiro. Esta microbiota intestinal complexa e heterogênea, é considerada por alguns autores, como o órgão mais adaptado sob o ponto de vista metabólico e com maior taxa de renovação do organismo, que desempenha papel vital nas funções fisiológicas, nutricionais, imunológicas e de defesa do animal hospedeiro (Simpson et al., 2002).

A fermentação bacteriana da fibra origina ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e outros produtos terminais (hidrogênio, dióxido de carbono, metano e outros gases). Os AGCC produzidos em maior quantidade são: o acetato, o propionato e o butirato. A magnitude da digestão bacteriana depende de fatores como o tipo de fibra na dieta,

a duração do trânsito intestinal e a ingestão de outros constituintes da dieta (Case et al., 1998; Reinhart e Sunvold, 1996; Fortes, 2001).

Os animais ruminantes e herbívoros são capazes de obter uma quantidade significativa de energia a partir dos AGCC produzidos pela fermentação bacteriana da fibra. No entanto, os animais não herbívoros, como os cães e gatos, não podem fazê-lo devido à estrutura relativamente curta e simples de seu intestino grosso. Ainda que os AGCC sintetizem-se nestas espécies, não existe nenhum mecanismo para a absorção de grandes quantidades de AGCC no intestino grosso. Por este motivo, o equilíbrio energético de cães e gatos não é afetado de forma significativa pela produção de AGCC a partir da fibra da dieta (Case et al., 1998; Reinhart e Sunvold, 1996; Fortes, 2001).

No entanto, para cães e gatos, os AGCC produzidos a partir da fibra, especificamente o ácido butírico, são uma importante fonte de energia para as células epiteliais que revestem o TGI, propiciam uma adequada absorção de íons (Roediger e Era, 1982 citados por Carciofi, 2005; Case et al., 1998; Reinhart e Sunvold, 1996) e têm ação na circulação sanguínea e no peristaltismo (Kvietys e Granger, 1981 citados por Carciofi, 2005; Reinhart e Sunvold, 1996). Favorecem, ainda, maior desenvolvimento da mucosa do cólon, maior relação entre a superfície e o volume da mucosa, com menor frequência de criptites (Hallman et al., 1995 citados por Carciofi, 2005; Reinhart e Sunvold, 1996), fatores que somados, atuam prevenindo diarreias e melhorando a saúde intestinal (Carciofi, 2005; Reinhart e Sunvold, 1996). O efeito modulador da fibra dietética sobre a função imunitária intestinal parece estar relacionado ao butirato produzido com sua fermentação (Ruiz-Roso et al., 2002).

A adição de fibra à dieta de carnívoros domésticos é importante para que haja um adequado suprimento de matéria orgânica para o intestino grosso, sem o que ocorrem efeitos negativos na digestão pós-ileal (Herschel et al., 1981; Drochner e Meyer, 1991 citados por Carciofi, 2005). A fermentação microbiana destes compostos leva à produção de AGCC e redução do pH no lúmen intestinal, modificando a composição e a atividade da microflora do intestino (Campbell et al., 1997 citados por

Carciofi, 2005). No entanto, Simpson et al. (2002) incluíram 10% de fibra (5% de polpa de beterraba + 5% de casca de soja) em uma dieta para cães e observaram que esta inclusão não foi suficiente para promover mudanças na população bacteriana fecal dos cães, embora benefícios intestinais e outros efeitos positivos tenham sido obtidos com este nível de fibra. Sugeriram que variações individuais exercem impacto mais significativo no perfil bacteriano do intestino que a dieta e outros fatores exógenos.

Os enterócitos e colonócitos do intestino grosso são células ativas que apresentam elevadas taxas metabólicas e obtêm da fibra da dieta uma fonte significativa de energia (Case et al., 1998). Os colonócitos obtêm, aproximadamente, 70% da energia que precisam para sua manutenção a partir dos AGCC gerados pela fermentação da fibra. No intestino delgado, as células jejunais utilizam glutamina, glicose e AGCC como fonte de energia (Reinhart e Sunvold, 1996).

Cães que foram alimentados com dietas de elevado conteúdo em fibras moderadamente fermentável apresentaram maior peso do cólon, incremento da superfície mucosa e hipertrofia de mucosa, em comparação com os cães cuja dieta continham fibra não fermentável (Reinhart et al., 1993 citados por Fortes, 2001; Case et al., 1998). Estas modificações proporcionam uma mensuração da capacidade de absorção do cólon e indicam um aumento da atividade celular e da saúde intestinal. Ainda que uma fibra muito fermentável tenha efeitos similares sobre o peso e a morfologia do cólon, animais que consumam dietas que contenham este tipo de fibra podem apresentar fezes de má qualidade e grande produção de gases, resultado do aumento do peristaltismo e do teor de água nas fezes (Case et al., 1998; Reinhart e Sunvold, 1996; Sunvold et al., 1996 citados por Fortes, 2001).

Parece que as fontes mais adequadas de fibra para os animais de companhia são as moderadamente fermentáveis e as que proporcionem níveis adequados de AGCC para a mucosa intestinal. A fibra contida nas dietas dos cães e gatos também contribui para o funcionamento correto do TGI e atua como um solvente dietético que reduz a densidade energética total da dieta (Case et al., 1998; Reinhart e Sunvold, 1996).

Pesquisas *in vivo* têm estudado o efeito da inclusão de oligossacarídeos, como frutoligossacarídeos e lactosucrose, em dietas para cães e gatos. Estas novas fontes de fibra causam mudanças na composição da microflora intestinal, diminuindo o número de microrganismos aeróbicos e aumentando o número de bactérias benéficas em detrimento das patogênicas (Reinhart e Sunvold, 1996).

2.4.1 - Características da fibra dietética

As fontes de fibra têm sido classificadas tradicionalmente de acordo com o grau de solubilidade e viscosidade. No entanto, enquanto estas propriedades permitem estabelecer distinções, o grau de fermentabilidade da fibra promove maior evidência dos seus efeitos fisiológicos no TGI (Reinhart e Sunvold, 1996). As duas características mais importantes da fibra, em relação à nutrição de cães, são sua solubilidade e sua fermentabilidade (Carciofi, 2000 citado por Fortes, 2001), que estão diretamente relacionadas com as concentrações e os componentes das frações solúveis e insolúveis das fontes de fibra da dieta (Fortes, 2001).

A solubilidade da fibra está correlacionada ao aumento da viscosidade intestinal, com prejuízo ao contato entre as enzimas e o substrato, interferindo no processo digestivo de alguns nutrientes. A fibra insolúvel é uma fração importante, pois contribui com a manutenção do tempo de trânsito do alimento no TGI, ajuda a prevenir constipação, melhora a motilidade intestinal e regulariza o esvaziamento gástrico. A fermentação diz respeito à velocidade da degradação microbiana da fibra e à correspondente produção de AGV's (Carciofi, 2000 citado por Fortes, 2001).

2.4.1.1 - Fermentabilidade da fibra dietética

A produção de AGV's através da fermentação da fibra dietética depende de sua composição química, pois as proporções dos principais elementos que compõem as diversas fontes de fibra variam, produzindo diferentes fermentações pelos microrganismos dependendo do substrato (Sunvold et al, 1995a; Sunvold et al., 1995b; Sunvold, 1996 citado por Fortes, 2001).

Sabe-se que a fibra pode interferir negativamente nos parâmetros digestivos de cães. Sunvold et al. (1985), Muir et al. (1996) e Harmon et al. (1999) citados por Carciofi (2005), verificaram que fibras de alta fermentação interferem mais na digestão dos nutrientes, tanto a nível ileal como total, do que as fibras de baixa fermentação. Deste modo, a velocidade de fermentação é um aspecto fundamental no estudo das fontes de fibra.

A metodologia *in vitro* tem sido usada para estudar a fermentação das diferentes fontes de fibra pela microflora intestinal canina e felina. Muitos fatores afetam a fermentabilidade da fibra no TGI de cães e gatos, como o tipo de fibra, o tempo de exposição da fibra às bactérias fermentativas e os tipos de bactérias. O número, as espécies e a capacidade fermentativa das bactérias podem ser alterados por mudanças dietéticas. É possível manipular os tipos de microrganismos intestinais e os produtos resultantes da fermentação através da dieta. Estudos *in vitro* que utilizaram microflora fecal de cães e gatos demonstraram que a dieta cujo animal é adaptado pode afetar significativamente sua habilidade de fermentação da fibra dietética (Reinhart e Sunvold, 1996).

Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), produzidos a partir da fermentação da fibra, têm sido relacionados a muitos processos fisiológicos importantes (Sunvold et al., 1995). A fermentação *in vitro* dos substratos de fibra não só produz quantidades diferenciadas de AGCC, como também produz diversas proporções destes ácidos graxos em diferentes velocidades de produção (Sunvold et al., 1995a). A composição química da fonte de fibra é, geralmente, um indicativo do potencial de fermentação *in vitro* da mesma. Substratos que contenham elevada quantidade de celulose tipicamente produzem baixo desaparecimento da matéria orgânica e uma reduzida produção de AGCC (Sunvold et al., 1995a).

A produção de AGV's é um parâmetro importante a ser estudado, pois pode estar diretamente relacionado com a diminuição do consumo e do tempo de trânsito intestinal em cães. Howard et al. (2000) citados por Fortes (2001), estudando o efeito da fibra no metabolismo canino, verificaram que fontes de fibra mais fermentáveis (frutoligossacarídeos)

deprimiram o consumo de matéria seca, podendo estar relacionado com o possível efeito dos AGV's no peptídeo YY, hormônio este responsável em diminuir o tempo do esvaziamento gástrico e do trânsito intestinal, proporcionando um aumento na saciedade e na digestibilidade dos nutrientes.

Em cães e gatos, a pectina e outras fibras solúveis são muito fermentáveis, a polpa de beterraba é moderadamente fermentável e a celulose não é fermentável em absoluto (Case et al., 1998; Reinhart e Sunvold, 1996). Massimino et al. (1998) relatam que a celulose é relativamente inerte no intestino e possui uma fermentabilidade *in vitro* de 9mmol de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) por Kg de fibra. Simpson (1998) citado por Fortes (2001), encontrou, em cães, moderada fermentabilidade para a polpa de beterraba, o farelo de arroz e a goma arábica, baixa para a celulose e alta para a pectina e a goma guar. Sunvold et al. (1995b) avaliaram a influência da microbiota intestinal de algumas espécies (fluido ruminal de bovinos e fezes de cães, gatos, suínos, cavalos e humanos) sobre a fermentabilidade *in vitro* de algumas fontes de fibra (celulose, polpa de beterraba, polpa cítrica e pectina), encontrando para o desaparecimento da MO e produção de AGCC a seguinte ordem crescente dos valores para os substratos: celulose < polpa de beterraba < polpa cítrica < pectina.

2.4.1.2 - Solubilidade da fibra dietética

Uma característica importante da fonte de fibra é sua solubilidade. Fibras solúveis, como gomas, aumentam a viscosidade do bolo alimentar, diminuindo a velocidade de digestão e absorção, resultando em redução da digestibilidade (Muir et al., 1996 citados por Carciofi, 2005) e parecem favorecer o controle de saciedade. Por vezes os conceitos solubilidade e fermentabilidade são empregados, erroneamente, como sinônimos, como se toda fibra solúvel fosse de alta fermentação (Carciofi, 2005; Reinhart e Sunvold, 1996), embora fibras solúveis sejam geralmente mais fermentáveis que fibras insolúveis (Viniak and Jenkins, 1998 citados por Sunvold et al., 1995a).

As fibras são consideradas solúveis quando formam gel em solução (retenção de água), atrasam o esvaziamento gástrico e reduzem o

trânsito intestinal, inibem a absorção de colesterol e outros nutrientes, são altamente fermentadas no cólon (aumentam o número de bactérias e incrementam a produção de AGCC, especialmente a de butirato, uma importante fonte de energia para os colonócitos), acidificam o lúmen intestinal e estimulam a proliferação celular no cólon. Exemplos de fibra solúvel incluem os frutooligosacarídeos (FOS), pectinas, psyllium, aveia, cevada, goma guar, frutas e alguns legumes (Zoran, 2003).

Ao contrário das fibras solúveis, as insolúveis não formam gel, não têm efeito sobre o esvaziamento gástrico, aumentam ou normalizam o trânsito intestinal e não alteram a absorção dos nutrientes (diluem o conteúdo colônico e isolam agentes nocivos no cólon), são menos fermentáveis, produzindo uma quantidade reduzida de AGCC e aumentam a produção fecal.

Murray et al. (1999) relatam que existem muitas teorias a respeito da influência das fibras solúveis viscosas sobre a velocidade de absorção dos nutrientes e o tempo de trânsito destes ao longo do TGI. A capacidade em formar gel destas fontes de fibra tem sido descrita por muitos cientistas como responsável pelo retardamento no esvaziamento gástrico. Uma das teorias explica que o atraso no esvaziamento gástrico resulta no aumento do tempo de trânsito ao longo do intestino e no aumento do tempo de ação das enzimas intestinais para digerirem os nutrientes. Paralelamente, estudos têm demonstrado que decréscimos na digestibilidade dos nutrientes podem ser atribuídos ao aumento na inclusão de fibra dietética viscosa na dieta (Murray et al., 1999).

Muir et al. (1996) estudaram o efeito de algumas fibras dietéticas com características fermentativas diferentes sobre a digestibilidade ileal e total dos nutrientes. Observaram que as dietas contendo maiores concentrações de fibra solúvel tiveram a digestibilidade total da MS e da MO com duas a quatro unidades percentuais maiores que as dietas com teores mais elevados de fibra insolúvel.

Simpson (1998) citado por Fortes (2001), determinou, em cães, a solubilidade de alguns tipos de fibra, encontrando baixa solubilidade para a celulose, polpa de beterraba e farelo de

arroz e alta solubilidade para a pectina, goma guar e goma arábica.

2.4.2 - Efeitos da fibra dietética sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes

A digestibilidade aparente dos nutrientes é afetada com a introdução de fibra na dieta dos cães e, também, varia conforme a qualidade e o nível de inclusão da fonte de fibra (Fortes, 2001). Dependendo de sua quantidade e fonte, a fibra acarreta diminuição da palatabilidade dos alimentos (Kienzle et al., 1991 citados por Carciofi, 2005).

Segundo Carciofi (2005), quanto maior a fermentação da fonte de fibra, maior a digestibilidade da matéria seca da ração. Por outro lado, fontes de fibra de maior fermentação podem interferir negativamente no aproveitamento das gorduras pelos animais. A citação de Sunvold et al. (1995a) concorda com a de Carciofi (2005), ao dizer que a digestibilidade da matéria seca é afetada, pelo menos em parte, por fibras dietéticas mais fermentáveis.

A absorção dos minerais também pode ser influenciada pelos níveis de fibra da dieta (Carciofi, 2005). Estudos que foram conduzidos com o objetivo de determinar possíveis efeitos da fibra dietética sobre a absorção de minerais são contraditórios (Murray et al., 1999).

Fahey et al. (1992) encontraram aumento na ingestão de MS com o aumento do nível de inclusão (2,5, 5,0 e 7,5%) de fibra de aveia em dietas para cães e decréscimo nas digestibilidades da MS, MO e FDT. Concluíram que a fibra de aveia, incluída até 7,5% da MS da dieta, pode ser usada para cães e, baseando-se nos parâmetros de excreção fecal, porcentagem de matéria seca das fezes, frequência de defecação e tempo de retenção médio, observaram que a fibra de aveia é comparável à polpa de beterraba.

Burrows et al. (1982) citados por Fortes (2001), verificaram que a adição de celulose, em proporções de 0, 3 e 9%, a dietas enlatadas à base de carne para cães, levou à diminuição da digestibilidade da MS de 90% para 70%. Também verificaram diminuição na digestibilidade da PB, EE e ENN.

Trabalhando com dietas extrusadas para cães à base de carne, iso-FDT (12,5% de FDT), que continham fibras de diferentes fontes, Fahey et al. (1990a) observaram uma pequena redução na digestibilidade dos nutrientes e nos valores de ED e EM (quando expressados como porcentagem da EB ingerida) em animais que consumiram estas dietas, quando comparados aos cães que consumiram a dieta controle, que não continha fonte de fibra exógena. Observaram ainda, que a digestibilidade aparente do nitrogênio diferiu para as diferentes fontes de fibra.

Fahey et al. (1990b) demonstraram que níveis de polpa de beterraba superiores a 7,5%, em dietas para cães, resultaram em declínio da digestibilidade aparente da MS, traduzido pela redução nas digestibilidades aparentes da PB, EM e EE.

Em experimentos cujas dietas para cães continham aproximadamente 85%, na MS, de milho e soja extrusados, Allen et al. (1981) citados por Fahey et al. (1990a), observaram um decréscimo linear na digestibilidade da MS com o incremento no nível de suplementação de polpa de beterraba (6 a 12%), mas não encontraram diferenças significativas na digestibilidade da energia e da PB entre os tratamentos. A inclusão de 8% de polpa de tomate em suas dietas resultou na redução da digestibilidade da MS, energia e PB, mas não na da FDA. As polpas contêm pectinas e muitos tipos de gomas que reduzem a digestibilidade da gordura e da PB (Viola et al., 1970 citados por Fahey et al., 1990a).

Fahey et al. (1992), ao adicionarem casca de aveia à dieta dos cães, verificaram uma diminuição linear da digestibilidade da MS, MO e EB, com conseqüente aumento no consumo de MS.

Fortes (2001) estudou o efeito da inclusão de três fontes de fibra (polpa de beterraba, alga *Porphyra* e polpa cítrica) em dietas para cães. Encontrou maiores coeficientes de digestibilidade da MS para os animais que se alimentaram das dietas que continham alga *Porphyra* e polpa cítrica. Os coeficientes de digestibilidade da PB, EE e FDN foram menores para as dietas com fibra, em relação à dieta basal (controle).

Sunvold et al. (1995a) estudaram a fermentabilidade *in vitro* de diferentes fontes de fibra, usando fezes de cães como inóculo, e a digestibilidade *in vivo* destas fontes, isoladas e/ou misturadas, em cães. Os autores demonstraram que fontes de fibra pobremente fermentadas resultaram em maiores coeficientes de digestibilidade aparente do nitrogênio que fontes moderadamente fermentáveis. Sugeriram também que a maior digestibilidade aparente da proteína bruta (PB) em cães que consumiram dietas que continham fibras de reduzida fermentação *in vitro* pode não refletir diferenças efetivas na absorção de proteína no intestino delgado, mas pode ser o resultado da menor excreção de nitrogênio em consequência da menor quantidade de massa celular microbiana presente nas fezes.

Muir et al. (1996) concluíram que a incorporação de 7,5% de fibra dietética em dietas para cães não afetou negativamente a digestibilidade ileal aparente da MS, MO, FDT, EE, EB, PB e dos aminoácidos. Observaram que as digestibilidades ileais aparentes da PB e dos aminoácidos não foram afetadas pela inclusão de fibra, independentemente da sua solubilidade, viscosidade ou fermentabilidade, devendo tal fato à grande variação dos dados obtidos que possivelmente colaborou com a falta de efeitos. No entanto, a digestibilidade total aparente dos nutrientes foi influenciada pela presença de fibra e pela mistura delas. Concluíram ainda que a incorporação de celulose às dietas provocou pouco efeito sobre a digestibilidade ileal aparente dos nutrientes, mas resultou em menores valores de digestibilidade total aparente dos mesmos.

Estudando os efeitos da inclusão de três níveis de celulose (7, 15 e 20% de FB na MS) em três dietas basais diferentes (uma dieta com elevado teor de gordura, uma com elevado teor de amido cru e outra com elevado teor de amido cozido) sobre a digestibilidade aparente de cães adultos, Kienzle et al. (2001) observaram que a celulose teve pouco efeito sobre a digestibilidade aparente da gordura, que a digestibilidade aparente da PB foi consideravelmente diminuída pela celulose em todas as dietas, que o amido também diminuiu a digestibilidade da proteína e que os efeitos da celulose e do amido pareceram ser aditivos. As digestibilidades aparentes do ENN e da EB decresceram com o aumento na inclusão

de celulose, porém os pesquisadores observaram que a fibra causou maior impacto na digestibilidade aparente da EB em dietas com elevado teor de carboidratos que em dietas com baixo teor. O potássio, o sódio e o cloro também tiveram seus coeficientes de digestibilidade aparente diminuídos pela inclusão de celulose.

Burkhalter et al. (2001) avaliaram os efeitos de diferentes proporções de fibra insolúvel:solúvel (I:S) na casca de soja sobre a digestibilidade dos nutrientes e as características fecais de cães canulados no íleo. As digestibilidades ileais da MS, MO, PB, FDT, EE e EB foram menores para os cães alimentados com as dietas suplementadas com fibra que para os cães que consumiram a dieta controle. A inclusão de fibra resultou em efeito negativo modesto sobre as digestibilidades totais da MS, MO, EE e EB comparado às da dieta controle. As digestibilidades ileais da MS, MO e dos aminoácidos dos cães alimentados com as dietas que continham casca de soja responderam quadraticamente à proporção I:S. Entre as dietas contendo casca de soja, houve um incremento linear da excreção de fezes com o aumento da relação I:S. Os autores concluíram que a otimização do nível I:S é desejável.

Dobenecker e Kienzle (1998) encontraram correlação significativa negativa entre o conteúdo de fibra na matéria seca (26-45% de FB) e a digestibilidade da matéria orgânica (45-63%). Earle et al. (1998) também encontraram correlação negativa entre a digestibilidade aparente da MO e o teor de fibra da dieta, como também da digestibilidade da EB com o conteúdo de fibra.

Simpson et al. (2002) encontraram em cães, consumindo uma dieta com 14% de FDT, coeficientes de digestibilidade da MO de 76,9%, dos carboidratos de 84,3%, da gordura de 90%, da energia de 81,3% e da proteína de 81,0%.

Avaliando a inclusão de polpa de citrus e folha de alfafa em dietas para cães, Malafaia et al. (2002) observaram redução nas ingestões de água, MS, MO e PB, expressas em porcentagem do peso vivo dos animais e melhora nas digestibilidades da MS, PB, EE e FDN à medida que o nível de fibra da dieta aumentou.

2.4.3 - Efeitos da fibra dietética sobre as características fecais e o trânsito intestinal da digesta

As características fecais são importantes para os proprietários, uma vez que são frequentemente usadas como indicadores da saúde do animal. Fezes moles podem ser indicativas de diarreia e, excessivamente duras, de constipação, que são importantes distúrbios nutricionais que podem ocorrer quando fontes inadequadas de fibra são introduzidas à dieta dos cães (Sunvold et al, 1995a; Fortes, 2001). Em experimentos com animais de estimação, a qualidade fecal pode ser utilizada para expressar os efeitos dos tratamentos, podendo ser mensurada através do número de defecações, da excreção fecal diária, do escore fecal, dentre outros parâmetros (Fortes, 2001).

A qualidade das fezes pode estar diretamente relacionada com a fonte de fibra utilizada na alimentação dos cães. Fontes de fibra que proporcionem uma adequada taxa de passagem, podem gerar condições mais adequadas ao processo de digestão do cão, tornando a atuação das enzimas digestivas mais efetivas, proporcionando melhor digestibilidade dos nutrientes e adequada fermentação intestinal, tendendo, assim, à produção de fezes bem formadas e firmes (Fortes, 2001). Dependendo de sua quantidade e fonte, a fibra acarreta aumento da taxa de defecação e eliminação de fezes mal formadas e líquidas, com menor teor de matéria seca (Schneider, 1988 citado por Carciofi, 2005).

Sunvold et al. (1995a) concluíram que fontes de fibra moderadamente fermentáveis, como a polpa de beterraba, conferem características fecais desejáveis sem comprometer a digestibilidade dos nutrientes, podendo ainda promover a saúde do trato gastrointestinal pela otimização da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC).

De acordo com Robertson e Eastwood (1980) citados por Fortes (2001), a capacidade higroscópica da fibra está particularmente relacionada com seu conteúdo de hemiceluloses e pectinas, que constitui um dos aspectos relevantes para se explicar o volume e peso das fezes. As pectinas, entre os polissacarídeos da

parede vegetal, são as que apresentam maior importância no processo de retenção de água.

A mensuração da excreção de fezes frescas pode refletir a capacidade da fibra dietética em reter água. Duas maneiras de se mensurar a qualidade fecal são a medição da porcentagem de MS fecal e da consistência fecal (Sunvold et al, 1995a). Sunvold et al. (1995a) não encontraram uma boa correlação entre a consistência fecal e a porcentagem de MS das fezes, mas observaram que o escore fecal é um indicativo mais eficiente da consistência das fezes que a porcentagem de MS das mesmas. Murray et al. (1999) encontraram que o peso das fezes secas é uma função da quantidade de fibra ingerida.

Wichert et al. (2002) avaliaram os efeitos de diferentes tipos e fontes de celulose sobre a qualidade fecal em cães. Encontraram aumento na matéria seca das fezes com a inclusão de celulose às dietas. No entanto este efeito decresceu com o aumento no comprimento da fibra. A adição de celulose também promoveu aumento na frequência de fezes bem formadas em relação ao grupo controle, havendo diferenças consideráveis entre os tipos de celulose. O pH fecal não foi afetado pela inclusão de celulose, indicando baixa fermentação microbiana. Os autores sugeriram, também, que a capacidade de retenção de água da fibra pode não estar completamente relacionada seu comprimento.

Fahey et al. (1990b) trabalharam com níveis crescentes de polpa de beterraba como fonte de fibra em dietas para cães e constataram que o aumento na excreção de fezes estava relacionado à elevação do conteúdo de água das mesmas e não à redução drástica na digestibilidade dos nutrientes. Também observaram um decréscimo no tempo de trânsito intestinal nos animais que consumiram as dietas com mais fibra, associando a este fato, a pequena redução observada na digestibilidade da MS e da MO nestes mesmos animais.

Provavelmente, o maior número de defecações está relacionado a uma maior taxa de passagem proporcionada pelas características químicas e bromatológicas das fontes de fibra. Fontes de fibra ricas em pectinas tendem a diminuir a taxa de passagem no intestino delgado. No entanto, promovem maior fermentação no intestino

grosso com conseqüente aumento na produção de AGV's, que por sua vez, estimulam o aumento da motilidade intestinal, proporcionando maiores volume fecal e número de defecações (Fortes, 2001). Por outro lado, Bardon et al. (1983) citados por Fortes (2001), verificaram que fontes de fibra ricas em celulose aumentam a taxa de passagem no intestino delgado, mas diminuem o tempo de trânsito total no TGI.

Fahey et al. (1990a) não encontraram diferenças significativas no tempo de trânsito intestinal de cães que consumiram dietas que continham diferentes fontes de fibra e mesmo nível de FDT. Bueno et al. (1981) citados por Fahey et al. (1990a), notaram que a inclusão de fibra em dietas para cães altera o tempo de trânsito da digesta no intestino delgado e a motilidade do intestino. Em seus estudos, os efeitos pareceram diferir para diferentes fontes de fibra. A forma física da fibra apresentou particular importância e certas fibras com composição química semelhante exerceram efeitos muito diferentes no fluxo da digesta.

2.5 - Efeitos sistêmicos da fibra dietética e sua importância no auxílio do tratamento de algumas doenças

Durante muito tempo, o intestino foi visto simplesmente como um órgão de digestão e absorção. No entanto, atualmente sabe-se que ele é o maior órgão linfóide do organismo, sendo responsável pela produção da maior parte dos linfócitos. Em situações de injúria, estresse e jejum prolongado, a saúde intestinal pode ser comprometida e conseqüentemente prejudicar ainda mais as defesas imunológicas do animal (Brunetto, 2006). Estudos *in vivo* têm demonstrado que o tipo de fibra incluído na dieta é muito importante para a manutenção da saúde gastrointestinal e auxilia no tratamento de algumas doenças (Reinhart e Sunvold, 1996).

As fibras têm se tornado essenciais e muito importantes na dieta humana, principalmente pelos benefícios de sua participação na prevenção e/ou controle de doenças degenerativas. A celulose, a hemicelulose e a lignina compõem a porção não viscosa da parede celular e, as pectinas e as gomas compõem a fração viscosa. Ambos componentes exercem influência na diluição da energia da dieta, no

funcionamento do TGI e na utilização dos nutrientes pelos animais não-ruminantes e pelos seres humanos. Longevidade e qualidade de vida são desejáveis para os animais de companhia, fazendo com que qualquer intervenção nutricional que possa contribuir para estas características seja considerada benéfica (Fahey et al., 1990b).

Em pesquisas com humanos tem sido verificado que o consumo de dietas com baixos níveis de conteúdo da parede celular vegetal pode estar relacionado com o desenvolvimento de algumas doenças como o câncer de cólon, diabetes, úlceras digestivas, obesidade, hipercolesterolemia e problemas cardiovasculares (Ferreira, 1994 citado por Fortes, 2001).

2.5.1 - Importância da fibra dietética no controle da glicemia e da insulinemia e no tratamento da diabetes mellitus

A glicose é o principal substrato utilizado pela maioria das células dos organismos para obter energia necessária para manutenção, reprodução e armazenamento (Guyton, 1997 citado por Silva Júnior, 2004). Devido ao seu papel fundamental, substrato para obtenção de energia, a glicemia é finamente regulada por uma série de mecanismos hormonais e não hormonais (Champ e Harvey, 1996; Rang et al., 2002 citados por Silva Júnior, 2004). Os valores normais de glicemia em cães, mensurados a partir do plasma sanguíneo, variam de 65 a 120 mg/dL (Dyer, 1992; Nelson et al., 1994b citados por Silva Júnior, 2004). Variações na glicemia, hiper ou hipoglicemia, resultam em alterações metabólicas variadas. Quando crônicas, podem constituir fator predisponente ao desenvolvimento de doenças como a diabetes. Alterações extremas na glicemia podem levar o animal ao coma e à morte (Nelson, 1998 citado por Silva Júnior, 2004).

A regulação hormonal da glicemia é realizada, principalmente, pela ação de dois hormônios de ação antagônica: insulina e glucagon, ambos secretados pelo pâncreas (Guyton, 1997 citado por Silva Júnior, 2004). Enquanto a insulina é um hormônio hipoglicemiante, o glucagon é hiperglicemiante (Swenson, 1996; Cunningham, 1999 citados por Silva Júnior, 2004). A relação insulina/glucagon modula os padrões de

fosforilação e desfosforilação enzimáticas, inibindo ou estimulando alostericamente enzimas que promovam a glicólise, glicogênese, glicogenólise e gliconeogênese (Champe e Harvey, 1996 citados por Silva Júnior, 2004). Os valores normais de insulinemia em cães variam de 5 a 20 $\mu\text{U/mL}$.

Animais com relação insulina/glucagon predominantemente baixa dificilmente terão problemas como obesidade, diabetes e doenças respiratórias (Behrend e Greco, 2000^a; Ter Maaten et al., 1997 citados por Silva Júnior, 2004).

Segundo Borges (2003b) citado por Silva Júnior (2004), existem duas teorias que explicam o controle fisiológico do consumo voluntário: a teoria dos nutrientes circulantes no sangue e a teoria da distensão estomacal. Nos cães, o consumo voluntário de alimentos parece estar melhor relacionado à satisfação da quantidade de energia de manutenção diária. Dentre as teorias de nutrientes circulantes no sangue, existe a teoria glicostática, que relaciona a glicemia ao consumo voluntário. Alimentos que proporcionam uma liberação de glicose mais rápida são contra-indicados para cães obesos e diabéticos, pois os animais que ingerem este tipo de alimento apresentam o pico insulinêmico mais elevado.

Grandes variações nas concentrações pós-prandiais de glicose e insulina em resposta a diferentes alimentos têm sido demonstradas em cães (Holste et al., 1989; Nguyen et al., 1994 citados por Nguyen et al., 1998). Polissacarídeos viscosos são responsáveis, em parte, pelos efeitos benéficos no metabolismo da glicose, dos ácidos graxos e do ácido biliar observados em humanos (Fahey et al., 1990b).

Segundo Jenkins et al. (1978) e Topping et al. (1988) citados por Murray et al. (1999), a goma guar e, em menor extensão, as pectinas, são capazes de atenuar a resposta glicêmica pós-prandial. Eles explicam que este efeito é aparentemente devido à viscosidade da fonte de fibra. O mecanismo de ação da fibra viscosa é relacionado à sua habilidade em retardar a velocidade de absorção da glicose no intestino. Este fato ocorre, provavelmente, em função de sua capacidade em reduzir a taxa de difusão dos nutrientes no lúmen do intestino delgado, sendo

que o retardamento no esvaziamento gástrico também pode desempenhar um papel importante.

A adição de fibra a uma dieta resulta em menor incremento glicêmico pós-prandial e reduzida necessidade de insulina. No entanto, a ingestão crônica de dietas ricas em fibra dietética tem sido associada, por meio de testes de tolerância à glicose oral, à elevada concentração de insulina plasmática e reduzida hiperglicemia (Massimino et al., 1998).

O proglucagon é um polipeptídeo de 160 aminoácidos codificado pelo gene glucagon das células L, encontradas em maior concentração na mucosa do íleo distal e intestino grosso. Muitos peptídeos derivados do proglucagon têm sido identificados, incluindo o glucagon semelhante ao peptídeo-1 (GLP-1) e o glucagon semelhante ao peptídeo-2 (GLP-2). O GLP-1 é considerado um agente anti-diabetogênico por estimular a secreção de insulina, inibir a secreção de glucagon e retardar o esvaziamento gástrico. O GLP-2 parece ser secretado juntamente com o GLP-1 e tem como funções modular a proliferação epitelial no intestino delgado e a concentração do transportador basolateral de glicose (GLUT2) (Massimino et al., 1998).

A expressão do gene proglucagon no íleo de ratos é elevada com o aumento na ingestão de fibra (Reimer e McBurney, 1996 citados por Massimino et al., 1998). Gene et al. (1996) citados por Massimino et al. (1998), relataram um incremento na concentração plasmática de peptídeos derivados do proglucagon com a ingestão de fibra fermentável e um decréscimo destes peptídeos com a remoção da mesma. Massimino e colaboradores, em 1998, concluíram que a ingestão, durante 14 dias, de fibras fermentáveis por cães saudáveis está associada a um aumento na secreção de GLP-1 e menores oscilações na concentração de glicose sanguínea pós-prandial.

Murray et al. (1999) afirmam que a fibra dietética solúvel e viscosa possui efeito marcante sobre a absorção de glicose. Entretanto, o nível de amido disponível na dieta é o fator mais importante que mais influencia a resposta glicêmica (Murray et al., 1999).

Os resultados de Nguyen et al. (1998) sugeriram que, no nível de ingestão testado, o conteúdo de

amido das dietas foi o fator primário determinante da glicemia pós-prandial e que variações nos níveis de PB e EE das dietas mostraram ter efeito desprezível sobre esta resposta. Em contraste, os conteúdos de PB e de EE, assim como o de amido, parece determinar a resposta insulínica. Entretanto, em nenhum dos casos, houve qualquer influência do conteúdo de FDT das dietas.

O amido é o principal nutriente que altera e determina a onda pós-prandial de glicose. Quanto mais rápida e completa a digestão e absorção dos carboidratos de um alimento, maior será a onda pós-prandial imediata produzida. A utilização de dietas que minimizem essa onda melhora o controle da glicemia, sendo recomendadas nos casos de obesidade (Vasconcellos, 2005) e, principalmente, na diabetes. As respostas insulínicas e glicêmicas refletem, em última instância, a velocidade com que o amido das fontes foi digerido e absorvido, na forma de glicose, no intestino delgado dos cães. Wolever (1990) citado por Nguyen et al. (1998), relata que a fibra dietética diminui a taxa de passagem intestinal e a velocidade de hidrólise do amido.

Ao avaliar a digestibilidade aparente e a resposta glicêmica de cães, canulados no íleo, alimentados com dietas enterais, Murray et al. (1999) concluíram que as respostas glicêmica e insulínica foram reflexo da ingestão de amido e da sua digestibilidade. Encontraram, ainda, que a fibra viscosa não exerceu efeito negativo na digestão dos nutrientes e foi capaz de moderar a concentração de glicose sérica, podendo ser considerada uma boa escolha para inclusão nas dietas para animais diabéticos.

A diabetes mellitus é um conjunto de síndromes que se produzem em consequência de um déficit absoluto ou relativo de insulina. Entre os distintos tipos de diabetes, o tipo 2, não insulino-dependente, é o mais freqüente, sendo uma das alterações endócrinas mais comuns. A diabetes tipo 2 começa com uma situação de resistência insulínica, geralmente em consequência da obesidade e, se o funcionamento das células β das ilhotas pancreáticas é normal, se produz um estado de hiperinsulinemia com o objetivo de manter, nos tecidos, uma atividade insulínica suficiente. Alguns destes indivíduos desenvolvem diabetes tipo 2 quando, por um

fator genético ou adquirido, se produz um fracasso da função celular β e uma descompensação entre o aumento das necessidades de insulina e a produção deste hormônio (Ruiz-Roso et al., 2002). Ruiz-Roso et al. (2002) afirmam que uma ingestão moderada de fibra, tanto solúvel quanto insolúvel, pode melhorar o controle da diabetes tipo 2 em indivíduos acometidos por esta enfermidade.

Dietas com reduzidos níveis de fibra que provocam elevada resposta glicêmica nos indivíduos que as consomem, aumentam o risco de diabetes mellitus não insulino-dependente em humanos. Alimentos com elevado conteúdo de fibra dietética que proporcionam baixa resposta glicêmica, diminuem o nível de ácidos graxos livres, os quais estão associados à obesidade abdominal e ao risco cardiovascular. Causam rápida absorção de glicose, do lúmen intestinal para o sangue, desencadeando hiperinsulinemia pós-prandial, que pode estar associada ao desenvolvimento do câncer de cólon. Uma dieta com elevado nível de carboidratos purificados e baixo de fibras solúveis, desencadeia rápida absorção de glicose, com resultados semelhantes (Nguyen et al., 1998).

De acordo com Murray et al. (1999) e Nguyen et al. (1998), pesquisas prévias relataram que a gordura da dieta possui a habilidade de afetar a resposta glicêmica. A gordura, quando adicionada à dieta, ou infundida diretamente no duodeno ou íleo, retarda o tempo de esvaziamento gástrico. Este atraso pode ser o responsável pelo decréscimo na resposta glicêmica a uma dieta. Nuttall e Gannon (1990) citados por Nguyen et al. (1998), afirmam que uma elevada ingestão de proteínas rapidamente digestíveis modifica a resposta glicêmica por aumentar a secreção de insulina.

O processamento dos alimentos pode ter particular importância para cães, pois o tipo de alimento consumido (seco, enlatado, úmido) afeta o valor da glicemia máxima pós-prandial e o tempo em que este pico ocorre (Holste et al., 1989 citados por Nguyen et al., 1998).

2.5.2 - Importância da fibra dietética na prevenção, controle e tratamento da obesidade

A obesidade é a principal forma de má nutrição dos animais de companhia (Markwell e Butterwick, 1994; Case et al., 1998a, Daminet et al., 2003; Robertson, 2003; Vigoureux, 1992; Sunvold, 2000; Diez et al., 2004; Sasaki et al., 1998; Ishioka et al., 2002; Laflamme et al., 1997; Crane, 1991). Diversos autores relatam que as taxas estimadas de obesidade canina se encontram em torno de 30% (Vasconcellos, 2005; Daminet et al., 2003; Robertson, 2003; Sunvold, 2000; Diez et al., 2004).

A prevalência da obesidade tem aumentado em todo o mundo, em proporções epidêmicas, a taxas alarmantes (Hulouyang et al., 2003). A obesidade é uma síndrome complexa, na qual o aumento da massa corporal gorda é acompanhado por profundas mudanças nas funções fisiológicas (Gayet et al., 2004; Crane, 1991), estando associada ao desenvolvimento de diabetes mellitus, doenças cardiovasculares e músculo-esqueléticas, dermatoses, decréscimo da competência imune, intolerância ao exercício e ao calor, decréscimo da eficiência reprodutiva, aumento do risco cirúrgico e anestésico e uma diminuição do tempo de vida (Robertson, 2003).

São muitas as causas de obesidade, mas as mais importantes são as ambientais, como o tipo de alimento e a forma de oferecimento. O estilo de vida dos cães também tem contribuído muito para o aumento de peso nestes animais e está diretamente relacionado ao de seus proprietários (Markwell e Butterwick, 1994; Case et al., 1998a; Vasconcellos, 2005; Vigoureux, 1992; Machado, 2004; Crane, 1991).

Os cães consomem alimentos de maior teor energético com maior prontidão e os proprietários, geralmente, não controlam a quantidade ingerida destes alimentos pelos seus animais, resultando em maior consumo de energia, com conseqüente aumento na incidência de obesidade (Fahey et al., 1990b; Simpson et al., 2002).

Componentes da dieta capazes de induzir à perda de peso de um cão obeso sem a necessidade de se efetuar uma restrição calórica das refeições, podem ter uso potencial para prover significativamente a saúde da população canina. A diluição da energia das dietas com fibra é uma estratégia comum para promover a perda de peso em cães (Jewell et al., 2006).

Em dietas para controle de peso recomenda-se o emprego de concentrações aumentadas de fibra, esta medida tem como argumentos: controle da glicemia e lipidemia; redução na digestibilidade dos lipídeos e carboidratos; estimulação dos mecanismos de saciedade; redução na densidade calórica do alimento; manutenção das funções normais do TGI, incluindo qualidade das fezes, tempo de trânsito e absorção da água e eletrólitos no intestino grosso (Burton-Freeman, 2000 citados por Carciofi, 2005). Nesta situação deve-se empregar fibras de baixa fermentabilidade, tanto as solúveis como as insolúveis, pois estas podem ser empregadas em maior quantidade sem ocasionar efeitos digestivos adversos (Diez et al., 1998; Butterwick e Markwell, 1996 citados por Carciofi, 2005). Outros fatores que parecem exercer alguma influência na ativação dos mecanismos pré-absortivos de saciedade, relativo às fibras, são a ativação dos mecanorreceptores gástricos e o estímulo ao maior número de mastigações exigidos por alimentos mais fibrosos (Burton-Freeman, 2000; Burkholder e Bauer, 1998; Lewis et al., 1994a citados por Carciofi, 2005).

As fibras solúveis de baixa fermentação, como a goma de Psyllium, são também efetivas em diluir calorias. Estas conferem viscosidade ao bolo alimentar, retardando a hidrólise enzimática dos alimentos e estendendo o período digestivo. Fibras de alta fermentação, por outro lado, devem ser empregadas com cautela, pois a grande produção de ácidos graxos voláteis que determinam pode resultar em aceleração do trânsito intestinal e diarreia (Carciofi, 2005).

Há uma contradição evidente dos efeitos de dietas com alta fibra sobre a ingestão de alimento (Dobenecker e Kienzle, 1998). Butterwick e Markwell (1997) citados por Dobenecker e Kienzle (1998), não encontraram influência de fibras solúvel ou insolúvel sobre a ingestão de energia em cães sobre restrição calórica. No entanto, Jewell e Toll (1995) citados por Dobenecker e Kienzle (1998), notaram decréscimo da ingestão de energia e matéria seca em cães após refeições com dietas com teores de fibra médio e alto. Dobenecker e Kienzle (1998) explicam que estas diferenças podem ter ocorrido em função das diferentes composições e/ou da palatabilidade das dietas básicas experimentais.

Dobenecker e Kienzle (1998) sugeriram, de acordo com os resultados de seus experimentos, que um alto conteúdo de celulose nas dietas afeta o consumo de alimentos em cães principalmente pela redução na palatabilidade. Jewell et al. (2006) concluíram que, em cães obesos, o aumento no nível de fibra da dieta induziu à redução na ingestão de alimentos pelos animais e proporcionou redução na massa corporal de gordura dos cães.

2.5.3 - Importância da fibra dietética no tratamento de doenças do trato gastrointestinal

Os cães são comumente acometidos por doenças do TGI similares aos humanos e a suplementação de fibra também tem sido defendida como parte do protocolo de tratamento estas afecções (Burrows et al., 1982 citados por Fortes, 2001).

Desordens intestinais podem ser melhor tratadas com uma intervenção nutricional que promova crescimento da mucosa intestinal, forneça substratos energéticos para os enterócitos e minimize a frequência de criptites e de distensão da mucosa. Tem sido postulado que níveis excessivos de fibra não-fermentável na dieta pode não prover níveis adequados de AGCC necessários para a recuperação do indivíduo, enquanto que fibras moderadamente fermentáveis, ou substratos não-fibrosos (como certos oligossacarídeos) que promovem a proliferação de bactérias não-patogênicas no intestino, podem ser benéficas. Fibras dietéticas que produzem elevadas concentrações de butirato podem exercer efeitos benéficos no intestino grosso, ao passo que substratos rapidamente fermentáveis ou que produzem um elevado teor de acetato, podem incrementar a proliferação da mucosa do intestino delgado (Reinhart e Sunvold, 1996).

Estudos com humanos consumindo baixa e alta quantidades de fibra dietética revelaram correlação negativa entre a incidência de doenças gastrointestinais e o consumo de fibra dietética (Sunvold, 1996 citado por Fortes, 2001).

Geralmente, para o tratamento de doenças no intestino grosso de cães, a adição de fibras dietéticas tem sido considerada o ponto mais importante do manejo dietético, devido à grande variedade de aspectos que são influenciados por esses carboidratos complexos. A determinação da quantidade e do tipo de fibra dietética ideal para promover a saúde intestinal, a manutenção da motilidade do TGI e as características fecais desejáveis são causa de grande debate. No entanto, há um consenso geral de que as fibras melhoram o funcionamento colônico em cães, sendo fontes de combustível para os colonócitos através da fermentação das fibras mais solúveis e aumentam a massa fecal com fibras insolúveis, que promovem a normalização das funções motoras do cólon e defecação (Zoran, 2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Local e instalações

Um ensaio de metabolismo (determinação da digestibilidade e das curvas glicêmicas) foi conduzido nas dependências do Laboratório de Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Jaboticabal, no segundo semestre de 2006.

A cidade de Jaboticabal se localiza no estado de São Paulo, à latitude 21°15'17" sul e à longitude 48°19'20" oeste, a uma altitude de 605 metros. O clima é do tipo subtropical-mesotérmico e a temperatura média é de 22°C (Jaboticabal... [200_]).

Para o ensaio de digestibilidade, os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo de aço inoxidável de dimensões 1 x 1 x 1 metros (figura 1-a). Para a determinação das curvas glicêmicas os animais foram alojados em canis individuais de 1,5 x 1,5 metros (figura 1-b).

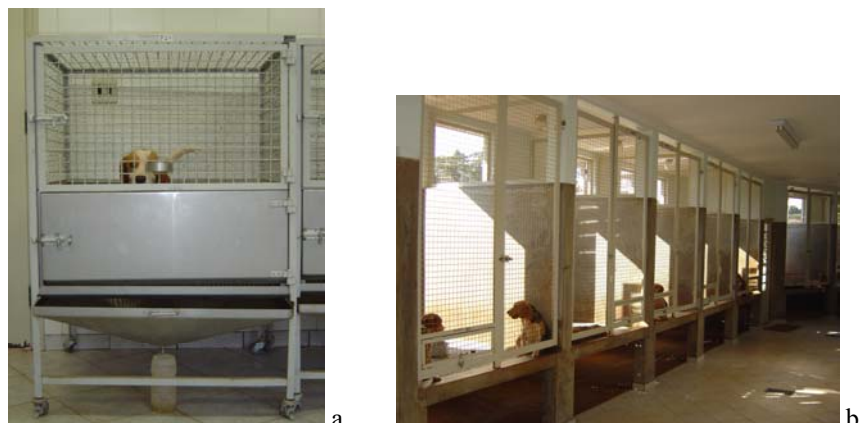


Figura 1: Gaiola metabólica (a) e canis individuais (b).

3.2 - Animais e delineamento experimental

Foram utilizados seis cães adultos da raça Beagle, não obesos, sendo cinco machos não castrados e uma fêmea castrada, com peso vivo médio de $11,8 \pm 0,2$ kg, idade média de 1,5 anos, previamente submetidos a exames clínico e hematológico, vacinação e controle de endo e ectoparasitas.

O experimento foi conduzido em um delineamento experimental em quadrado latino 6×6 , sendo seis animais e seis dietas experimentais em seis períodos. O ensaio de digestibilidade foi conduzido pelo método de coleta total de fezes, observando-se as recomendações da Oficial... (2004). A determinação das curvas glicêmicas foi conduzida de acordo com Takakura (2003), com algumas modificações. O comitê de Ética e Bem-estar animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual de São Paulo aprovou todos os procedimentos experimentais.

3.3 - Dietas e manejo alimentar

Foram avaliadas seis dietas (tabela 2):

- Dieta BC-CEL: composta por bagaço de cana-de-açúcar (BC) + celulose (CEL);
- Dieta BC-CMC: composta por BC + carboximetilcelulose (CMC);
- Dieta CE-CEL: composta por casca de ervilha (CE) + CEL;
- Dieta CE-CMC: composta por CE + CMC;
- Dieta CEL: composta por CEL;
- Dieta CMC: composta por CMC.

As dietas foram formuladas para que seus níveis nutricionais superassem as recomendações preconizadas pela AAFCO (Oficial..., 2004) para atender às exigências nutricionais de cães adultos em manutenção. Os ingredientes utilizados foram previamente analisados (tabela 1), para posterior balanceamento e fabricação das dietas experimentais. As dietas BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL e CE-CMC foram formuladas para conter o mesmo teor de FDT, sendo que os ingredientes bagaço de cana-de-açúcar e fibra de ervilha contribuíram com 10% de FDT e os ingredientes celulose e carboximetilcelulose contribuíram com 2%. As dietas CEL e CMC foram formuladas para o mesmo teor de FDT (o teor de FDT destas dietas foi inferior ao das dietas BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL e CE-CMC), sendo que a celulose e a carboximetilcelulose também contribuíram com 2% de FDT.

Tabela 1: Composição química (valores analisados) das fontes de fibra das seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT para cães.

Nutrientes (%)	BC	CE	CEL	CMC
Matéria Seca (MS)	93,13 ^a	93,07	93,57	93,69 ^f
Valores na matéria seca				
Matéria Orgânica (MO)	94,39	97,68	99,80	80,42
Proteína Bruta (PB)	1,78	5,59 ^b	---	---
Extrato Etéreo Ácido (EEA)	1,40	1,33	---	---
Extrativo não Nitrogenado (ENN ^{FDT}) ¹	0,31	5,48	1,32	6,42 ^g
Fibra Dietética Total (FDT)	90,78	85,28 ^c	98,48	74,00 ^h
Fibra Insolúvel (FI)	90,78	82,03 ^d	98,48	---
Fibra Solúvel (FS)	---	3,25 ^e	---	74,00 ^h
Matéria Mineral (MM)	5,73	2,32	0,20	19,58 ⁱ

BC = bagaço de cana-de-açúcar, CE = casca de ervilha, CEL = celulose, CMC = carboximetilcelulose.

¹ ENN^{FDT} = 100 - (PB+EEA+MM+FDT), sendo que todos os valores estão em % na MS.

^a Valor de MS determinado após secagem ao sol. A MS do bagaço *in natura* foi de 54,06%.

^b O fabricante declara que este produto apresenta 7,00% ± 1,00 de PB (Dilumix Diluentes para premix Ltda.).

^c O fabricante declara que este produto apresenta 84,05% ± 1,00 de FDT (Dilumix Diluentes para premix Ltda.).

^d O fabricante declara que este produto apresenta 75,73% ± 0,16 de FI (Dilumix Diluentes para premix Ltda.).

^e O fabricante declara que este produto apresenta 8,32% ± 0,08 de FS (Dilumix Diluentes para premix Ltda.).

^f O fabricante declara que este produto apresenta 92% de MS (CP Kelco Brasil S.A.).

^g O fabricante declara que este produto apresenta 0% de açúcares (CP Kelco Brasil S.A.).

^h Valor declarado pelo fabricante (CP Kelco Brasil S.A.).

ⁱ O fabricante declara que este produto apresenta 18% de MM (CP Kelco Brasil S.A.).

Tabela 2: Fórmulas das seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT para cães.

Ingredientes (% na MN)	DIETAS					
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC
Bagaço-de-cana de açúcar ¹	11,98	11,98	-	-	-	-
Casca de ervilha ²	-	-	12,76	12,77	-	-
Celulose ³	2,17	-	2,17	-	2,17	-
Carboximetilcelulose ⁴	-	2,88	-	2,88	-	2,88
Farinha de vísceras de frango	24,92	24,92	24,09	24,10	25,15	25,16
Quirera de arroz	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Milho grão	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Farelo de Glúten milho 60%	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Óleo de vísceras de aves	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Amido de milho ⁵	3,21	2,49	3,25	2,53	14,96	14,24
Levedura seca de cervejaria 40	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Ovo integral em pó	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Palatabilizante líquido ⁶	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Premix vitamínico/mineral ⁷	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
Cloreto de potássio	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Antifúngico ⁸	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Antioxidante ⁹	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Total (%)	100	100	100	100	100	100

¹ Composto pelas seguintes variedades de cana-de-açúcar moída: RB-72454, RB-867.515, SP79-1011, SP80-1842, SP81-3250, SP86-155, SP91-1049, SP80-3280 - Fornecido pela Usina Santa Luiza S.A.

² DILUFIBER® - Dilumix Diluentes para premix Ltda.

³ ARBOCEL BWV 40 C® - Clariant S.A.

⁴ CEKOL 700® - CP Kelco Brasil S/A.

⁵ Corn Products Brasil - Ingredientes Industriais Ltda.

⁶ Composto por fígado de aves hidrolisado - Mogiana Alimentos S/A.

⁷ 3,89% do premix vitamínico/mineral fornecido pela Mogiana Alimentos S/A (enriquecimento por quilograma de alimento: 22000 UI de vitamina A, 2200 UI de vitamina D, 90 UI de vitamina E, 0,4 mg de vitamina K, 1 ppm de tiamina, 7 ppm de riboflavina, 12 ppm de ácidos pantoténico, 14 ppm de niacina, 1 ppm de piridoxina, 0,08 mcg de biotina, 0,2 ppm de ácido fólico, 22 mcg de vitamina B12, 0,67 ppm de colina, 6 ppm de manganês, 140 ppm de zinco, 80 ppm de ferro, 7,5 ppm de cobre, 1,5 ppm de iodo, 0,2 ppm de selênio) + 78,32% do suplemento mineral fornecido pela Agromix - Indústria e comércio de alimentos (enriquecimento por quilograma do produto: 190 g de Cálcio, 83 g de Sódio, 6.000 mg de Zinco, 900 mg de Cobre, 6.000 mg de Ferro, 1.500 mg de Manganês, 60 mg de Selênio, 100 mg de Iodo) + 17,79% do suplemento vitamínico fornecido pela Agromix - Indústria e comércio de alimentos (enriquecimento por quilograma do produto: 3.000.000 UI de vitamina A, 300.000 UI de vitamina D, 8.000 mg de vitamina E, 389 mg de vitamina K3, 750 mg de vitamina B1, 900 mg de vitamina B2, 300 mg de Biotina, 650 mg de Niacina, 2.600 mg de Ácido Pantotênico, 100.000 mg de Metionina. O veículo utilizado é o caulim - 65%).

⁸ Fylax® - Agrocerec Nutrição Animal Ltda (Composição básica do produto: ácido propiônico).

⁹ Seldox® - Agrocerec Nutrição Animal (Composição básica do produto: BHT).

O bagaço de cana-de-açúcar foi seco ao sol e pré-moído a 1,0 mm. As dietas foram misturadas e moídas a 0,8 mm na Fábrica de Rações da FCAV/UNESP, campus de Jaboticabal; extrusadas na Fábrica de Rações da Premier Pet, em Dourado-SP, sendo o processo controlado pela aferição da densidade (340-360 g/L); e receberam banho de óleo e palatabilizante no setor de Avicultura da FCAV/UNESP, campus Jaboticabal. A dieta BC-CEL obteve índice de gelatinização de 96,46%; a dieta BC-CMC, 97,30%; a dieta CE-CEL, 93,48%; a dieta CE-CMC, 98,20%; a dieta CEL, 98,38%; e a dieta CMC, 95,67%.

A quantidade de ração fornecida foi calculada de acordo com a necessidade energética de manutenção de cada animal, conforme a fórmula proposta pelo Nutrient... (2006):

$$Y = 95 pc^{0,75}$$

onde Y é o valor calculado em Kcal de EM e pc é o peso corporal em Kg. As dietas foram oferecidas às 08:00h, em uma única refeição. A

EM utilizada no cálculo foi a estimada pela fórmula proposta pelo Nutrient... (2006) para alimentos comerciais.

Na determinação das curvas glicêmicas as dietas foram oferecidas por 15 minutos aos animais (o tempo de consumo das rações foi cronometrado para cada animal), nos dias de colheita de sangue, sendo que os mesmos foram submetidos a um jejum alimentar prévio de 24 horas. Os animais que não consumiram a cota total pré-

estabelecida de alimento em 15 minutos foram excluídos do teste naquele dia, sendo testados no dia seguinte. A quantidade de ração oferecida foi ajustada de modo a se obter a mesma ingestão de amido por quilograma de peso metabólico, sendo que a média da quantidade de amido que as dietas BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL e CE-CMC ofereciam (tabela 3), por quilograma de peso metabólico, foi usada como referência para calcular a quantidade de ração a ser ofertada para cada tratamento.

Tabela 3: Composição química (valores estimados) das seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT para cães.

Nutrientes (%)	DIETAS					
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC
Matéria Seca (MS)	86,98	87,03	86,98	87,02	86,35	86,40
	Valores na matéria seca					
Matéria Orgânica (MO)	93,51	92,91	94,09	93,49	94,14	93,54
Proteína Bruta (PB)	28,74	28,72	28,74	28,73	28,95	28,94
Extrato Etéreo Ácido (EEA)	11,65	11,65	11,54	11,53	11,62	11,61
Amido	33,26	32,52	33,30	32,56	45,43	44,68
Extrato não Nitrogenado (ENN ^{FDT})	37,02	36,45	37,71	37,14	49,08	48,51
Fibra Dietética Total (FDT)	16,09	16,09	16,10	16,09	4,48	4,48
Matéria Mineral (MM)	6,49	7,09	5,91	6,51	5,86	6,46
Cálcio	1,30	1,30	1,25	1,25	1,31	1,31
Fósforo Total	0,96	0,96	0,92	0,92	0,96	0,96
Energia Bruta (EB) (Kcal/Kg)	4154,88	4121,39	4117,36	4083,93	4716,74	4682,86
Energia Metabolizável (Kcal/Kg)	3322,00	3287,00	3217,00	3145,00	3741,00	3715,00

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

Cada período do ensaio de digestibilidade teve duração de nove dias, sendo quatro dias de adaptação à dieta (Nutrient..., 2006) e às gaiolas e cinco dias para coleta total de fezes e urina, mensuração do consumo das dietas e determinação do pH e escore fecais. Ao término de cada período do ensaio de digestibilidade, os animais foram transferidos para canis, onde permaneciam por mais dois dias para coleta de sangue (curvas glicêmicas). Os animais 1, 2 e 3 foram, sempre, submetidos à coleta de sangue no primeiro dia da determinação das curvas e os animais 4, 5 e 6 no segundo. Desta forma, todos os tratamentos apresentaram o mesmo número de

coletas em ambos os dias. Findadas as colheitas, os animais retornavam para as gaiolas metabólicas para dar início ao próximo período.

3.4 - Colheita de amostras

Foram avaliados a digestibilidade aparente dos princípios nutritivos, os escore e pH fecais e as curvas glicêmicas.

Procedeu-se à colheita total das fezes e urinas durante os cinco dias do período de colheita de cada período do ensaio de digestibilidade. As fezes foram coletadas pelo menos duas vezes ao

dia, às 08:00 e às 16:00 horas, ou no momento em que os animais defecavam. Ao colher as fezes, atribuiu-se notas de 0 a 5, a fim de se determinar a qualidade fecal por meio do escore fecal, sendo: 0 = fezes líquidas; 1 = fezes pastosas e sem forma; 2 = fezes macias, mau formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3 = fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4 = fezes bem formadas e consistentes e que não aderem ao piso; 5 = fezes bem formadas, duras e secas (Takakura, 2003). As fezes de cada animal foram pesadas, em balança de precisão de 0,01g, no momento da colheita, armazenadas em sacos plásticos individuais fechados, e congeladas em freezer a -15°C, para posterior análise. Nos dias 1, 3 e 5, do período de colheita, 2g de fezes foram pesadas, após a colheita e pesagem das 08:00 horas, e diluídas em 20ml de água deionizada para medição do pH, em pH-metro de precisão 0,01 (pH-metro 415 H[®] - Quimis do Brasil Ltda). As urinas foram coletadas sempre no período da manhã, às 08:00 horas. Adicionou-se 1,0 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 1N às vasilhas de coleta, com a finalidade de evitar-se a deterioração da amostra. O volume de urina de cada animal foi medido no momento da colheita e 30% da mesma foi armazenada em garrafas plásticas individuais, com capacidade de 500 mL, em freezer a -15°C, para posterior análise.

Ao término de cada período do ensaio de digestibilidade, as fezes e urinas foram descongeladas, homogeneizadas e pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Inicialmente foi colocado 150 mL de urina na estufa por 72 horas e, posteriormente, mais 150 mL, por mais 72 horas. As fezes e urinas pré-secas foram acondicionadas em recipientes fechados e identificadas para não se re-hidratarem. As fezes foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 0,5 mm de diâmetro.

Para a determinação das curvas glicêmicas, os animais tiveram, após 24 horas de jejum, a veia Cefálica canulada (catéter n° 20 da BD[®] - *ANGIOCATH*) e foram colocados colares elizabetanos para evitar que os mesmos retirassem os catéteres (figura 2). Após 30 minutos de descanso, foi colhida uma amostra de sangue para a determinação da glicemia basal (tempo 0). Imediatamente após a colheita, o animal foi exposto por um período de 15 minutos a uma quantidade pré-determinada da dieta a fim

de se padronizar a ingestão de amido entre os tratamentos. As amostras de sangue foram colhidas aos 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360, 420 e 480 minutos após o consumo total da dieta. O tempo de consumo de cada animal foi cronometrado e anotado. Para a determinação da concentração sérica de glicose, 1,5 mL de sangue foi colhido e armazenado em tubo de vacutainer (*VACUMM II* da BD[®], de 5,0ml) com fluoreto. Em seguida, as amostras foram centrifugadas e os respectivos plasmas foram transferidos para ependorfs de 1,5 ml devidamente identificados, resfriados a 2° - 4°C, e analisados no máximo três horas após a colheita.



Figura 2: Cão com a veia cefálica canulada e com colar Elizabetano no dia da determinação das curvas glicêmicas.

3.5 - Análises laboratoriais

Nas dietas e nas fezes foram determinados os teores de Matéria Seca, Matéria Orgânica, Matéria Mineral, Proteína Bruta, Extrato Etéreo com hidrólise ácida prévia, Energia Bruta (Officials..., 1995), Fibra Bruta (Silva, 1990, com adição de α -amilase e amiloglicosidase) e Fibra Dietética Total (Prosky et al., 1992). O ENN^{FDT} foi calculado através da fórmula:

$$\text{ENN}^{\text{FDT}} = 100 - (\text{PB} + \text{EEA} + \text{MM} + \text{FDT})$$

Os valores empregados na fórmula foram expressos na matéria seca. Nas dietas foram ainda determinados os teores de Cálcio e Fósforo (Officials..., 1995). Nas urinas foram determinados os teores de Matéria Seca e

Energia Bruta (Officials..., 1995). Estas análises foram conduzidas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, campus Jaboticabal. As amostras foram analisadas em duplicata e repetidas quando variavam mais de 5%.

A glicose foi analisada pelo método enzimático colorimétrico no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da FCAV-UNESP-Jaboticabal, utilizando kits da LABTEST®. As amostras foram analisadas em duplicata e repetidas quando variavam mais de 5%.

3.6 - Análises estatísticas

O experimento seguiu um delineamento experimental em quadrado latino 6 x 6, sendo seis unidades experimentais (cães) e seis tratamentos (dietas) em seis períodos.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos, o coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia bruta, a quantidade de nutrientes ingeridos em gramas por quilograma de peso metabólico por dia (nos ensaios de digestibilidade e na determinação das curvas glicêmicas), o teor de matéria seca das fezes, a produção fecal, a análise qualitativa das fezes (pH e escore fecais), o tempo de consumo das dietas (nos dias de coleta de sangue) e o peso metabólico dos animais utilizados, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados obtidos foram

analisados utilizando o programa estatístico SAS (Statistical..., 2000), sendo as variáveis testadas quanto à normalidade e homogeneidade do resíduo antes de cada procedimento.

As glicemias e os incrementos glicêmicos verificados em cada ponto da curva foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As curvas pós-prandiais de glicose foram também comparadas por meio da área abaixo da curva (AAC), calculada por meio de interações numéricas pelo método trapezoidal (usando o software ORIGIN – Microcal™ Software, Inc. Versão 6.0), em três períodos diferentes: AAC total, compreendida entre os tempos 0 e 480 minutos; AAC 0-90, compreendida entre os tempos 0 e 90 minutos; AAC 90-480, compreendida entre os tempos 90 e 480 minutos. As áreas assim determinadas foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados obtidos foram analisados utilizando o programa estatístico SAS (Statistical..., 2000), sendo todas as variáveis testadas quanto à normalidade e homogeneidade do resíduo antes de cada procedimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Composição química das dietas e digestibilidade

A tabela 4 apresenta a composição química analisada das seis dietas experimentais.

Tabela 4: Composição química (valores analisados) das seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT para cães.

Nutrientes (%)	DIETAS					
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC
Matéria Seca (MS)	90,62	92,70	91,43	90,11	92,28	90,80
	Valores na matéria seca					
Matéria Orgânica (MO)	90,74	90,60	91,59	90,82	91,20	89,71
Proteína Bruta (PB)	30,93	29,33	29,90	31,18	29,31	31,28
Extrato Etéreo Ácido (EEA)	10,45	11,56	10,88	11,37	11,05	11,60
Extrato não Nitrogenado (ENN ^{FDT})	25,24	26,31	26,19	24,64	36,72	32,62
Fibra Bruta (FB)	7,09	5,97	10,18	8,20	2,96	1,61
Fibra Dietética Total (FDT)	24,12	23,40	24,61	23,63	14,12	14,22
Fibra Insolúvel (FI)	21,24	18,55	22,50	19,46	11,20	9,55
Fibra Solúvel (FS)	2,88	4,85	2,11	4,17	2,92	4,67
Matéria Mineral (MM)	9,26	9,40	8,41	9,18	8,80	10,29
Cálcio	1,89	2,00	1,78	2,02	1,91	2,05
Fósforo Total	1,07	1,09	0,95	1,10	1,05	1,15
Energia Bruta (EB) (Kcal/Kg)	3975,48	4176,40	3995,51	3915,41	4054,02	3948,45
Energia Digestível (Kcal/Kg)	3108,63	3348,81	3228,54	3194,03	3591,43	3542,90
Energia Metabolizável (Kcal/Kg)	2962,13	3195,28	3048,99	3008,36	3461,62	3399,40

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

A tabela 5 apresenta os dados de ingestão, de cada princípio nutritivo, dos animais submetidos aos seis tratamentos experimentais.

Tabela 5: Médias da ingestão dos princípios nutritivos em gramas por quilograma de peso metabólico ($pc^{0,75}$) por dia dos cães, nos períodos de coleta dos ensaios de digestibilidade, alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

Nutrientes	DIETAS						CV (%)
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC	
	Em gramas por quilograma de peso metabólico por dia						
MS	27,47 ^b	28,49 ^a	28,88 ^a	28,73 ^a	25,43 ^c	24,84 ^c	1,83
MO	24,92 ^b	25,81 ^a	26,41 ^a	26,10 ^a	23,19 ^c	22,28 ^d	1,84
PB	8,49 ^{bc}	8,36 ^c	8,64 ^b	8,96 ^a	7,45 ^c	7,77 ^d	1,81
EEA	2,87 ^c	3,29 ^a	3,14 ^b	3,27 ^a	2,81 ^c	2,88 ^c	1,84
FB	1,95 ^c	1,70 ^d	2,94 ^a	2,36 ^b	0,75 ^c	0,40 ^f	1,81
FDT	6,62 ^c	6,67 ^{bc}	7,11 ^a	6,79 ^b	3,59 ^d	3,53 ^d	1,51
FI	5,83 ^b	5,28 ^d	6,50 ^a	5,59 ^c	2,85 ^e	2,37 ^f	1,55
FS	0,79 ^d	1,38 ^a	0,61 ^f	1,20 ^b	0,74 ^e	1,16 ^c	1,88
MM	2,54 ^c	2,68 ^a	2,43 ^d	2,64 ^{ab}	2,24 ^e	2,55 ^{bc}	1,89
ENN^{FDT}	6,93 ^d	7,49 ^c	7,56 ^c	7,08 ^d	9,34 ^a	8,10 ^b	2,19
ED (Kcal)	85,38 ^d	95,41 ^a	93,24 ^{ab}	91,78 ^{ab}	91,26 ^{bc}	88,00 ^{cd}	2,29
EM (Kcal)	81,36 ^c	91,03 ^a	88,06 ^{ab}	86,44 ^{ab}	87,96 ^{ab}	84,44 ^{bc}	3,09

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EEA = extrato etéreo com hidrólise ácida prévia; FB = fibra bruta; FDT = fibra dietética total; FI = fibra insolúvel; FS = fibra solúvel; MM = matéria mineral; ENN^{FDT} = extrativo não nitrogenado (calculado com base no FDT); ED = energia digestível; EM = energia metabolizável

Médias na mesma linha sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os dados de ingestão refletem a composição das dietas (tabela 4), pois a quantidade de ração oferecida era baseada na necessidade energética de manutenção de cada animal. Como as energias metabolizáveis estimadas das dietas CEL e CMC foram maiores que as das demais dietas, os animais que as consumiram, ingeriram

menores quantidades de MS, MO, PB, EEA, FB e FDT. Para as dietas BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL e CE-CMC, os valores de consumo de cada nutriente, com exceção da FI e da FS, foram muito próximos. A tabela 6 apresenta os coeficientes de digestibilidade dos princípios nutritivos.

Tabela 6: Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e dos coeficientes de metabolizibilidade aparente da energia bruta dos cães alimentados com seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

Digestibilidade Aparente (%)	DIETAS						CV (%)
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC	
CDAMS	73,27 ^c	74,08 ^c	75,96 ^{bc}	77,31 ^b	83,49 ^a	85,76 ^a	2,08
CDAMO	77,45 ^c	78,14 ^{bc}	78,81 ^{bc}	80,19 ^b	88,06 ^a	89,30 ^a	1,59
CDAPB	87,27 ^b	87,21 ^b	88,06 ^{ab}	88,09 ^{ab}	88,24 ^{ab}	90,10 ^a	1,30
CDAEEA	83,49 ^b	83,63 ^b	88,07 ^a	87,19 ^a	88,40 ^a	89,00 ^a	1,84
CDAFB	10,04 ^b	12,98 ^b	19,69 ^b	20,79 ^b	11,76 ^b	35,84 ^a	37,33
CDAFDT	40,12 ^d	46,60 ^{cd}	42,46 ^d	50,13 ^c	57,75 ^b	71,39 ^a	7,20
CDAMM	32,26 ^d	34,97 ^d	44,89 ^{bc}	48,85 ^{ab}	36,22 ^{cd}	54,87 ^a	12,51
CDAENN ^{FDT}	98,58 ^a	93,66 ^c	98,56 ^a	95,78 ^b	99,46 ^a	96,43 ^b	1,08
CDAEB	78,20 ^c	80,18 ^{bc}	80,80 ^b	81,58 ^b	88,59 ^a	89,73 ^a	1,65
CMAEB	74,51 ^b	76,51 ^b	76,31 ^b	76,83 ^b	85,39 ^a	86,09 ^a	2,38

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

CDAMS = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDAMO = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDAPB = coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDAEEA = coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo com hidrólise ácida prévia; CDAFB = coeficiente de digestibilidade aparente da fibra bruta; CDAFDT = coeficiente de digestibilidade aparente da fibra dietética total; CDAMM = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral; CDAENN^{FDT} = coeficiente de digestibilidade aparente do extrativo não nitrogenado (calculado com base no FDT); CDAEB = coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; CMAEB = coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta.

Médias na mesma linha sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As dietas CEL e CMC apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da MS e da MO ($p < 0,05$), seguidas pela dieta CE-CMC, com valor intermediário, e pelas dietas CE-CEL, BC-CEL e BC-CMC, com os menores valores. Os CDA da MS das dietas CE-CMC e CE-CEL não diferiram entre si ($p < 0,05$) e os CDA da MO das dietas BC-CMC, CE-CEL e CE-CMC também não diferiram entre si ($p < 0,05$). Os maiores CDA da MS e da MO das dietas CEL e CMC explicam-se pelo menor conteúdo de FDT (14,12% e 14,22% respectivamente) e pela maior digestibilidade da FDT destas dietas. As correlações entre o CDA da FDT e os CDA da MS e da MO foram positivas, altas e significativas (tabela 7).

A capacidade de formar gel das fibras solúveis tem sido descrita como responsável pelo retardamento no esvaziamento gástrico. No entanto as pesquisas neste campo são contraditórias. Alguns autores explicam que o atraso no esvaziamento gástrico resulta no

aumento do tempo de trânsito ao longo do intestino e no dispendimento de maior tempo para as enzimas intestinais digerirem os nutrientes. Por outro lado, estudos têm demonstrado que decréscimos na digestibilidade dos nutrientes podem ser atribuídos ao aumento na inclusão de fibra dietética viscosa na dieta (Murray et al., 1999). Muir et al. (1996) encontraram maiores digestibilidades da MS e da MO para dietas com maiores concentrações de fibra solúvel que para dietas com maiores concentrações de fibra insolúvel. Carciofi (2005) e Sunvold et al. (1995a) concordam que, quanto maior a fermentabilidade da fonte de fibra, maior a digestibilidade da matéria seca da ração. Sunvold et al. (1995a) encontraram, em seus estudos, elevada correlação entre a digestibilidade da FDT e o desaparecimento da MO após 24 horas de incubação, no teste de fermentação *in vitro*.

Como neste experimento, não foi estudada a fermentabilidade *in vitro* das fontes de fibra

testadas, o CDA da FDT pode ser usado como um indicativo do grau de fermentação da fibra. A digestibilidade da FDT da dieta CE-CMC foi maior ($p < 0,05$) que a da dieta CE-CEL; e a da dieta CMC foi maior ($p < 0,05$) que a da dieta CEL; mas a da dieta BC-CMC não diferiu da dieta BC-CEL. Com base nestes resultados, pode-se pressupor que a fonte de fibra solúvel utilizada (CMC) tenha sido fermentada, em alguma extensão.

Os CDA da PB das dietas CE-CEL, CE-CMC e CEL não diferiram do da dieta CMC nem dos das dietas BC-CEL e BC-CMC ($p < 0,05$), mas o da dieta CMC foi maior ($p < 0,05$) que os das dietas BC-CEL e BC-CMC. A digestibilidade da PB não diferiu ($p < 0,05$) entre as dietas BC-CEL e BC-CMC; entre CE-CEL e CE-CMC; e nem entre CEL e CMC, indicando ausência de efeito da fibra solúvel sobre a digestibilidade aparente da PB. Embora tenham ocorrido algumas diferenças estatísticas entre os CDA da PB dos tratamentos, os valores obtidos foram muito próximos (87,21 – 90,10%), significando que a inclusão de, aproximadamente, 40% a mais de FDT nas dietas BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL e CE-CMC, exerceu fraca influência sobre a digestão da PB.

As dietas CE-CEL, CE-CMC, CEL e CMC apresentaram os maiores valores ($p < 0,05$) de digestibilidade do EEA e as dietas BC-CEL e BC-CMC, os menores ($p < 0,05$). Estes dados, juntamente com os dados de digestão da PB, podem refletir uma possível diferença de composição química da fibra do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de ervilha. Fortes (2001) relata que a digestibilidade aparente dos nutrientes é afetada com a introdução de fibra à dieta dos cães e que, também, varia conforme a qualidade e o nível de inclusão da fonte de fibra. Allen et al. (1981) citados por Fahey et al. (1990a), não encontraram diferenças significativas na digestibilidade da PB e da energia entre os tratamentos, com a inclusão de 6 – 12% de polpa de beterraba às dietas, mas encontraram com a inclusão de 8% de polpa de tomate.

Em relação aos CDA da FB, o da dieta CMC foi maior ($p < 0,05$) que os das dietas BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL, CE-CMC e CEL, que não diferiram entre si ($p < 0,05$). Esta falta de resultado provavelmente ocorreu em função do

alto coeficiente de variação (37,33%), pois os CDA da FB das dietas BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL, CE-CMC e CEL variaram de 10,04% a 20,79%. Conforme descrito na literatura, o método de FB é inadequado para quantificar a fibra dos alimentos, por subestimar seu conteúdo (Fahey et al., 1990b; Carciofi, 2005). Este método foi usado neste trabalho por ser, ainda, referência em nutrição de cães e gatos.

O CDA da FDT da dieta CMC foi maior que o da dieta CEL ($p < 0,05$), que, por sua vez, foi maior que os das dietas CE-CMC e BC-CMC ($p < 0,05$), que foram maiores que os das dietas BC-CEL e CE-CEL. A dieta BC-CMC não diferiu, em relação à digestibilidade da FDT, das dietas BC-CEL e CE-CEL ($p < 0,05$). Segundo Carciofi (2005), a digestibilidade da FDT pode explicar o aproveitamento dos alimentos pelos cães e, quanto maior for o seu valor, maior a digestibilidade da dieta. Esta relação, citada por Carciofi (2005), foi comprovada neste estudo (tabelas 7, 8, 9 e 10).

Os maiores CDA da MM foram os das dietas CMC e CE-CMC, seguidos pelos das dietas CE-CEL e CEL, que obtiveram valores intermediários e, pelas dietas BC-CEL e BC-CMC, com os menores valores ($p < 0,05$). O CDA da MM da dieta CE-CMC não diferiu do da dieta CE-CEL ($p < 0,05$), assim como os das dietas CE-CEL e CEL não diferiram entre si ($p < 0,05$) e o da dieta CEL não diferiu dos das dietas BC-CEL e BC-CMC ($p < 0,05$). Murray et al. (1999) relatam que estudos que foram conduzidos com o objetivo de determinar possíveis efeitos da fibra dietética sobre a absorção de minerais são contraditórios.

As dietas BC-CEL, CE-CEL e CEL obtiveram os maiores valores dos CDA do ENN^{FDT} ($p < 0,05$); as dietas CE-CMC e CMC, os valores intermediários ($p < 0,05$); e a dieta BC-CMC, o menor valor ($p < 0,05$). Estes dados, e o valor elevado e negativo ($p < 0,0001$) da correlação entre a ingestão de fibra solúvel e o CDA do ENN^{FDT} (tabela 10), traduzem um efeito negativo da fibra solúvel sobre a digestibilidade do ENN^{FDT} . Neste caso, a quantidade de fibra insolúvel das dietas testadas não exerceu influência sobre os CDA do ENN^{FDT} , conforme dados da tabela 9. Estes resultados contradizem os trabalhos da literatura, pois relatam que a adição de fibra às dietas para cães reduz a

digestibilidade do ENN. Burrows et al. (1982) citados por Fortes (2001), verificaram diminuição na digestibilidade do ENN com a adição de celulose, em proporções de 0, 3 e 9%, a dietas enlatadas para cães. Kienzle et al. (2001) também observaram redução na digestibilidade aparente do ENN com o aumento na inclusão de celulose em dietas para cães.

As digestibilidades da EB e as metabolizibilidades da EB foram superiores para as dietas CEL e CMC ($p < 0,05$). Os CDA da EB foram intermediários para as dietas CE-CMC, CE-CEL e BC-CMC e menor para a dieta BC-

CEL. No entanto, as dietas BC-CEL e BC-CMC não diferiram em relação à digestibilidade da EB ($p < 0,05$). Para as metabolizibilidades da EB, as dietas BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL e CE-CMC apresentaram valores semelhantes ($p < 0,05$). Estes dados e os valores de correlação (tabela 9) confirmam a influência negativa da fibra insolúvel sobre a digestibilidade e a metabolizibilidade da EB. A fibra solúvel não influenciou as digestibilidades e metabolizibilidades da EB. Fahey et al. (1992), Kienzle et al. (2001) e Burkhalter et al. (2001) encontraram redução na digestibilidade da EB com a inclusão de fibra às dietas para cães.

Tabela 7: Correlações de Pearson entre o coeficiente de digestibilidade aparente da fibra dietética total e os coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e o coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta, determinados nos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

VARIÁVEIS	n	Correlação (R)	Valor de p
CDA-MS	36	0,9420	< 0,0001
CDA-MO	36	0,9310	< 0,0001
CDA-PB	36	0,6669	< 0,0001
CDA-EEA	36	0,6196	< 0,0001
CDA-FB	36	0,7307	< 0,0001
CDA-MM	36	0,6526	< 0,0001
CDA-ENN ^{FDT}	36	-0,0626	0,3584
CDA-EB	36	0,9322	< 0,0001
CMA-EB	36	0,9069	< 0,0001

CDA-MS = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDA-MO = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDA-PB = coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDA-EEA = coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo com hidrólise ácida prévia; CDA-FB = coeficiente de digestibilidade aparente da fibra bruta; CDA-MM = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral; CDA-ENN^{FDT} = coeficiente de digestibilidade aparente do extrativo não nitrogenado (calculado com base no FDT); CDA-EB = coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; CMA-EB = coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta.
n = número de repetições.

Tabela 8: Correlações de Pearson entre a quantidade, em gramas por dia, de fibra dietética total ingerida e os coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e o coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta, determinados nos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

VARIÁVEIS	n	Correlação (R)	Valor de p
CDA-MS	36	-0,8734	< 0,0001
CDA-MO	36	-0,9294	< 0,0001
CDA-PB	36	-0,4261	0,0048
CDA-EEA	36	-0,4762	0,0017
CDA-FB	36	-0,3192	0,0289
CDA-FDT	36	-0,8350	< 0,0001
CDA-MM	36	-0,2231	0,0954
CDA-ENN ^{FDT}	36	-0,1950	0,1272
CDA-EB	36	-0,9068	< 0,0001
CMA-EB	36	-0,9155	< 0,0001

CDA-MS = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDA-MO = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDA-PB = coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDA-EEA = coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo com hidrólise ácida prévia; CDA-FB = coeficiente de digestibilidade aparente da fibra bruta; CDA-FDT = coeficiente de digestibilidade aparente da fibra dietética total; CDA-MM = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral; CDA-ENN^{FDT} = coeficiente de digestibilidade aparente do extrativo não nitrogenado (calculado com base no FDT); CDA-EB = coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; CMA-EB = coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta.

n = número de repetições.

Tabela 9: Correlações de Pearson entre a quantidade, em gramas por dia, de fibra insolúvel ingerida e os coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e o coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta, determinados nos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

VARIÁVEIS	n	Correlação (R)	Valor de p
CDA-MS	36	-0,8659	< 0,0001
CDA-MO	36	-0,9209	< 0,0001
CDA-PB	36	-0,4281	0,0046
CDA-EEA	36	-0,4278	0,0046
CDA-FB	36	-0,3599	0,0156
CDA-FDT	36	-0,8784	< 0,0001
CDA-MM	36	-0,2537	0,0677
CDA-ENN ^{FDT}	36	-0,0602	0,3637
CDA-EB	36	-0,9028	< 0,0001
CMA-EB	36	-0,9078	< 0,0001

CDA-MS = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDA-MO = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDA-PB = coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDA-EEA = coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo com hidrólise ácida prévia; CDA-FB = coeficiente de digestibilidade aparente da fibra bruta; CDA-FDT = coeficiente de digestibilidade aparente da fibra dietética total; CDA-MM = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral; CDA-ENN^{FDT} = coeficiente de digestibilidade aparente do extrativo não nitrogenado (calculado com base no FDT); CDA-EB = coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; CMA-EB = coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta.

n = número de repetições.

Tabela 10: Correlações de Pearson entre a quantidade, em gramas por dia, de fibra solúvel ingerida e os coeficientes de digestibilidade aparente dos princípios nutritivos e o coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta, determinados nos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

VARIÁVEIS	n	Correlação (R)	Valor de p
CDA-MS	36	-0,0161	0,4629
CDA-MO	36	-0,0210	0,4517
CDA-PB	36	0,0230	0,4471
CDA-EEA	36	-0,2532	0,0681
CDA-FB	36	0,2334	0,0853
CDA-FDT	36	0,2631	0,0605
CDA-MM	36	0,1752	0,1533
CDA-ENN ^{FDT}	36	-0,7382	< 0,0001
CDA-EB	36	0,0039	0,4910
CMA-EB	36	-0,0165	0,4621

CDA-MS = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDA-MO = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDA-PB = coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDA-EEA = coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo com hidrólise ácida prévia; CDA-FB = coeficiente de digestibilidade aparente da fibra bruta; CDA-FDT = coeficiente de digestibilidade aparente da fibra dietética total; CDA-MM = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral; CDA-ENN^{FDT} = coeficiente de digestibilidade aparente do extrativo não nitrogenado (calculado com base no FDT); CDA-EB = coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; CMA-EB = coeficiente de metabolizibilidade aparente da energia bruta.

n = número de repetições.

Os dados de produção fecal dos animais utilizados no experimento são apresentados na tabela 11.

Tabela 11: Médias da produção fecal (PF) e dos parâmetros de qualidade das fezes dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

Fezes	DIETAS						CV (%)
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC	
PF na MN (g)	544,44 ^{bc}	720,29 ^a	505,01 ^c	600,33 ^b	320,71 ^d	333,55 ^d	10,08
PF na MS (g)	231,17 ^a	233,17 ^a	220,45 ^a	209,87 ^a	132,71 ^b	112,30 ^b	7,63
PF (g)/FDT (100g) na MS	1,11 ^{ab}	1,11 ^{ab}	0,98 ^b	0,96 ^b	1,17 ^a	1,00 ^{ab}	9,45
PF (g)/RI (100g) na MN	57,01 ^b	74,17 ^a	50,32 ^b	58,47 ^b	36,80 ^c	38,39 ^c	9,75
PF (g)/RI (100g) na MS	26,34 ^a	25,96 ^{ab}	23,88 ^{bc}	22,64 ^c	15,80 ^d	14,18 ^d	5,99
Escore Fecal	4,33 ^a	4,03 ^{ab}	4,08 ^{ab}	3,61 ^{bc}	3,88 ^{abc}	3,46 ^c	6,84
pH Fecal	7,29 ^a	7,01 ^{ab}	6,70 ^b	6,72 ^b	6,92 ^{ab}	6,86 ^b	3,23
MS das Fezes (%)	42,57 ^a	32,39 ^b	43,73 ^a	35,00 ^b	42,13 ^a	33,82 ^b	5,55

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

PF na MN = produção fecal, em gramas, na matéria natural; PF na MS = produção fecal, em gramas, na matéria seca; PF (g)/FDT (100g) na MS = produção fecal, em gramas, na matéria seca, por 100 g de fibra dietética total ingerida na matéria seca; PF (g)/RI (100g) na MN = produção fecal, em gramas, na matéria natural, por 100 g de ração ingerida na matéria natural; PF (g)/RI (100g) na MS = produção fecal, em gramas, na matéria seca, por 100 g de ração ingerida na matéria seca.

Médias na mesma linha sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As produções fecais (PF) na MN e na MS e as PF por 100 g de ração ingerida na MN e na MS (tabela 11) foram maiores ($p < 0,05$) para os animais alimentados com dietas com mais fibra (BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL e CE-CMC) do que para os alimentados com as dietas com menos fibra (CEL e CMC). Os maiores teores de fibra solúvel das dietas BC-CMC e CE-CMC proporcionaram aumento ($p < 0,05$) da PF na MN em relação às dietas BC-CEL e CE-CEL, respectivamente, mas não da dieta CMC em relação à CEL ($p > 0,05$). Este aumento da PF na MN, das dietas com maior nível de fibra solúvel, está relacionado ao aumento no teor de água das fezes. Os dados de PF na MS e da matéria seca das fezes (tabela 11) confirmam estes resultados. Segundo Sunvold et al. (1995a), a mensuração da excreção de fezes frescas pode refletir a capacidade da fibra dietética em reter água.

Os animais que consumiram a dieta BC-CEL produziram mais fezes secas por ração ingerida, na MS, que os animais que consumiram a dieta CE-CEL ($p < 0,05$). Este mesmo comportamento foi observado para a dieta BC-CMC em relação à CE-CMC ($p < 0,05$). Quando os dados de produção fecal foram expressos em relação à quantidade de FDT ingerido (tabela 11), esta

diferença não existiu ($p > 0,05$). Tais resultados sugerem que os animais que consumiram as dietas com bagaço de cana produziram mais fezes que os animais que consumiram as dietas com casca de ervilha.

Os valores de PF expressos em função da quantidade de FDT ingerido (tabela 11) demonstram a influência da fibra sobre a produção de fezes secas, pois os valores obtidos foram muito semelhantes entre os tratamentos, havendo diferença significativa ($p < 0,05$) somente entre as dietas CE-CEL e CE-CMC em relação à dieta CEL. Estes resultados concordam com os de Murray et al. (1999), ao concluírem que o peso das fezes secas está em função da quantidade de fibra ingerida.

Os escore fecais das dietas BC-CEL, CE-CEL e CEL não diferiram ($p < 0,05$), da mesma forma que para as dietas BC-CMC e CE-CMC ($p < 0,05$) e as dietas CE-CMC e CMC ($p < 0,05$), mas o escore da dieta BC-CMC foi superior ($p < 0,05$) ao da dieta CMC.

O pH fecal não diferiu entre as fezes produzidas pelos animais que consumiram as dietas BC-CMC, CE-CEL, CE-CMC, CEL e CMC ($p <$

0,05) e nem entre as fezes produzidas pelos animais que consumiram as dietas BC-CEL, BC-CMC e CEL ($p < 0,05$). Os pH fecais para as dietas CE-CEL, CE-CMC e CMC foram menores ($p < 0,05$) que o para a dieta BC-CEL. Este valor mais elevado de pH para a dieta BC-CEL, em relação à dieta CE-CEL, sugere maior fermentação intestinal da casca de ervilha que do bagaço de cana, refletindo possíveis diferenças químicas de suas fibras. A produção de AGV's através da fermentação da fibra dietética depende de sua composição química (Sunvold et al., 1995a; Sunvold et al., 1995b). A fermentação microbiana da fibra leva à produção de AGCC,

com conseqüente redução do pH no lúmen intestinal (Campbell et al., 1997 citados por Carciofi, 2005). Wichert et al. (2002) relacionaram o pH fecal à fermentação intestinal da fonte de fibra.

4.2 - Respostas glicêmicas pós-prandiais

A tabela 12 apresenta os dados de ingestão, de cada princípio nutritivo, dos cães submetidos aos seis tratamentos experimentais, nos dias de determinação das curvas glicêmicas.

Tabela 12: Médias da ingestão dos princípios nutritivos em gramas por quilograma de peso metabólico ($pc^{0,75}$) por dia dos cães, nos dias de determinação das curvas glicêmicas, alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

DIETAS							
Nutrientes	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC	CV (%)
Em gramas por quilograma de peso metabólico por dia							
MS	28,54 ^d	28,58 ^c	29,33 ^a	29,18 ^b	22,20 ^f	22,46 ^e	0,01
MO	25,90 ^c	25,90 ^d	26,86 ^a	26,50 ^b	20,25 ^e	20,14 ^f	0,01
PB	8,83 ^b	8,38 ^d	8,77 ^c	9,10 ^a	6,51 ^f	7,02 ^e	0,00
EEA	2,98 ^d	3,30 ^b	3,19 ^c	3,32 ^a	2,45 ^f	2,61 ^e	0,07
FB	2,02 ^c	1,71 ^d	2,99 ^a	2,39 ^b	0,66 ^e	0,36 ^f	0,10
FDT	6,88 ^c	6,69 ^d	7,22 ^a	6,90 ^b	3,13 ^f	3,19 ^e	0,04
FI	6,06 ^b	5,30 ^d	6,60 ^a	5,68 ^c	2,49 ^e	2,14 ^f	0,05
FS	0,82 ^d	1,39 ^a	0,62 ^f	1,22 ^b	0,65 ^e	1,05 ^c	0,00
MM	2,64 ^c	2,69 ^a	2,47 ^d	2,68 ^b	1,95 ^f	2,31 ^e	0,08
ENN ^{FDT}	7,20 ^e	7,52 ^c	7,68 ^b	7,19 ^f	8,15 ^a	7,32 ^d	0,02
ED (Kcal)	88,74 ^b	95,72 ^a	94,69 ^a	93,21 ^a	79,73 ^c	79,56 ^c	1,62
EM (Kcal)	84,55 ^b	91,34 ^a	89,42 ^a	87,79 ^{ab}	76,85 ^c	76,33 ^c	2,39

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EEA = extrato etéreo com hidrólise ácida prévia; FB = fibra bruta; FDT = fibra dietética total; FI = fibra insolúvel; FS = fibra solúvel; MM = matéria mineral; ENN^{FDT} = extrativo não nitrogenado (calculado com base no FDT); ED = energia digestível; EM = energia metabolizável.

Médias na mesma linha sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os valores de ingestão dos princípios nutritivos (tabela 12) foram muito próximos, embora existam diferenças estatísticas ($p < 0,05$), entre as dietas BC-CEL, BC-CMC, CE-CEL e CE-CMC e menores para as dietas CEL e CMC, com exceção da ingestão de ENN^{FDT}, que foi fixada para ser semelhante em todos os tratamentos. Entre as dietas CEL e CMC, os valores de ingestão também foram muito semelhantes,

também com diferenças estatísticas ($p < 0,05$). A ingestão de fibra solúvel e insolúvel variou entre os tratamentos. As diferenças estatísticas encontradas, para os dados de ingestão, são em função do pequeno coeficiente de variação e das diferenças de composição química das dietas, pois a quantidade de dieta oferecida a cada animal era calculada para igualar a ingestão de amido por quilograma de peso metabólico. E, em

função desta padronização, as dietas CEL e CMC, que continham maiores teores de amido, foram oferecidas em menor quantidade.

As curvas de glicose (tabela 13 e figura 3) não foram comparadas entre os tratamentos porque a interação entre a dieta e o tempo não foi

significativa ($p = 0,8933$). As médias das glicemias dos tratamentos foram semelhantes ($p < 0,05$). As médias das glicemias nos tempos 45, 60 e 240 minutos (tabela 13 e figura 4), foram maiores ($p < 0,05$) que a média das glicemias no tempo basal (zero minutos) e não diferiram entre si ($p < 0,05$).

Tabela 13: Média das glicemias determinadas, em 15 tempos (de zero a 480 minutos), nas amostras de sangue dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

TEMPOS	DIETAS						MÉDIAS
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC	
0	72,59	76,07	72,72	74,20	71,61	73,13	73,39 ^{DE}
5	69,83	75,37	71,91	69,66	70,29	75,63	72,12 ^E
10	72,91	75,20	75,08	72,66	72,21	74,68	73,79 ^{CDE}
15	72,76	79,59	76,12	72,87	76,76	76,75	75,81 ^{BCDE}
30	73,32	77,31	77,32	73,24	80,36	78,54	76,68 ^{BCDE}
45	79,83	81,60	79,70	76,58	84,16	78,75	80,11 ^{AB}
60	80,51	82,13	86,74	84,50	86,08	82,04	83,67 ^A
90	75,63	79,80	72,91	79,55	83,97	77,28	78,19 ^{BCD}
120	79,81	78,67	76,86	76,21	78,72	74,93	77,54 ^{BCD}
180	77,46	75,09	76,06	75,77	83,04	78,69	77,69 ^{BCD}
240	77,49	76,41	79,64	75,84	81,86	82,59	78,97 ^{ABC}
300	74,09	76,99	80,53	77,64	82,59	76,01	77,97 ^{BCD}
360	74,42	79,29	76,44	80,42	74,07	80,20	77,47 ^{BCD}
420	72,38	79,44	75,70	74,68	74,29	73,39	74,98 ^{BCDE}
480	74,01	75,77	72,86	73,60	73,56	77,08	74,48 ^{CDE}
MÉDIAS	75,14 ^a	77,92 ^a	76,71 ^a	75,83 ^a	78,24 ^a	77,31 ^a	76,86

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

CV = 8,54%; $R^2 = 0,60$.

Médias na mesma linha sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Médias na mesma coluna sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

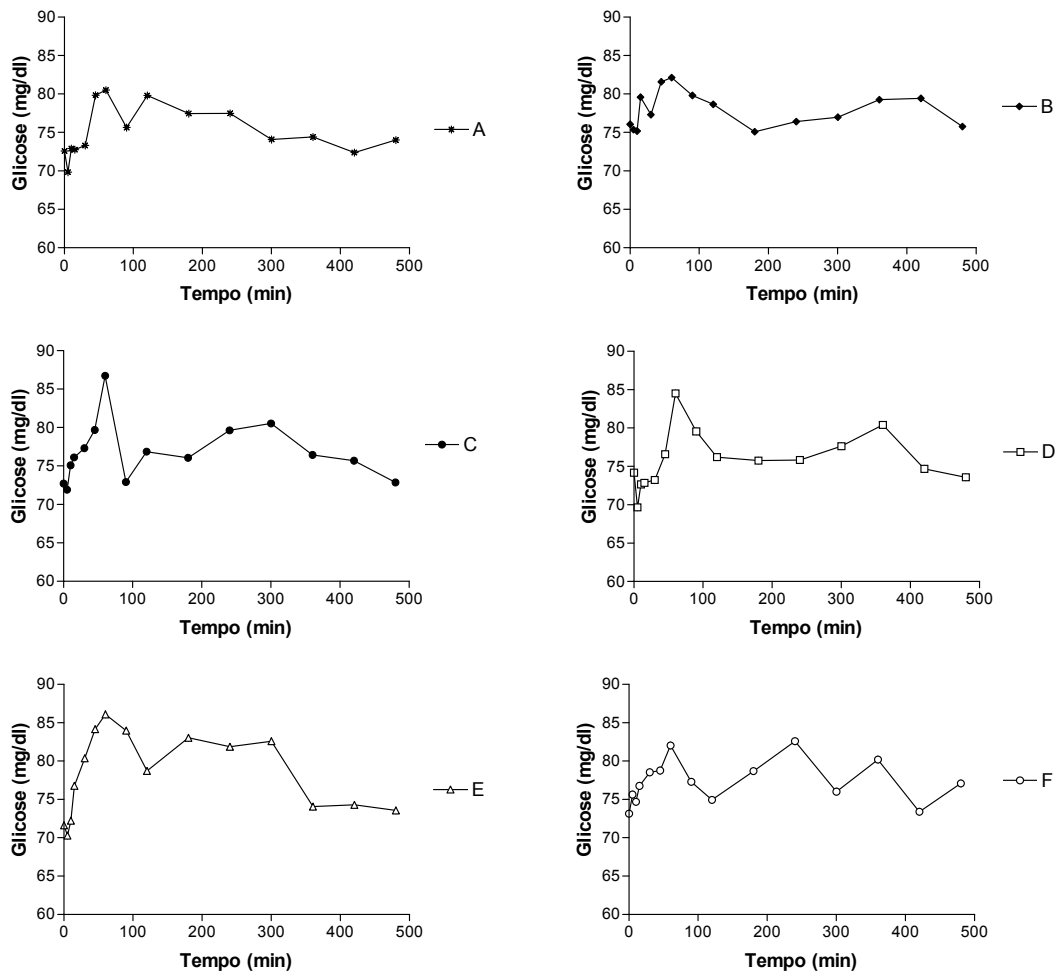


Figura 3: Curvas de glicose médias das seis dietas experimentais.

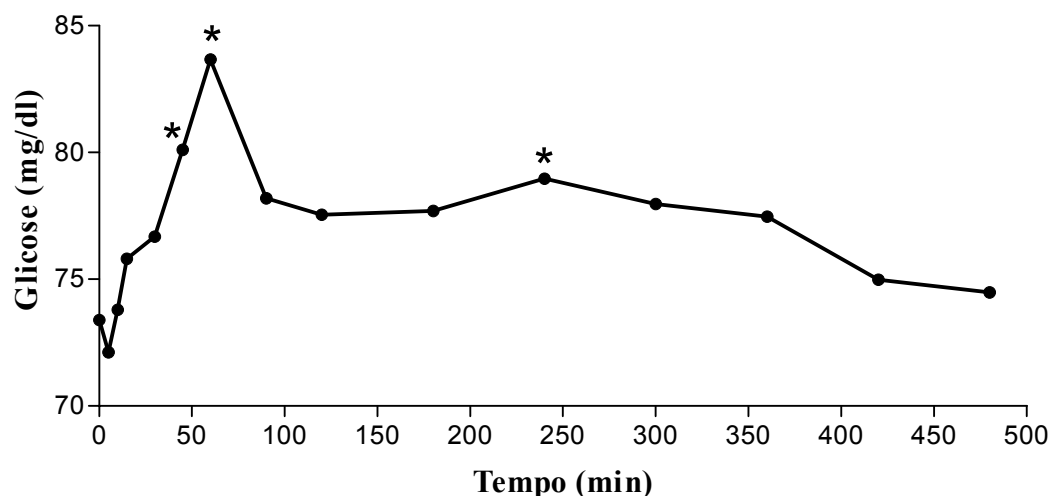


Figura 4: Curva de glicose da média das seis dietas experimentais.

As glicemias e os incrementos de glicose máximos e os tempos em que ocorreram (tabela 14) não diferiram entre as dietas ($p < 0,05$).

Tabela 14: Média da glicemia e do incremento de glicose máximos e do tempo (em minutos) em que ocorreram, determinados nas amostras de sangue dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

VARIÁVEIS	DIETAS						CV (%)
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC	
GMÁX	87,53 ^a	92,16 ^a	91,14 ^a	91,13 ^a	93,96 ^a	88,55 ^a	7,14
TGMÁX	152,50 ^a	135,00 ^a	130,00 ^a	175,00 ^a	142,50 ^a	110,00 ^a	96,21
IMÁX	14,94 ^a	16,09 ^a	18,41 ^a	16,93 ^a	22,34 ^a	15,42 ^a	45,87
TIMÁX	227,50 ^a	135,00 ^a	130,00 ^a	175,00 ^a	142,50 ^a	110,00 ^a	83,83

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

GMÁX = glicemia máxima; TGMÁX = tempo de glicemia máxima; IMÁX = incremento de glicose máximo; TIMÁX = tempo de incremento de glicose máximo.

Médias na mesma linha sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As curvas dos incrementos de glicose (tabela 15) não foram comparadas entre os tratamentos porque a interação entre a dieta e o tempo não foi significativa ($p = 0,8931$). As médias dos incrementos glicêmicos dos tratamentos foram

semelhantes ($p < 0,05$). As médias dos incrementos de glicose nos tempos 45, 60 e 240 minutos, foram maiores ($p < 0,05$) que a média dos incrementos no tempo basal (zero minutos) e não diferiram entre si ($p < 0,05$).

Tabela 15: Média dos incrementos de glicose determinados, em 15 tempos (de zero a 480 minutos), nas amostras de sangue dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

TEMPOS	DIETAS						MÉDIAS
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC	
0	0	0	0	0	0	0	0 ^{DE}
5	-2,76	-0,70	-0,81	-4,55	-1,32	2,50	-1,27 ^E
10	0,33	-0,86	2,35	-1,54	0,60	1,55	0,40 ^{CDE}
15	0,18	3,53	3,40	-1,33	5,14	3,62	2,42 ^{BCDE}
30	0,73	1,25	4,60	-0,97	8,75	5,41	3,29 ^{BCDE}
45	7,24	5,54	6,98	2,37	12,55	5,62	6,72 ^{AB}
60	7,92	6,06	14,02	10,30	14,47	8,91	10,28 ^A
90	3,04	3,74	0,19	5,35	12,36	4,15	4,81 ^{BCD}
120	7,22	2,60	4,14	2,01	7,10	1,81	4,15 ^{BCD}
180	4,87	-0,98	3,33	1,56	11,43	5,56	4,30 ^{BCD}
240	4,91	0,34	6,92	1,63	10,24	9,47	5,59 ^{ABC}
300	1,50	0,93	7,80	3,43	10,98	2,88	4,59 ^{BCD}
360	1,83	3,20	3,72	6,22	2,46	7,07	4,09 ^{BCD}
420	-0,21	3,37	2,98	0,48	2,68	0,26	1,59 ^{BCDE}
480	1,42	-0,30	0,14	-0,60	1,94	3,96	1,09 ^{CDE}
MÉDIAS	2,55 ^a	1,85 ^a	3,98 ^a	1,62 ^a	6,63 ^a	4,19 ^a	3,47

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

CV = 189,18%; R² = 0,51.

Médias na mesma linha sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05).

Médias na mesma coluna sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (p<0,05).

As áreas abaixo das curvas glicêmicas (tabela 16) calculadas, de zero a 480 minutos, de zero a

90 minutos e de 90 a 480 minutos, não diferiram entre os tratamentos (p < 0,05).

Tabela 16: Média das áreas abaixo das curvas de glicose determinadas nas amostras de sangue dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT.

DIETAS							
AAC	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC	CV (%)
0 – 480	36.364,30 ^a	37.410,67 ^a	37.119,62 ^a	36.860,36 ^a	38.083,62 ^a	37.363,29 ^a	6,59
0-90	6.866,25 ^a	7.167,84 ^a	7.078,75 ^a	6.967,73 ^a	7.323,67 ^a	7.066,31 ^a	7,80
90-480	29.498,05 ^a	30.242,83 ^a	30.040,88 ^a	29.892,63 ^a	30.759,95 ^a	30.296,98 ^a	6,91

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

AAC = área abaixo da curva; 0 – 480 = AAC do zero aos 480 minutos; 0 – 90 = AAC do zero aos 90 minutos; 90 – 480 = AAC dos 90 aos 480 minutos.

Médias na mesma linha sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Todos os parâmetros glicêmicos obtidos (tabelas 13, 14, 15 e 16) neste estudo sugerem que, nos níveis de ingestão testados, as fontes de fibra não interferiram na resposta glicêmica pós-prandial de cães adultos saudáveis não obesos. Os trabalhos da literatura divergem quanto ao resultado encontrado neste estudo. Murray et al. (1999) afirmam que a fibra dietética solúvel e viscosa possui efeito marcante sobre a absorção de glicose. Estes pesquisadores concluíram, baseados em suas pesquisas, que a fibra viscosa foi capaz de moderar a concentração de glicose sérica em cães, atribuindo a este resultado, a habilidade da fibra viscosa de retardar a velocidade de absorção da glicose no intestino. Massimino et al. (1998) concluíram que a ingestão, durante 14 dias, de fibras fermentáveis por cães saudáveis é associada a menores oscilações na concentração de glicose sanguínea pós-prandial.

Como a ingestão de fibra solúvel dos animais alimentados com as dietas BC-CMC, CE-CMC e CMC foi praticamente o dobro da ingestão dos cães alimentados com as dietas BC-CEL, CE-CEL e CEL e a ingestão de ENN^{FDT} foi muito

semelhante entre os tratamentos, conclui-se que, neste estudo, a fibra solúvel não influenciou a resposta glicêmica pós-prandial.

Murray et al. (1999), Vasconcellos (2005) e Nguyen et al. (1998) concordam que o amido é o principal nutriente que altera e determina a onda pós-prandial de glicose. Vasconcellos (2005) cita, ainda, que quanto mais rápida e completa a digestão e absorção dos carboidratos de um alimento, maior será a onda pós-prandial imediata produzida e que, as respostas insulínicas e glicêmicas refletem, em última instância, a velocidade com que o amido das dietas foi digerido e absorvido, na forma de glicose, no intestino delgado dos cães. Nguyen et al. (1998) avaliaram as respostas glicêmicas e insulínicas a vários alimentos comerciais para cães e observaram que as variações nos níveis de PB, EE e FDT exerceram efeito insignificante na resposta glicêmica pós-prandial.

Os pesos metabólicos e os tempos de consumo das dietas dos animais utilizados no experimento são apresentados na tabela 17.

Tabela 17: Média dos pesos metabólicos dos cães alimentados com as seis dietas experimentais com diferentes fontes e teores de FDT e dos tempos de consumo (em segundos e em gramas por segundo) destas dietas, nos dias de determinação das curvas glicêmicas.

VARIÁVEIS	DIETAS						CV (%)
	BC-CEL	BC-CMC	CE-CEL	CE-CMC	CEL	CMC	
PM	6,30 ^a	6,30 ^a	6,34 ^a	6,44 ^a	6,32 ^a	6,33 ^a	2,32
TCSEG	282,83 ^a	239,33 ^{ab}	237,83 ^{ab}	234,50 ^{ab}	167,17 ^b	151,00 ^b	27,15
g/SEG	0,69 ^a	0,79 ^a	0,86 ^a	0,85 ^a	0,90 ^a	1,04 ^a	27,50

BC-CEL = dieta com bagaço de cana + celulose; BC-CMC = dieta com bagaço de cana + carboximetilcelulose (CMC); CE-CEL = dieta com casca de ervilha + celulose; CE-CMC = dieta com casca de ervilha + CMC; CEL = dieta com celulose; CMC = dieta com CMC.

PM = peso metabólico; TCSEG = tempo de consumo das dietas em segundos; g/SEG = quantidade consumida da dieta em gramas por segundo.

Médias na mesma linha sem uma letra em comum são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As médias dos pesos metabólicos (tabela 17) dos cães usados neste experimento não diferiram entre os tratamentos ($p < 0,05$). O tempo de consumo das dietas, em segundos, não diferiu entre as dietas BC-CMC, CE-CEL, CE-CMC, CEL e CMC ($p < 0,05$), nem entre as dietas BC-CEL, B-CMC, CE-CEL e CE-CMC. O tempo de consumo da dieta BC-CEL foi maior ($p < 0,05$) que o tempo de consumo das dietas CEL e CMC. No entanto, quando o tempo de consumo foi expresso em quantidade ingerida da dieta por segundo, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$). Esta falta de resultado pode ser uma consequência do elevado coeficiente de variação encontrado. Kienzle et al. (1991) citados por Carciofi (2005), afirmam que dependendo de sua quantidade e fonte, a fibra acarreta diminuição da palatabilidade dos alimentos.

5. CONCLUSÕES

A maior inclusão de fibra às dietas reduz as digestibilidades aparentes da MS, MO e EB e a metabolizibilidade aparente da EB. A fibra solúvel exerce efeito negativo sobre a digestibilidade do ENN^{FDT}. A digestibilidade aparente da FDT está associada às digestibilidades dos nutrientes.

A produção de fezes secas está diretamente relacionada à ingestão de FDT. Animais que consomem dietas com maior teor de fibra solúvel produzem fezes com maior teor de água.

No mesmo nível de inclusão, dietas com casca de ervilha apresentam maior digestibilidade dos princípios nutritivos que dietas com bagaço de cana-de-açúcar. As fontes de fibra testadas podem ser usadas na alimentação de cães.

Nos níveis de ingestão testados, as fontes de fibra não interferem na resposta glicêmica pós-prandial de cães adultos sadios não obesos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. **Institucional**. São Paulo, 2006. 4p.

BRUNETTO, M. A. *Avaliação de suporte nutricional sobre a alta hospitalar em cães e gatos*. 2006. 103f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP.

BURKHALTER, T. M.; MERCHEN, N. R.; BAUER, S. M. et al. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. *Journal of Nutrition*, v. 131, p. 1978-1985, 2001.

CANA de açúcar. [200_]. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar>>. Acessado em: 20/07/06

- CARCIOFI, A. C. Emprego de fibras em alimentos para cães e gatos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 5., 2005, São Paulo. *Anais ... Campinas, SP: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal*, 2005. p95-108.
- CASE, L.P.; CAREY, D.P.; HIRAKAWA, D.A. Hidratos de carbono. In: -----, *Nutrição canina e felina: manual para profissionais*. Madrid: Harcourt Brace, 1998. Cap. 2, p. 17-20.
- CASTRO JÚNIOR, F. G.; CAMARGO, J. C. M.; CASTRO, A. M. M. G.; BUDINO, F. E. L. Fibra na alimentação de suínos. *Boletim de Indústria Animal*, v. 62, n. 3, p. 265-280, 2005.
- CRANE, S.W. Occurrence and management of obesity in companion animals. *Journal of Small Animal Practice*, v.32, p.275-282, 1991.
- DAMINET, S.; JEUNETTE, I.; DUCHATEAU, L. et al. Evaluation of thyroid function in obese dogs and in dogs undergoing a weight loss protocol. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, v.50, n.4, p.213-218, 2003.
- DIEZ, M.; MICHAUX, C.; JEUNETTE, I. et al. Evolution of blood parameters during weight loss in experimental obese Beagle dogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.88, n.4, p.166-171, 2004.
- DOBENECKER, B.; KIENZLE, E. Interactions of cellulose content and diet composition with food intake and digestibility in dogs. *Journal of Nutrition*, v. 128, p. 2674S-2675S, 1998.
- ERVILHA. [200_]. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ervilha>>. Acessado em: 20/07/06
- FAHEY, G.C. Jr.; MERCHEN, N. R.; CORBIN, J. E. et al. Dietary fiber for dogs: II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *Journal of Animal Science*, v.68, p. 4229-4235, 1990a.
- FAHEY, G.C. Jr.; MERCHEN, N. R.; CORBIN, J. E. et al. Dietary fiber for dogs: I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *Journal of Animal Science*, v.68, p. 4221-4228, 1990b.
- FAHEY, G.C. Jr.; MERCHEN, N. R.; CORBIN, J. E. et al. Dietary fiber for dogs: III. Effects of beet pulp and oat fiber additions to dog diets on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *Journal of Animal Science*, v.70, p. 1169-1174, 1992.
- FORTES, C. M. L. S. *Digestibilidade in vivo e in vitro de fontes de fibra para cães*. 2001. 68f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GAYET, C.; BAILHACHE, E.; DUMON, H. et al. Insulin resistance and changes in plasma concentration of TNF α , IGF1, and NEFA in dogs during weight gain and obesity. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.88, n.4, p.157-165, 2004.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: USDA, 1970. (Agricultural Handbook, 379).
- HOLOUYANG, M.D.; JIEYUN YIN, M.D.; CHEN, L.D.Z. Therapeutic potential of gastric electrical stimulation for obesity and its possible mechanisms. A preliminary canine study. *Digestive Diseases and Sciences*, v.48, n.4, p.698-705, 2003.
- ISHIOKA, K; SOLIMAN, M.M.; SAGAWA, M. et al. Experimental and clinical studies on plasma leptin in obese dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*, v.64, n.4, p.349-353, 2002.
- JABOTICABAL. [200_]. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/jaboticabal#Geografia>>. Acessado em: 27/03/2007
- JEWELL, D. E.; TOLL, P. W.; AZAIN, M. J. et al. Fiber but not conjugated linoleic acid influences adiposity in dogs. *Veterinary Therapeutics*, v. 7, n. 2, p. 78-85, 2006.
- KIENZLE, E.; DOBENECKER, B.; EBER, S. Effect of cellulose on the digestibility of high starch versus high fat diets in dogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 85, p. 174-185, 2001.

- LAFHAMME, D. P.; KUHLMAN, G.; LAWLER, D. F. Evaluation of weight loss protocols for dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, v.33, p.253-259, 1997.
- LEHNINGUER, A. L.; NELSON, D. A.; COX, M. M. Princípios de bioquímica. 2. ed. São Paulo. SARVIER, 1995.
- MACHADO, U.T. Abnormal subcellular distribution of GLUT4 protein in obese and insulin-treated diabetic female dogs. *Brazilian journal of Medical and Biological Research*, v.37, n.7, p.1095-1101, 2004.
- MALAFAIA, M. I. F. R.; PEDROZO, E. A.; SANTOS, J. A. P. et al. Consumo de nutrientes, digestibilidade *in vivo* e *in vitro* de dietas para cães contendo polpa de citrus e folha de alfafa. *Ciência Rural*, v. 32, n. 1, p. 121-126, 2002.
- MANZANO, R. P.; FUKUSHIMA, R. S.; GOMES, J. D. F.; GARIPPO, G. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 4, p. 1196-1204, 2000.
- MARKWELL, P.J.; BUTTERWICK, R.F. Obesity. In: WILLS, J.M.; SIMPSON, K.W. *The Waltham book of clinical nutrition of the dog & cat*. Great Britain: Pergamon, 1994. Cap.10, p.131-148.
- MASSIMINO, S. P.; McBURNEY, M. I.; FIELD, C. J. et al. Fermentable dietary fiber increases GLP-1 secretion and improves glucose homeostasis despite increased intestinal glucose transport capacity in healthy dogs. *American Society for Nutritional Sciences*, p. 1786-1793, 1998.
- MUIR, H. E.; MURRAY, S. M.; FAHEY, G. C. et al. Nutrient digestion by ileal cannulated dogs as affected by dietary fibers with various fermentation characteristics. *Journal of Animal Science*, v. 74, p. 1641-1648, 1996.
- MURRAY, S. M.; PATIL, A. R.; FAHEY, G. C. Jr. et al. Apparent digestibility and glycaemic responses to an experimental induced viscosity dietary fibre incorporated into an enteral formula fed to dogs cannulated in the ileum. *Food and Chemical Toxicology*, v. 37, p. 47-56, 1999.
- NGUYEN, P.; DUMON, H.; BIOURGE, V.; POUTEAU, E. Glycemic and insulinemic responses after ingestion of commercial foods in healthy dogs: influence of food composition. *Journal of Nutrition*, v. 128, p. 2654S-2658S, 1998.
- NUNES, I. J. Carboidratos. In: ----- . *Nutrição animal básica*. 2. ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1998. Cap. 4, p. 51-74.
- NUTRIENT requirements of dogs and cats. Washington: National Academy of Sciences, 2006.
- OFFICIAL publication association of American feed control officials incorporated. *Official Publication 2004*. Association of american feed control officials, 2004.
- OFFICIALS methods of analysis. 16. ed. Arlington, Virginia: AOAC International, 1995.
- PROSKY, L.; ASP, N. G.; SCHWEIZER, T. F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, I. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Colaborative study. *Journal of AOAC International*, v. 75, p. 360 – 367, 1992.
- REINHART, G. D.; SUNVOLD, G. D. In vitro fermentation as a predictor of fiber utilization. In: RECENT advances in canine and feline nutritional research; IAMS INTERNATIONAL NUTRITION SYMPOSIUM, 1996, Ohio. Proceedings... Wilmington, Ohio; Orange Frazer, 1996. p.15-24.
- ROBERTSON, I.D. The association of exercise, diet and other factors with owner-perceived obesity in privately owned dogs from metropolitan Perth, WA. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 58, n.1/2, p.75-83, 2003.
- RUIZ-ROSO, B.; PÉREZ-OLLEROS, L.; REQUEJO, A. Posibilidades de la fibra dietética em el control del enfermo diabético no insulinodependiente. *Schironia*, n. 1, p. 22-26, 2002.
- SASAKI, N.; UCHIDA, E.; NIYAMA, M. et al. Anti-obesity effects of selective agonists to the

- β 3-adrenergic receptor in dogs. II. Recruitment of Thermogenic brown adipocytes and reduction of adiposity after chronic treatment with a β 3-adrenergic agonist. *Journal of Veterinary Medical Science*, v.60, n.4, p.465-469, 1998.
- SILVA, D. J. Análise de alimentos (*métodos químicos e biológicos*). Viçosa: UFV, 1990. 160p.
- SILVA JÚNIOR, J. W. *Digestibilidade de dietas com diferentes fontes de carboidratos e sua influência na glicemia e insulinemia em cães*. 2004. 50f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SIMPSON, J. M.; MARTINEAU, B.; JONES, W. E. et al. Characterization of fecal bacterial populations in canines: effects of age, breed and dietary fiber. *Microbial Ecology*, v.44, p. 186-197, 2002.
- STATISTICAL analysis system. Cary, NC: SAS Institute, 2000. (CD-Rom)
- SUNVOLD, G.D.; FAHEY, G.C. Jr.; MERCHEN, N. R. et al. Dietary fiber for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. *Journal of Animal Science*, v. 73, p. 1099-1109, 1995a.
- SUNVOLD, G. D.; HUSSEIN, H. S.; FAHEY, G. C. et al. In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans and pigs and ruminal fluid from cattle. *Journal of Animal Science*, v. 73, p. 3639-3648, 1995b.
- SUNVOLD, G.D. Metabolic approach to obesity management. *Veterinary Times*, v.30, n. 10, 2000.
- TAKAKURA, F. S. *Avaliação de fontes de amido para alimentos extrusados para cães*. 2003. 106f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP.
- VAN SOEST, P. J. Interactions of feeding behavior and forage composition. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 4, 1987, Brasília, 1987, p. 971-87.
- VASCONCELLOS, R.S. Obesidade em cães e gatos. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO CLÍNICA DE CÃES E GATOS, 1., 2005, São Paulo. *Anais ... [s.l]:[s.n.]*, 2005. CDROM.
- VIGOUREUX, R. Energía y obesidad: procesos clínicos asociados. *Medicine Veterinary*, v.9, n.5, p.332-336, 1992.
- WICHERT, B.; SCHUSTER, S.; HOFMANN, M. et al. Influences of different cellulose types on feces quality of dogs. *Journal of Nutrition*, v. 132, p. 1728S-1729S, 2002.
- ZORAN, D. Nutritional management of gastrointestinal disease. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, v. 18, n. 4, p. 211-217, 2003.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)