

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**INFLUÊNCIA DO GRAU DE MOAGEM DE INGREDIENTES
AMILÁCEOS UTILIZADOS EM RAÇÕES EXTRUSADAS
SOBRE OS ASPECTOS DIGESTIVOS E RESPOSTAS
METABÓLICAS EM CÃES**

Rodrigo Sousa Bazolli
Médico Veterinário

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**INFLUÊNCIA DO GRAU DE MOAGEM DE INGREDIENTES
AMILÁCEOS UTILIZADOS EM RAÇÕES EXTRUSADAS
SOBRE OS ASPECTOS DIGESTIVOS E RESPOSTAS
METABÓLICAS EM CÃES**

Rodrigo Sousa Bazolli

Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi

Tese apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Medicina Veterinária (Clínica Médica)

JABOTICABAL - SÃO PAULO- BRASIL

Janeiro de 2007

***“ Quem conhece sua ignorância
Revela a mais alta sapiência
Quem ignora a sua ignorância
Vive na mais profunda ilusão... ”***

Lao Tse

Ofereço

A minha filha Olívia

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Aulus Cavalieri Carciofi, pela amizade, orientação e oportunidades oferecidas durante todos estes anos,

À Mogiana Alimentos S/A pela colaboração técnica e financeira e em especial ao Sávio Ambrozini pela colaboração e compreensão,

Ao Lab Tec , pela colaboração técnica na realização das análises laboratoriais,

À Lígia pela ajuda e paciência

Aos colegas e amigos do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos, em especial ao Ricardo Vasconcellos, Marcio Brunetto e Marcos Rocha Jr. por estarem sempre disposto a ajudar,

Aos funcionários do Laboratório da Pós graduação do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária e em especial à Cláudia Nogueira pela grande ajuda nas análises laboratoriais,

Aos funcionários da Fabrica de Ração e do Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia,

À Lady, Judith, Conta, Pipoca, Frederica e todos os cães que participaram deste estudo

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| Lista de Tabelas | vii |
| Lista de Figuras | viii |
| Lista de Abreviações | ix |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Classificação dos carboidratos..... | 3 |
| 2.2 Alimentos Industrializados para cães | 5 |
| 2.2.1 Mercado de alimentos industrializados para animais de estimação..... | 5 |
| 2.2.2 Processamento de alimentos para cães..... | 6 |
| 2.2.2.1 Moagem..... | 6 |
| 2.2.2.2 Processo de extrusão | 8 |
| 2.3 Digestibilidade dos carboidratos..... | 10 |
| 2.5 Resposta glicêmica pós-prandiais e a influência dos carboidratos..... | 13 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 17 |
| 3.1 Dietas experimentais..... | 17 |
| 3.2 Experimento 1. Influência da moagem sobre a digestibilidade dos nutrientes | 21 |
| 3.2.1 Animais | 21 |
| 3.2.2 Delineamento experimental..... | 21 |
| 3.2.3 Protocolo experimental..... | 21 |
| 3.2.4 Análise estatística dos resultados | 23 |
| 3.3 Experimento 2. Influência da moagem sobre a resposta glicêmica pós-prandiais de cães..... | 23 |
| 3.3.1 Animais experimentais e manejo..... | 23 |
| 3.3.2 Delineamento experimental..... | 24 |
| 3.3.3 Protocolo experimental..... | 24 |
| 3.3.5 Análise estatística dos resultados..... | 27 |
| 4. RESULTADOS | 25 |
| 5. DISCUSSÃO | 48 |
| 6. CONCLUSÕES | 58 |
| 7. REFERÊNCIAS | 59 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Análise química dos ingredientes amiláceos utilizado nas dietas experimentais. | 17 |
| Tabela 2. Resultados dos testes de granulometria das fontes de carboidratos utilizados na fabricação das dietas experimentais | 18 |
| Tabela 3. Composição percentual e químicas das dietas experimentais | 20 |
| Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia das rações experimentais. Valores médios..... | 27 |
| Tabela 5. Análise de regressão polinomial dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das rações experimentais em relação ao diâmetro geométrico médio das fontes de amido..... | 32 |
| Tabela 6. Análise de regressão polinomial dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das rações experimentais em relação ao índice de gelatinização do amido das dietas experimentais..... | 33 |
| Tabela 7. Teores de matéria seca, pH e escore das fezes dos cães, mediante o consumo das nove dietas experimentais. | 36 |
| Tabela 8. Análise de regressão polinomial da matéria seca, pH e escore fecal proporcionada pela ingestão das rações experimentais em relação ao diâmetro geométrico médio (DGM) das fontes de amido..... | 39 |
| Tabela 9. Análise de regressão polinomial da matéria seca, pH e escore fecal proporcionada pela ingestão das rações experimentais em relação ao índice de gelatinização do amido das dietas experimentais..... | 39 |
| Tabela 10. Concentrações médias de glicose sanguínea pós-prandial dos cães mediante o consumo das nove dietas experimentais..... | 41 |
| Tabela 11. Resultados médios do incremento da glicose sanguínea pós-prandial observados nos cães mediante o consumo das nove dietas experimentais | 43 |
| Tabela 12. Áreas abaixo da curva (AAC) da glicose sanguínea compreendidas em diferentes intervalos de tempo após o consumo das dietas experimentais..... | 45 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figura 1. | Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS) das nove dietas experimentais..... | 28 |
| Figura 2. | Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria orgânica (MO) das nove dietas experimentais..... | 28 |
| Figura 3. | Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) do amido das nove dietas experimentais..... | 29 |
| Figura 4. | Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos extrativos não-nitrogenados (ENN) das nove dietas experimentais. | 29 |
| Figura 5. | Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente(CDA) da proteína bruta (PB) das nove dietas experimentais | 30 |
| Figura 6. | Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da extrato etéreo ácido (EEA) das nove dietas experimentais. | 30 |
| Figura 7. | Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da fibra bruta (FB) das nove dietas experimentais..... | 31 |
| Figura 8. | Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da energia bruta (EB) das nove dietas experimentais..... | 31 |
| Figura 9. | Representação gráfica dos valores médios da matéria seca (MS) fecal proporcionada pelo consumo das nove dietas experimentais..... | 37 |
| Figura 10. | Representação gráfica dos valores médios do pH fecal proporcionada pelo consumo das nove dietas experimentais. | 37 |
| Figura 11. | Representação gráfica dos valores médios do escore fecal proporcionado pelo consumo das nove dietas experimentais. | 38 |
| Figura 12. | Representação gráfica das curvas glicêmicas pós-prandiais dos cães mediante o consumo de cada uma das dietas em estudo. Média \pm erro padrão da média..... | 42 |
| Figura 13. | Representação gráfica das curvas do incremento de glicose pós-prandiais dos cães mediante o consumo de cada uma das dietas em estudo. Média \pm erro padrão da média Jaboticabal, 2006..... | 44 |
| Figura 14. | Representação gráfica das Áreas abaixo da curva (AAC) das curvas de glicose pós-prandiais dos cães mediante o consumo de cada uma das dietas em estudo | 46 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|------------------|---|
| AAC | Área abaixo da curva |
| ABNT | Associação brasileira de normas técnicas |
| CDA | Coeficiente de digestibilidade aparente |
| ANFAL-Pet | Associação dos Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação |
| CV | Coeficiente de variação |
| AAFCO | Association of American Feed Control Official |
| DGM | Diâmetro geométrico médio |
| DPG | Desvio padrão geométrico |
| EB | Energia bruta |
| EEA | Extrato etéreo em hidrólise ácida |
| ENN | Extrato não-nitrogenado |
| EM | Energia metabolizável |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| EP | Erro padrão |
| FB | Fibra bruta |
| FDT | Fibra dietética total |
| FCAV | Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias |
| MM | Matéria mineral |
| MO | Matéria orgânica |
| MS | Matéria seca |
| NRC | National Research Council |
| PB | Proteína bruta |
| Unesp | Universidade Estadual Paulista |

INFLUÊNCIA DO GRAU DE MOAGEM DE INGREDIENTES AMILÁCEOS UTILIZADOS EM RAÇÕES EXTRUSADAS SOBRE OS ASPECTOS DIGESTIVOS E RESPOSTAS METABÓLICAS EM CÃES

RESUMO – A presente tese teve como objetivo estudar, em rações extrusadas para cães, a influência do grau moagem do arroz, do milho e sorgo sobre o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e as respostas glicêmicas desencadeadas. O ensaio de digestibilidade seguiu um delineamento inteiramente casualizado, sendo os dados comparados pelo teste de Tukey e realizado análise de regressão polinomial para descrever a relação dos CDA e características fecais em função do índice de gelatinização do amido (IG) das dietas e do diâmetro geométrico médio (DGM) dos ingredientes. O CDA da MS e MO não apresentaram diferenças significativa ($p > 0,05$) entre as fontes de carboidratos. Houve diferença entre as moagens ($p < 0,01$) e interação entre as fontes de carboidratos e as diferentes moagens. Os CDAs do Amido e do ENN médios foram semelhantes para as dietas com milho e sorgo e superiores para a dieta à base de arroz. Para o milho e o sorgo, a moagem grossa apresentou um efeito negativo, com valores inferiores aos das dietas elaboradas com as moagens fina e média. Para o sorgo observou-se efeito linear de moagem ($p < 0,01$) e quadrática para o milho ($p < 0,01$). As fezes dos cães diante o consumo das dietas feitas com arroz tiveram maior teor de matéria seca ($p < 0,05$), porém, sem mudanças no escore. Para o arroz, a moagem grossa proporcionou um menor teor de MS ($p < 0,01$), sem influencia para as dietas com o milho e sorgo ($p > 0,05$). Em relação ao pH, não houve efeito do ingrediente, mas houve efeito de moagem ($p < 0,001$). Nos tratamentos com milho e sorgo, as maiores granulometrias levaram à produção de fezes com menor pH ($p < 0,05$). Quanto ao escore fecal, também não houve efeito de ingrediente, apenas de moagem ($p < 0,001$). A avaliação dos contrastes demonstra que quanto maior a granulometria, pior o escore fecal para as três fontes de amido ($p < 0,02$). As glicemias médias proporcionada pela dieta com arroz foram maiores nos tempos 90 e 120 minutos do que as verificadas para o milho e sorgo. ($p < 0,02$), melhor percebido pela avaliação das AAC 0-360 min ($p < 0,02$), enquanto as dietas à base de milho apresentaram resultados intermediários.

Palavras-Chave: amido, carboidrato, digestibilidade, glicemia

INFLUENCE OF MILLING OF STARCH SOURCES IN EXTRUDED FOODS ON DIGESTIVE ASPECTS AND METABOLIC RESPONSES IN DOGS.

SUMMARY – The objective of this study was to evaluate the influence of milling of rice, corn, and sorghum used in extruded dry foods on the coefficients of apparent digestibility (CAD) of nutrients and on glycemic responses of dogs. Nine experimental diets were used in a factorial design with three ingredients (rice, corn and sorghum) and three degrees of milling. The digestibility trial was carried out in a completely randomized design, with six dogs per treatment. The metabolism assay was carried out in randomized blocks, with six blocks with six dogs each. The CAD of dry matter and gross energy did not suffer effect of ingredient ($p < 0.05$). The others CAD were higher for diets with rice. Rice milling did not affect CAD of nutrients, except for the energy digestibility ($p < 0.01$). A linear relationship was verified with milling and gelatinization in diets with sorghum, and in diets with corn, this relationship was quadratic ($p < 0.01$), higher gelatinization and smaller particles improved digestibility of nutrients. Dry matter was higher in feces of dogs that consumed the diets with rice ($p < 0.05$), however, pH and score did not differ from the other ingredients. Milling effect was verified in dry matter of feces of dogs that consumed diets with rice ($p < 0,001$), and in pH and fecal score of feces of dogs that consumed the diets with corn and sorghum ($p < 0.01$). The contrasts evaluation demonstrated that increasing granulometry results in worse fecal score for the three starch sources ($p < 0.02$). Mean glycemia was higher for rice in times 90 and 120 minutes than the ones for sorghum and corn ($p < 0.02$), better seen by the AUC 0-360 minutes evaluation, which was higher in this treatment than for sorghum ($p < 0.02$). From these results, we conclude that digestibility of diets is influenced by starch sources and its milling, and there is a difference between ingredients in the response to the reduction of particles. No effects of milling were verified in the glycemic responses to the diets ($p < 0.05$).

Keywords: digestibility, glycemia, milling, starch

1. INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos para cães e gatos vem ganhando, a cada dia, mais importância na economia brasileira. Esse mercado cresce cerca de 5% ao ano, com uma produção anual, em 2005, de cerca de 1,3 milhões de toneladas de alimentos, com potencial de crescimento para cerca de três milhões de toneladas ao ano (ANFAL, 2006).

Os grãos, que possuem em sua composição cerca de 50 a 90% de amido, são os ingredientes mais utilizados na indústria de alimentos para cães e gatos. Eles têm função essencial na extrusão, processo de produção dos alimentos secos (CRANE et al., 2000). Dentre os grãos mais utilizados estão o arroz, o milho e o sorgo. O arroz e o milho são utilizados principalmente em alimentos com maior valor agregado e o sorgo tem seu uso mais restrito a alimentos de menor valor. Esse uso se dá mais por questões de percepção do público consumidor, do que por embasamento técnico-científico, pois são poucos os trabalhos conduzidos com cães (BAZOLLI, 2005).

A eficiência do processo de produção dos alimentos está diretamente relacionada à eficiência na moagem dos ingredientes. A indústria de alimentos para cães utiliza, em geral, a moagem dos ingredientes a 1,6mm (ROKEY & HUBER, 1994). Acredita-se que, no Brasil, as empresas utilizam peneira de 1,2mm, porém nada foi publicado a esse respeito. A redução da granulometria é utilizada principalmente para melhorar a apresentação visual do produto, sem se ater aos aspectos nutricionais.

Estudos com seres humanos demonstraram que o grau de moagem dos ingredientes amiláceos influencia na sensação de saciedade, na insulinemia e glicemia pós-prandiais (HOLT & MILLER, 1994; PEREIRA et al., 2002). Adicionalmente, estudos com animais de produção demonstraram a importância da moagem no aproveitamento dos nutrientes para aves e suínos (DAHLKE et al., 2001; BASTOS et al., 2005). Entretanto, não foram encontrados na literatura estudos que demonstrem a influência da moagem na resposta digestiva e metabólica de cães.

Segundo FAHEY (2003), apesar dos recentes avanços no estudo da nutrição dos animais de estimação, ainda são necessárias pesquisas na área de descrição química e física dos ingredientes utilizados pela indústria, de forma a aperfeiçoar a utilização destes nas formulações.

O conhecimento da influência da relação da moagem sobre as respostas metabólicas será de grande valia para a indústria de alimentos para cães, pois permitirá melhor fundamentação do processamento de seus produtos e das formulações dos alimentos, tornando possível obter ganhos em energia metabolizável, digestibilidade e qualidade das fezes.

Diante disso, a presente tese teve como objetivo estudar, em alimentos extrusados para cães, a influência do grau de moagem do arroz, do milho e sorgo sobre a digestibilidade e respostas metabólicas em cães. Para isso, foram avaliados três graus de moagem de cada ingrediente, determinando-se o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e as respostas glicêmicas desencadeadas pelas dietas experimentais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Classificação dos carboidratos

As principais fontes de energia para os mamíferos são os carboidratos (LENINGER et al., 1993). Eles são sintetizados principalmente no cloroplasto das plantas, a partir de dióxido de carbono, água e energia solar e possuem a forma genérica $(CH_2O)_n$ (POND et al., 1995).

Os carboidratos podem ser divididos com base no número de açúcares que os formam (FAO, 1998). Os monossacarídeos consistem em carboidratos com somente um açúcar, como a glicose ou a frutose. Os dissacarídeos são compostos por dois açúcares, tendo como exemplos a maltose e lactose. Os carboidratos que possuem de 3 a 10 unidades de açúcares são denominados de oligossacarídeos, como exemplo temos o mannan-oligossacarídeo e o fruto-oligossacarídeo. Finalmente, os carboidratos que possuem mais de 10 unidades de açúcar em sua composição são denominados de polissacarídeos e como exemplos podem ser citados o amido, a celulose e o glicogênio.

Além da divisão citada acima, os carboidratos também podem ser classificados em polissacarídeos não amiláceos e amidos. Essa classificação leva em conta o tipo de ligação química entre os seus açúcares e a conseqüente susceptibilidade à digestão enzimática pelos mamíferos.

Os polissacarídeos não amiláceos, também chamados de fibras, integram a parede da célula vegetal, conferindo estrutura e sustentação às plantas. Eles apresentam a ligação beta (1-4) unindo seus açúcares. Essas ligações não são acessíveis à ação das enzimas digestiva dos monogástricos, sendo acessíveis somente às enzimas bacterianas e fúngicas. Entre essas estão incluídas a celulose, a hemicelulose, a cutina e outros, abundantes na camada fibrosa externa das sementes dos cereais, no caule da porção vegetativa de gramíneas e leguminosas e na estrutura da madeira de árvores (VAN SOEST, 1987; FAO,1998).

Os amidos são polissacarídeos cujos açúcares estão unidos por ligações alfa, acessíveis à digestão enzimática dos monogástricos (MEYER & SCHUNEMANN, 1989; SVIHUS et al., 2005). Nas plantas, o amido está armazenado em forma de grânulos. Esses grânulos são formados basicamente por dois tipos de polímeros: a amilose e a amilopectina. A amilose é uma molécula linear, na qual as unidades de D-glicose estão unidas por ligações glicosídicas alfa (1-4). A amilopectina possui uma estrutura ramificada e ligações glicosídicas alfa (1-4) e alfa (1-6) e com maior peso molecular que a amilose (ANNISOM & TOPPING, 1994). Na formação dos grânulos de amido, as moléculas de amilose e amilopectina são depositadas de forma radial e perpendicular ao grânulo, ligadas entre si por pontes de hidrogênio. Essa disposição radial forma uma região cristalina e proporciona ao amido uma baixa absorção de água, apesar de ser composta por polímeros solúveis ou parcialmente solúveis nesse líquido. Além disso, quando visto em microscópio, essa forma de deposição das moléculas torna os grânulos birrefringentes (CAMIRE, 1998).

Apesar da suscetibilidade à ação enzimática dos monogástricos, há uma porção do amido que é resistente à hidrólise. As razões para a digestão incompleta do amido podem ser separadas em fatores intrínsecos e extrínsecos (ENGLYST et al., 1992). Dentre os fatores intrínsecos incluem-se: a inacessibilidade física do amido, a resistência dos grânulos à ação enzimática e a formação de amido retrogradado. A inacessibilidade física ocorre quando o amido encontra-se contido em uma estrutura celular, como grãos e sementes integrais ou parcialmente moídas, sendo inacessíveis à ação enzimática. A resistência do grânulo depende da sua composição em amilopectina e amilose e de sua estrutura cristalina. A estrutura cristalina é classificada de acordo com a difração aos raios-X, em formas A, B e C. Os grânulos nas formas B e C são mais resistentes à ação enzimática do que os grânulos na forma A. O amido retrogradado é formado durante o resfriamento do amido gelatinizado, ocorrendo sua recristalização nas formas B e C, mais resistentes à digestão (ENGLYST & CUMMINGS, 1990; ANNISON & TOPPING, 1994; ENGLYST et al., 1996; LOBO & SILVA, 2003).

Os fatores extrínsecos que influenciam a digestibilidade do amido no intestino delgado são: tempo de trânsito intestinal, concentração de amilase disponível para a quebra do amido e a presença de outros componentes da dieta que retardem a hidrólise enzimática (ENGLYST & CUMMINGS, 1990; ENGLYST et al., 2003).

Com base nos fatores intrínsecos que afetam a digestibilidade dos amidos, criou-se uma classificação *in vitro* dos ingredientes amiláceos, estabelecida por meio de hidrólise enzimática controlada. Essa técnica estima a proporção provável de amido de digestões rápida e lenta no intestino delgado e a fração que passará inalterada para o intestino grosso, denominada de amido resistente. Os amidos de digestão rápida e de digestão lenta são mensurados após a incubação da amostra a 37°C por 20 minutos e 100 minutos, respectivamente. O amido não hidrolisado após 120 minutos de incubação é denominado amido resistente (ENGLYST & CUMMINGS, 1990).

2.2 Alimentos industrializados para cães

2.2.1 Mercado de alimentos industrializados para animais de estimação no Brasil

A produção brasileira de alimentos para cães e gatos cresceu vertiginosamente na última década. Em 1994, a produção anual de alimentos no Brasil foi de 220.000 toneladas, enquanto a produção prevista para 2006 é de 1.687.400 toneladas, com movimentação de dois bilhões de reais. O potencial de consumo do mercado, estimando-se a população de cães e gatos em 28,8 e 13,08 milhões, respectivamente, é de 3,6 milhões de toneladas ao ano, sugerindo, ainda, um enorme potencial de crescimento (ANFAL, 2006).

Em 2003, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, entidade responsável pela regulamentação dos alimentos para os animais de estimação no Brasil, publicou a Instrução Normativa número 09, fixando os padrões de identidade e qualidade dos alimentos completos para cães e gatos. Segundo esta regulamentação, os alimentos completos são divididos em alimentos secos, semi-

úmidos e úmidos (BRASIL, 2003). O alimento seco é o principal tipo de alimento industrializado para cães e gatos, representando mais de 90% do volume de vendas. Eles são produzidos pelo processo de extrusão e possuem até 12% de umidade.

2.2.2 Processamento de alimentos para cães

2.2.2.1 Moagem

A redução do tamanho das partículas tem como principais funções no processo proporcionar uma mistura homogênea dos ingredientes e facilitar sua extrusão (FRAILHA, 2005). O principal método de redução do tamanho das partículas é a moagem com moinhos de martelo (COWELL et al., 2000). Segundo BELLAVER & NONES (2000), a moagem e a mistura dos ingredientes são o “coração” de uma fábrica de ração e a consistência desses processos produz forte impacto na qualidade final dos produtos.

O moinho de martelo consiste basicamente em um conjunto de facas rombas, denominados de martelos. Esses martelos possuem alguns milímetros de espessura. São perfilados paralelamente uns aos outros e fixos a um eixo de alta rotação. Ao redor desse sistema é fixada uma peneira. Os diâmetros dos furos das peneiras variam, dependendo da característica final desejada do produto. O sistema de martelos e peneira está contido na câmara de moagem (ALLES, 2003).

Os ingredientes que serão moídos entram na câmara de moagem por ação da gravidade, encontrando os martelos que estão em alta rotação. Esse contato irá reduzir o material ao estado semi-moído ou moído, dependendo da característica do ingrediente utilizado. Isso ocorre devido ao grande diferencial de velocidade entre os martelos e o material que entra. Além disso, o material será propelido diretamente para a peneira. Após essa primeira ação, as partículas que restam igualam sua velocidade à dos martelos. O atrito gerado entre os ingredientes e a peneira irá proporcionar a redução do tamanho das partículas. Uma vez reduzidas, as partículas irão passar pelos forames da peneira, impulsionadas pela força centrífuga (OWENS & HEIMANN, 1994).

Estima-se que 3% de toda a energia consumida no mundo seja gasta para a redução do tamanho de partículas, incluindo minérios e insumos para as indústrias química, farmacêutica e alimentícia (TAVARES, 2001). Desse modo, apesar da moagem proporcionar uma mistura homogênea dos ingredientes, facilitar o processo de extrusão e melhorar a qualidade final dos produtos, ela é também responsável por uma grande parcela do custo de produção das rações. HEALY et al. (1994) estudaram a influência da redução do tamanho da partícula na produtividade e consumo de energia. Os resultados demonstraram que a energia elétrica gasta para a moagem do grão de milho a 900 μ m foi de 5,3 kWh/t, com uma produção de 1,76 t/h. Com a redução do tamanho da partícula para 300 μ m ocorreu aumento no consumo de energia elétrica para 24,5 kWh/t e uma redução na produção de ração para 0,65 t/h. POZZA et al. (2005) mensuraram o consumo de energia gasta em 10 granjas de suínos, produtoras de ração e observaram que os gastos variaram entre seis e 20 kWh/t. Esses resultados demonstraram a necessidade de aperfeiçoar a moagem de forma a maximizar o aproveitamento do alimento e racionalizar o uso da energia.

A eficiência do processo de moagem pode variar dependendo do ingrediente utilizado, área útil da peneira, da velocidade periférica dos martelos, da configuração dos martelos e da velocidade do alimentador.

O ingrediente utilizado tem uma influência direta na produtividade e consumo de energia dos moinhos de martelo. HEALY et al. (1994) observaram que a energia consumida para a moagem do grão de milho a 500 μ m foi superior à energia gasta para a moagem do sorgo na mesma granulometria. Enquanto para moer uma tonelada de milho foram gastos 15,7 kWh, para moer o sorgo foram gastos 3,8 kWh. A mesma relação foi encontrada para a produtividade dos moinhos, sendo que, em uma hora, foram moídas 0,63 toneladas de milho e 2,37 toneladas de sorgo.

Um fator importante na produtividade dos moinhos é a relação entre a área útil da peneira e a potência do motor (POZZA et al., 2005). Para exemplificar essa relação, utilizando-se um moinho com motor de 100 cv de potência e uma peneira

com furos de 1,6mm, pode-se, por exemplo, ter peneira com área de 1000 pol² e 30% de área perfurada, proporcionando uma relação de 300pol² de área perfurada para cada 100 cv. Em uma segunda situação, pode-se ter uma peneira com 2000 pol² e com os mesmos 30% de área perfurada, obtendo-se uma relação de 600pol² de área perfurada para cada 100 cv. A segunda situação resulta em aumento na capacidade de saída do ingrediente da câmara do moinho, aumentando significativamente a produção (ALLES, 2003).

A velocidade periférica e a configuração dos martelos do moinho influenciarão a eficiência na moagem. Quanto maior a velocidade periférica, maior o impacto com o ingrediente, portanto menor o tamanho das partículas e maior a eficiência do moinho. A configuração dos martelos terá influência na limpeza das aberturas e, portanto no aumento da área de saída do material (OWENS & HEIMANN, 1994).

O alimentador tem um papel crucial na produtividade. Ele deve proporcionar a entrada constante e uniforme dos ingredientes na câmara do moinho e também a correta distribuição dos ingredientes em toda a área da peneira (ALLES, 2003).

2.2.2.2 Processo de extrusão

O sistema de extrusão consiste fundamentalmente em um alimentador, pré-condicionador, extrusora e matriz. Cada componente é desenvolvido para desempenhar uma função específica no processo de cozimento e formação do produto (RESCHSTEINER, 2005).

O alimentador proporciona a entrada, em fluxo contínuo e controlado, da mistura seca dos ingredientes para o pré-condicionador e conseqüentemente, para o canhão da extrusora (HAUCK, 1994). No pré-condicionador são adicionados à mistura de ingredientes vapor e água. Essa mistura é então homogeneizada por um sistema de barras cilíndricas com pás dispostas radialmente, transformando-a em uma massa. O objetivo do pré-condicionador é aumentar a umidade e temperatura da massa e, conseqüentemente, aumentar a estabilidade da extrusora e a qualidade do produto final. Ele reduz também o

desgaste das roscas da extrusora, feitas de aço inox. A umidade desta massa é mantida geralmente entre 10 a 25% e a temperatura entre 70 a 90°C. Nessa fase do processo, podem ser adicionados carne fresca, óleos ou outros aditivos líquidos (RIAZ, 2003).

Após sair do pré-condicionador, a massa entra na extrusora. A extrusora consiste em um tubo com um sistema de rosca-sem-fim, denominado canhão da extrusora. Esse sistema de rosca irá comprimir a massa, gerando energia mecânica. O atrito causado pela ação da rosca criará energia térmica, elevando a temperatura da massa e proporcionando o cozimento do amido. A escolha da velocidade de rotação e da configuração da rosca irá influenciar a energia mecânica aplicada à massa (CHUANG & YEH, 2004; DING et al., 2004). Além disso, pode-se injetar vapor de água diretamente no canhão da extrusora, aumentando ainda mais a temperatura da massa (ABECASSIS et al., 1994). O aumento da umidade proporcionado pelo vapor auxilia também a redução da fricção da massa e o aumento da produção, reduzindo o desgaste mecânico das peças. No final do canhão da extrusora, a pressão pode chegar a 37 atmosferas, a temperatura a 150°C e a umidade a 28% (RIAZ, 2003).

A matriz da extrusora é a última parte do sistema de extrusão, possuindo duas funções. A primeira é proporcionar restrição para a saída do produto e assim, gerar a pressão necessária para a aplicação da energia mecânica. A segunda função é dar o formato final da partícula, por meio do formato do orifício da matriz e da velocidade de corte das facas (COWELL, 2000).

2.3 Digestibilidade dos carboidratos

A digestão dos carboidratos envolve ações mecânicas, enzimáticas e microbiológicas (CASE et al., 2000; GROSS et al., 2000). Em relação à ação enzimática, os cães e gatos, diferentemente dos seres humanos, não possuem a enzima alfa-amilase salivar, portanto a digestão enzimática não se inicia na boca, local onde o amido sofrerá apenas a ação mecânica da mastigação. No intestino delgado, a enzima pancreática α -amilase quebra as ligações α 1-4 das moléculas

do amido, transformando-o em oligossacarídeos e dissacarídeos. Estes oligossacarídeos e dissacarídeos sofrem ação das enzimas da mucosa intestinal, quebrando estas moléculas em monossacarídeos. Finalmente, os monossacarídeos são absorvidos pela mucosa intestinal, principalmente por meio de transporte ativo sódio dependente (POND et al., 1995).

A digestibilidade do amido pode ser afetada por diversos fatores, tais como a composição e forma física do amido, interações entre proteína-amido, integridade celular e forma física do alimento, que são diferentes entre as diversas fontes empregadas (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986; WOLOVER & BOLOGNESI, 1996; MURRAY et al., 1999; SVIHUS et al., 2005). Em um estudo comparando o milho e sorgo na alimentação de suínos, HEALY et al. (1994), observaram diferença significativa na digestibilidade do nitrogênio e da energia, maiores para o milho.

Com o objetivo de avaliar substitutos para o arroz em dietas extrusadas para cães, TWOMEY et al. (2003) utilizaram o sorgo e o milho. Não foi observada diferença significativa na digestibilidade do amido entre as três fontes. Entretanto, o arroz apresentou maior digestibilidade de gordura e proteína, além de proporcionar a produção de fezes com maior teor de matéria seca.

TAKAKURA (2003), por sua vez, estudou a digestibilidade de rações extrusadas, contendo quirera de arroz, farinha de mandioca, milho, sorgo, lentilha e ervilha. Os resultados encontrados indicaram que as rações com quirera de arroz e farinha de mandioca apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, matéria orgânica e energia bruta, seguidas pela dieta com milho e sorgo e, por último, ervilha e lentilha. O amido das rações apresentou CDA próximo a 99%, sendo que os maiores valores são para as dietas com quirera de arroz e farinha de mandioca e os menores para lentilha e ervilha.

O processamento das fontes de carboidratos também pode influenciar a digestibilidade dos nutrientes.

Ao avaliar a influência do processamento do sorgo e da cevada sobre suas digestibilidades *in vitro* OSMAN et al. (1970) observaram que quanto maior a pressão empregada na formação dos flocos, maior era a digestibilidade. Observaram também que o aumento da pressão no cozimento aumentava significativamente a digestibilidade.

Os alimentos industrializados como arroz instantâneo, flocos de milho, batata frita e batata instantânea produzem maior curva glicêmica do que o milho, arroz e batata cozidos de forma caseira para seres humanos. Além disso, os alimentos industrializados tiveram maior digestão *in vitro* do amido (BRAND et al., 1985).

O processo básico de produção de alimentos industrializados para cães e gatos é a extrusão. Durante este processo ocorre a gelatinização, definida como destruição irreversível da estrutura cristalina do grão de amido, o que torna superfície da molécula mais susceptível a ação enzimática. Para que ocorra a gelatinização é necessário a conjunção de fatores tais como umidade, calor, energia mecânica, modificação de pH e pressão (HAUCK, 1994).

Em estudo sobre o processamento dos carboidratos, JOUGLIN et al. (1992) compararam a digestibilidade de quatro carboidratos nas suas formas crua e gelatinizada. Foram utilizadas oito dietas contendo: amido de trigo, amido de milho, amido de batata e amido de mandioca. O processo de gelatinização resultou em melhora significativa da digestibilidade de todas as dietas.

WOLTER et al. (1998) compararam a digestibilidade ileal, para cães, de dois carboidratos em suas formas crua e gelatinizada. Eles utilizaram quatro dietas contendo: amido de trigo, amido de trigo gelatinizado, amido de mandioca e amido de mandioca gelatinizado. O processo de gelatinização não demonstrou efeito expressivo sobre a digestibilidade ileal do amido de trigo, com 99,4% de digestibilidade para o amido cru e 98,0% para o gelatinizado. Para o amido de mandioca, contudo, a gelatinização melhorou significativamente a digestão ileal, elevando-a de 57,6% para 97,4%.

Em relação ao aproveitamento dos amidos em gatos, KIENZLE (1993) observou que a digestibilidade do amido de uma dieta contendo milho cru foi de 72%. Quando o milho foi cozido, a digestibilidade aparente do amido foi de 100%, demonstrando, assim, que o cozimento aumenta a suscetibilidade do grânulo de amido à ação enzimática intestinal.

FADEL et al. (1988) estudaram o efeito da extrusão sobre a digestibilidade da cevada em suínos. Eles observaram que a extrusão proporcionou melhora significativa na digestibilidade ileal do amido, entretanto, não ocorreu diferença na digestibilidade total. Essa diferença entre a digestibilidade ileal e total do carboidrato pode ser devido à fermentação, no intestino grosso, do amido que escapou à digestão enzimática no intestino delgado. O amido fermentado no intestino grosso leva ao aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta e redução do pH fecal (CUMMINGS & ENGLYST, 1995, FAO, 1998). JENKINS et al. (1998) estudaram o efeito do consumo de quatro suplementos alimentares em seres humanos, um com baixa fibra, um com alta fibra e dois suplementos com amido resistente à digestão no intestino delgado. Foram avaliados o volume fecal e a produção de ácidos graxos fecais de cadeia curta. Quando comparados com o consumo do suplemento com baixa fibra, o consumo dos suplementos com alta fibra e com amido resistente aumentou o volume fecal em 84 % e 27%, respectivamente, e elevou a produção de ácidos graxos fecais de cadeia curta em 20%. A produção de butirato teve um aumento de 48% para o suplemento com alta fibra e 56% para o com amido resistente. Não foram localizados estudos semelhantes para cães.

A relação entre a moagem dos ingredientes e o aproveitamento dos nutrientes foi estudada em codornas, peixes, frangos, suínos e seres humanos (OWSLEY et al., 1981; HEALY et al., 1994; DAHLKE et al., 2001; LEANDRO et al., 2001; SOARES et al., 2003). Entretanto, não foram encontrados, na literatura científica, trabalhos que estudaram esse efeito em cães. Com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas peletizadas sobre o desempenho e características de carcaça da tilápia do Nilo, SOARES et

al. (2003) utilizaram dietas moídas em peneiras com furos de 0,50; 0,75; 1,00 e 1,50 mm, observando que a redução do tamanho das partículas possui efeito quadrático no peso final médio, percentagem de ganho de peso, comprimento total final, conversão alimentar aparente e taxa de eficiência protéica.

DALHKE et al. (2001) notaram que a diminuição do diâmetro geométrico médio (DGM) em dietas para frangos de corte melhorou linearmente o ganho de peso e o consumo de alimento, enquanto a conversão alimentar melhorou de forma quadrática.

OWSLEY et al. (1981) estudaram o efeito do tamanho das partículas de sorgo na digestibilidade dos nutrientes para suínos. Os resultados indicaram uma relação inversa entre o tamanho da partícula e a digestibilidade da matéria seca, amido, energia bruta, proteína e aminoácidos. HEALY et al. (1994), por outro lado, observaram, em suínos, a interação entre a moagem e o ingrediente utilizado. Quando compararam a moagem do sorgo e do milho em diferentes granulometrias, obtiveram os maiores ganhos de peso com o milho moído a 700 μ m e o sorgo a 500 μ m.

Em um estudo em seres humanos portadores de ileostomia, MUIR & O'DEA (1992) notaram que a quantidade de amido não digerido presente no íleo terminal era significativamente maior nos pacientes que ingeriram a dieta com arroz integral, comparado com os pacientes que ingeriram a dieta com arroz moído.

2.4 Resposta glicêmica e insulínica pós-prandiais e a influência dos carboidratos e seu processamento

O amido é o principal nutriente que altera e determina a onda pós-prandial de glicose sanguínea e a resposta insulínica do animal (MILLA et al., 1996; SUNVOLD et al., 1995; SUNVOLD, 1996; APPLETON et al., 2004). Dessa forma, quanto mais rápida e completa sua digestão, mais rápida e intensa será a curva desencadeada (JENKINS et al., 1981).

Dentre os fatores dietéticos que influenciam a onda pós-prandial de glicose e insulina tem-se: a natureza química dos carboidratos, especialmente as

proporções de amilose e amilopectinas (BEHALL et al., 1988; BEHALL et al., 1989); proteína e gordura (NUTTALL et al., 1984; NGUYEN et al., 1994); fibra dietética (NISHIMUNE et al., 1991) e processamento do alimento (HOLSTE et al., 1989).

O controle glicêmico pode estar prejudicado em alguns estágios fisiológicos e condições de saúde, como *diabetes melitus*, obesidade, gestação, estresse, infecção, câncer e idade avançada (NELSON et al., 1990; KAHN et al., 2001). A utilização de dietas que minimizem e estendam a onda glicêmica pós-prandial proporciona, para animais nestas condições, o restabelecimento mais rápido e fácil da glicemia (BRAND-MILLER, 1994; FAO, 1998; BOUCHARD & SUNVOLD, 1999). LARSON et al. (2003) realizaram um estudo de expectativa de vida em dois grupos de cães, um grupo com alimentação *ad libitum* e outro grupo com alimentação restrita. Eles notaram que os cães que tinham alimentação restrita possuíam menor glicose e insulina basal e melhores resultados no teste de tolerância à glicose. Esses resultados foram correlacionados positivamente com a maior expectativa e qualidade de vida dos cães e menor incidência de doenças como a osteoartrite, reforçando a importância do controle glicêmico sobre a qualidade de vida em cães.

GODDARD et al. (1984) estudaram as respostas insulínica e glicêmica de seres humanos frente à ingestão de três variedades de arroz, com concentrações de amilose de 0%, 14 a 17% e 23 a 25%, respectivamente. Observaram que a ingestão de arroz com 23 a 25% de amilose produziu uma resposta glicêmica inicial mais baixa e um declínio mais lento quando comparado às outras duas dietas.

A influência do tipo de alimento industrializado sobre a resposta pós-prandial de glicose em cães foi estudada por HOLSTE et al. (1989). Os autores compararam rações seca, semi-úmida e úmida. Os resultados indicaram diferença significativa no alimento semi-úmido que gerou uma onda pós-prandial de glicose e insulina mais elevada que a das outras duas dietas.

BOUCHARD & SUNVOLD (1999) testaram cinco fontes de carboidratos

para cães, os grãos integrais de milho, trigo, cevada, arroz e sorgo, determinando o efeito desses ingredientes sobre as ondas pós-prandiais de glicose e insulina. Os resultados demonstraram que a dieta contendo arroz provocou maior glicemia e insulinemia que as demais dietas. A dieta contendo sorgo em sua composição provocou a menor onda pós-prandial de glicose, mas o ingrediente que produziu a menor resposta pós-prandial de insulina foi a cevada. Essa última normalmente é indicada para a dieta de humanos diabéticos (WOLEVER et al., 1994; PWELL & MILLER, 1995; WOLEVER & BOLOGNESI, 1996).

Resultados semelhantes foram encontrados por CARCIOFI et al. (2004), em estudo da resposta glicêmica de cães. Verificou-se que os picos glicêmico e insulínico ocorreram mais cedo para a dieta com quirera de arroz, farinha de mandioca e milho em relação as dietas com lentilha, ervilha e sorgo. Além disso, as dietas com sorgo, lentilha e ervilha proporcionaram a manutenção de maiores concentrações glicêmicas por mais tempo, demonstrada pela maior área abaixo da curva de 30 a 300 minutos de glicose desses tratamentos e pela maior glicemia dessas desencadeadas pelas três dietas aos 300 minutos, ou seja, as dietas à base de lentilha, sorgo e ervilha proporcionaram menor flutuação da glicemia dos cães.

Além da fonte de amido utilizada, a moagem também pode interferir na glicemia pós-prandial. HEATON et al. (1988) estudaram a influência do trigo e milho, nas formas integrais, quebrado, moído grosseiramente e moído finamente e da aveia nas formas integrais, moídas grosseiramente e moída finamente, sobre a glicemia pós-prandial em seres humanos. Eles perceberam que quanto menor o tamanho da partícula do milho e do trigo, maior o pico glicêmico e a resposta insulínica. Esse comportamento não foi observado para a aveia, provavelmente devido às diferenças nas propriedades físicas de suas fibras. Resultados semelhantes foram encontrados por HOLT & MILLER (1994), que demonstraram maiores respostas glicêmicas para dietas à base de trigo mais finamente moído.

Adicionalmente, PEREIRA et al. (2002) observaram que pacientes humanos obesos que consumiram, por um período de seis semanas, uma dieta com grãos integrais apresentaram menor resistência à insulina do que os pacientes que ingeriram uma dieta à base de grãos refinados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos de acordo com os objetivos propostos. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Campus de Jaboticabal.

3.1 Dietas experimentais

Foram formuladas dietas isonutrientes para cães, uma contendo como fonte de amido quíntera de arroz, a outra milho e a outra sorgo. Seus níveis nutricionais e a suplementação vitamínico-mineral atenderam as recomendações nutricionais do cão preconizadas pela AAFCO (American Association of Feed Control Official, 2004).

Os ingredientes utilizados foram previamente analisados quanto à proteína bruta, ao extrato etéreo em hidrólise ácida, à fibra dietética total e amido. As rações foram formuladas a partir desses resultados. A análise química dos ingredientes amiláceos e a fórmula dietas experimentais encontra-se Tabela 1.

Tabela 1. Análise química dos ingredientes amiláceos utilizados nas dietas experimentais¹.

| Nutriente | Arroz | Milho | Sorgo |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Matéria seca (%) | 90,5 | 88,3 | 88,8 |
| Valores sobre a matéria seca | | | |
| Proteína Bruta (%) | 10,9 | 9,1 | 10,3 |
| Extrato Etéreo Ácido (%) | 3,7 | 6,5 | 3,8 |
| Fibra Bruta (%) | 0,6 | 2,1 | 2,4 |
| Matéria Mineral (%) | 1,3 | 1,2 | 1,4 |
| Fibra Dietética Total (%) | 1,3 | 11,2 | 12,6 |
| Amido (%) | 82,3 | 72,0 | 72,0 |

¹- n=2; CV < 5%

O diâmetro geométrico médio (DGM) dos ingredientes amiláceos foi determinado segundo os procedimentos descritos por ZANOTTO & BELLAYER (1996) utilizando um conjunto de peneiras de 1,4mm, 1,2mm, 1,0mm, 0,71mm,

0,5mm, 0,35mm, 0,125mm e fundo, sendo os valores calculados por meio do programa Gransuave (EMBRAPA) e estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados dos testes de granulometria das fontes de carboidratos utilizados na fabricação das dietas experimentais.

| Peneira | | Porcentagem retida em cada peneira | | | | | | | | |
|------------|-------|------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| | | ARROZ | | | MILHO | | | SORGO | | |
| ABNT | mm | Fina ¹ | Média ² | Grossa ³ | Fina ¹ | Média ² | Grossa ³ | Fina ¹ | Média ² | Grossa ³ |
| 14 | 1,400 | 0,0 | 0,4 | 2,4 | 0,3 | 0,9 | 2,4 | 0,0 | 0,8 | 1,2 |
| 16 | 1,200 | 0,1 | 0,6 | 2,7 | 0,2 | 0,7 | 2,7 | 0,2 | 0,8 | 2,3 |
| 18 | 1,000 | 0,2 | 1,9 | 10,0 | 0,2 | 1,4 | 12,1 | 0,3 | 3,0 | 11,9 |
| 25 | 0,710 | 0,3 | 4,2 | 18,2 | 0,3 | 4,0 | 16,3 | 0,4 | 7,6 | 19,8 |
| 35 | 0,500 | 34,7 | 34,7 | 34,8 | 37,5 | 48,2 | 41,8 | 36,4 | 46,3 | 41,3 |
| 60 | 0,350 | 4,7 | 6,2 | 5,5 | 14,9 | 15,6 | 7,3 | 8,2 | 7,0 | 5,4 |
| 120 | 0,125 | 38,3 | 31,7 | 18,4 | 43,3 | 27,4 | 16,0 | 42,5 | 26,6 | 12,4 |
| fundo | 0 | 21,7 | 20,3 | 8,0 | 3,2 | 1,9 | 1,6 | 12,0 | 7,9 | 5,6 |
| DGM | | 277 | 311 | 521 | 360 | 451 | 619 | 314 | 439 | 594 |
| DPG | | 2,6 | 2,6 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,3 | 2,2 | 2,1 | 2,2 |

DGM = diâmetro geométrico médio

DPG = desvio padrão geométrico

¹ peneira de 0,8 mm de abertura

² peneira de 1,5 mm de abertura

³ peneira de 3,0 mm de abertura

As dietas experimentais foram produzidas na Fábrica de Rações da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal. Os ingredientes protéicos (farinha de vísceras, fígado em pó e levedura de cerveja), as fontes de fibra (celulose e casca de soja) e os micro ingredientes foram pesados, misturados e moídos em moinhos de martelo com peneira de 0,8mm. As fontes de carboidrato em estudo (arroz, milho e sorgo) foram pesadas e moídas separadamente, em moinhos de martelo com peneiras de 0,8 mm (fina), 1,5 mm (média) e 3,0 mm (grossa), sendo, posteriormente, misturadas aos outros ingredientes, formando assim a mistura final das nove rações experimentais.

Após a mistura, as dietas foram confeccionadas numa extrusora experimental de rosca simples (Extru-tech) com capacidade de produção de aproximadamente 150 kg/h. O processo de extrusão das rações foi controlado pela aferição da densidade das rações. Em função do perfil nutricional dos alimentos em teste, foi estabelecida como meta a densidade entre 420 a 450 g/L. As dietas experimentais foram secas e recobertas com óleo de frango e palatilizante, sendo então armazenadas em sacos plásticos. A composição percentual e química das dietas experimentais encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Composição de ingredientes e química das dietas experimentais.

| Ingredientes (%) | Arroz | Milho | Sorgo |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Carboidrato¹ | 46,1 | 53,3 | 53,4 |
| Far. de Visceras | 29,3 | 29,2 | 28,3 |
| Óleo de Frango | 5,1 | 4,5 | 6,1 |
| Fígado pó | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| Casca de Soja | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Celulose² | 7,8 | 1,5 | 0,8 |
| Lev. De Cerveja | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Palatabilizante³ | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Fosfato Bicálcio | 0,3 | 0,1 | 0,0 |
| Cl. de Potássio | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Sal | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Óxido Crômico⁴ | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Premix v.⁵ | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Antifúngico⁶ | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Lisina | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| Metionina | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Antioxidante⁷ | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

Composição química analisada¹

| | Fina | Média | Grossa | Fina | Média | Grossa | Fina | Média | Grossa |
|----------------------|------------------------------|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|
| MS (%) | 92,9 | 93,2 | 92,3 | 92,9 | 92,6 | 93,2 | 92,2 | 92,3 | 93,1 |
| Nutriente | Valores sobre a matéria seca | | | | | | | | |
| PB (%) | 26,4 | 26,0 | 25,4 | 26,8 | 27,1 | 27,3 | 28,2 | 27,7 | 27,9 |
| EEA (%) | 11,6 | 11,6 | 12,0 | 12,0 | 12,8 | 12,1 | 13,0 | 12,6 | 13,8 |
| FB (%) | 5,6 | 6,5 | 5,8 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 2,9 | 2,9 |
| MM (%) | 7,9 | 7,6 | 7,6 | 7,6 | 7,6 | 7,7 | 7,8 | 7,9 | 8,0 |
| FDT (%) | 5,9 | 6,7 | 6,5 | 6,4 | 6,7 | 6,9 | 6,7 | 6,2 | 6,4 |
| Amido(%) | 42,7 | 41,6 | 42,7 | 44,3 | 42,9 | 43,1 | 41,4 | 42,7 | 41,0 |
| Gelatinização | 90,6 | 80,1 | 76,8 | 79,9 | 73,8 | 63,2 | 86,7 | 71,7 | 62,4 |
| EB(kcal/kg) | 4453 | 4472 | 4449 | 4462 | 4500 | 4516 | 4453 | 4497 | 4498 |

1. Foram feitas três dietas com composição de ingredientes idênticas, variando quanto ao grau de moagem das fontes de amido (peneira de 0,8mm, 1,5mm e 3,0mm).

2. Celulose microcristalina Vittacell

3. Fígado de aves hidrolisado

4. Merk, 99% de pureza.

5. Adição por quilograma de produto: Vit 22000UI, Vit D 2200UI, Vit E 90UI, Vit B1 1ppm, Vit B2 7ppm, Ac pantotenico 12 ppm, Niacina 14ppm, Vit B6 1ppm, Ac. Fólico 0,2ppm, Vit B12 22mcg, Colina 1200ppm, Zico 140ppm, Ferro, 80ppm, Cobre 7,5ppm, Iodo 1,5ppm, Selênio 0,2ppm.

6. Mold Zap Aquativa: propionato de amônio, propanodiol, ácido propiônico, ácido acético, ácido láctico, ácido ascórbico, ácido sórbico, ácido fórmico, sorbato de potássio, veículo q.s.p – Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda.

7. Banox: BHA, BHT, Propilgalato - Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda.

3.2 Experimento 1 - Influência da moagem sobre a digestibilidade dos nutrientes

Foram conduzidos ensaios de digestibilidade utilizando os alimentos extrusados experimentais. O experimento foi realizado entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

3.2.1 Animais

Foram utilizados 54 cães domésticos adultos, sem raça definida e da raça Beagle, saudáveis, castrados, machos e fêmeas, com peso de $12 \pm 0,1$ kg (média \pm erro padrão), procedentes do canil do Laboratório de pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos do Departamento de Clínica e Cirurgia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Campus de Jaboticabal. Os animais foram previamente submetidos a exame clínico e sanguíneo (hemograma completo) que atestaram seu bom estado de saúde, sendo também vermifugados e vacinados.

3.2.2 Delineamento experimental

Os tratamentos seguiram um esquema fatorial 3x3, sendo três fontes de amido e três graus de moagem, gerando nove dietas experimentais. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizados com seis repetições por tratamento, totalizando 54 cães.

3.2.3 Protocolo Experimental

O ensaio de digestibilidade foi conduzido pelo método dos indicadores, considerando-se as recomendações da AAFCO (2004). A dieta foi oferecida por um período de adaptação de cinco dias, seguidos de cinco dias de colheita, confeccionando um conjunto das fezes de cada animal. Durante todo o experimento os cães foram mantidos em canil individual. O alimento foi oferecido uma vez ao dia em quantidade suficiente para atender a demanda energética do cão, preconizada pelo NRC (1985). A energia da dieta foi estimada por meio da fórmula de Atwater modificada, sendo considerado que um grama de carboidrato, gordura e proteína da dieta proporcionam a ingestão

respectivamente de 3,5 kcal, 8,5kcal e 3,5 kcal.(NRC,1985). As fezes foram colhidas duas vezes ao dia e acondicionadas em recipientes apropriados e armazenados em freezer (-15° C).

Foi determinada a qualidade das fezes por meio de escore fecal, atribuindo-se notas de 0 a 5, sendo 0 = fezes líquidas; 1 = fezes pastosas e sem forma; 2 = fezes macias, mal 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 que não marcam o piso; 5 = fezes bem formadas, duras e secas, considerando-se normal valores entre 3 e 4. No décimo primeiro dia as fezes foram colhidas imediatamente após a defecação para a determinação do pH. Esta foi diluída em água deionizada e o pH medido com pH-metro Portátil Quimis, de precisão 0,01, modelo Q-400-Bd.

Ao final do período de colheita as fezes foram descongeladas em temperatura ambiente, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas. Fezes e rações foram, então, moídas a 1 mm e enviadas ao laboratório para a realização das análises.

Foram determinadas nas dietas e nas fezes proteína bruta (PB), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM) e matéria seca (MS), segundo a AOAC (1995) e amido total segundo MILLER (1959) e HENDRIX (1993). Nas rações ainda foram determinados a fibra dietética total (FDT) (PROSKY, 1992) e o índice de gelatinização do amido (AOAC, 1995). As análises de amido e FDT foram conduzidas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP-Jaboticabal, enquanto as demais foram realizados no LabTec, Mogiana Alimentos S/A. Todas as análises foram conduzidas em duplicatas, sendo repetidas quando variaram mais de 5%. Os extrativos não-nitrogenados (ENN) foram determinados pela equação:

$$\text{ENN (\%)} = 100 - (\text{PB} + \text{EEA} + \text{FB} + \text{MM} + \text{Umidade})$$

Após a obtenção dos resultados laboratoriais foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta, extrato etéreo

em hidrólise ácida, matéria seca, extrativo não nitrogenado, fibra bruta e amido das dietas experimentais de acordo com a equação (ANDREASI, 1956):

$$\text{CDA (\%)} = 100 - \left(\frac{\% \text{ Cromo na dieta}}{\% \text{ Cromo nas fezes}} - \frac{\% \text{ nutriente nas fezes}}{\% \text{ nutriente no alimento}} \right) \times 100$$

3.2.4 Análise Estatística dos Resultados

Os dados obtidos foram analisados utilizando o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 1990). Os resíduos dos tratamentos foram testados quanto à normalidade do resíduo. Os coeficientes de digestibilidade aparente foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Models). As interações entre as variáveis estudadas foram desdobradas pelo comando Slice do SAS. A comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Também foi realizada análise de regressão polinomial para descrever a relação dos coeficientes de digestibilidade aparente e características fecais em função do índice de gelatinização do amido das dietas e do diâmetro geométrico médio das fontes de amido. Os resultados estão apresentados como média \pm erro padrão.

3.3 Experimento 2 - Influência da moagem sobre a resposta glicêmica pós-prandias de cães

Foram conduzidos ensaios de metabolismo utilizando os alimentos extrusados experimentais. O experimento foi realizado entre novembro de 2004 e dezembro de 2005.

3.3.1 Animais experimentais e manejo

Foram utilizados 54 cães domésticos adultos, saudáveis, castrados, machos e fêmeas, com peso de $12 \pm 0,2$ kg (média \pm erro padrão) e escore corporal 3 (EDNEY & SMITH, 1986), procedentes do canil do Laboratório de pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos do Departamento de Clínica e Cirurgia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Campus de

Jaboticabal. Os animais foram previamente submetidos a exame clínico e sanguíneo (hemograma completo) que atestaram seu bom estado de saúde, sendo também vermifugados e vacinados.

Visando seu condicionamento, os 54 animais do experimento passaram por um período de aclimatação de 15 dias, quando o sistema de manejo foi padronizado. O alimento foi oferecido sempre às 9h00 e retirado após 15 minutos, de forma que no momento da coleta de dados estes já estivessem adaptados a ingerirem rapidamente a dieta.

3.3.2 Delineamento experimental

Os tratamentos seguiram um esquema fatorial 3x3, sendo três fontes de amido e três graus de moagem, gerando nove dietas experimentais. O experimento seguiu um delineamento em blocos inteiramente casualizados, com nove cães por bloco, seis blocos, gerando seis repetições por tratamento e totalizando 54 cães. O bloco foi considerado o dia determinação das respostas pós-prandiais de glicose.

3.3.3 Protocolo Experimental

Os animais foram submetidos à determinação das respostas pós-prandiais de glicose de acordo com HOLSTE et al. (1989), com a adição dos tempos de coleta aos 300 min e 360 min. Para isto, os cães passaram por um período de três dias de adaptação às dietas experimentais. No quarto dia tiveram a veia cefálica canulada com cateter intravenoso de teflon e foram então alimentados com 70 kcal/kg^{0,75}, o que proporcionou uma ingestão de amido de 9,6 g/kg^{0,75}, correspondendo a uma ingestão de 66,7 ± 0,4g (média ± erro padrão) de amido por cão. A energia da dieta foi estimada por meio da fórmula de Atwater modificada, sendo considerado que um grama de carboidrato, gordura e proteína da dieta proporcionam a ingestão respectivamente de 3,5 kcal, 8,5kcal e 3,5 kcal.(NRC,1985). Os cães que não ingeriram completamente o alimento em 5 minutos não eram utilizados no dia, sendo repetidos no dia seguinte.

As amostras de sangue foram retiradas no tempo 0, antes da ingestão de alimento e após 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 300 e 360 minutos.

Em cada coleta foi retirado cerca de 1,0 ml de sangue de cada cão, acondicionado em tubo com anticoagulante fluoreto de sódio para análise de glicose e mantido resfriado. As análises de glicose foram realizadas no máximo até duas horas após a coleta.

A determinação da glicose foi realizada pelo sistema enzimático “GOD - ANA” para analisadores automáticos, utilizando “kits da LABTEST” no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da FCAV-UNESP Jaboticabal.

Com base nos valores de glicose determinados foram calculados os incrementos de glicose, subtraindo-se o valor basal de cada animal dos demais valores observados ao longo das respostas pós-prandiais.

Também foram calculadas a Área Abaixo da Curva (AAC) total, que compreendeu os 360 minutos avaliados e as AAC fracionadas em quatro partes, sendo compreendidas pelas colheitas de 0 a 30 minutos, 0 a 60 minutos, 30 a 360 minutos e 60 a 360 minutos após o consumo de cada uma das dietas experimentais. Essa divisão teve como intuito facilitar a observação de respostas imediatas e tardias que poderiam ser desencadeadas pelas diferentes dietas. Todas as AAC foram calculadas por meio de integrações numéricas pelo método trapezoidal, no programa ORIGIN (1999).

3.3.4 Análise Estatística dos Resultados

Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 1990). As médias dos tratamentos foram previamente testadas quanto à normalidade do resíduo. As glicemias pós-prandiais, o incremento de glicose e as AAC foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Models) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As concentrações de glicose em cada tempo da curva pós-prandial foram analisadas por meio da

análise de variância de medidas repetidas no tempo. Adotou-se um fator tratamento com nove níveis (dietas) e um fator tempo com 13 níveis dentro dos animais (ZAR, 1999). As comparações múltiplas foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados estão apresentados como média \pm erro padrão.

4. RESULTADOS

Os CDA dos nutrientes encontram-se na Tabela 4. Esses estão ilustrados nas Figuras 1 a 8.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia bruta das rações experimentais. Valores médios.

| Coeficientes de Digestibilidade Aparente (%) | | | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | MS | MO | Amido | ENN | PB | EEA | FB | EB |
| Arroz | | | | | | | | |
| Fina | 79,6 | 83,4 | 99,49 | 89,7 | 84,1 | 94,9 | 1,6 | 84,8 |
| Média | 79,0 | 82,7 | 99,59 | 89,6 | 84,0 | 94,9 | 5,0 | 84,1 |
| Grossa | 79,8 | 83,1 | 99,48 | 89,8 | 81,9 | 95,3 | 10,4 | 81,9 |
| Média do Ingrediente¹ | 79,5^A | 83,1^A | 99,52^A | 89,7^A | 83,3^A | 95,0^A | 5,7^A | 83,7^A |
| Milho | | | | | | | | |
| Fina | 80,5 | 84,5 | 99,50 | 88,5 | 81,0 | 93,7 | 8,4 | 85,0 |
| Média | 82,1 | 85,8 | 99,49 | 89,2 | 82,8 | 94,1 | 18,0 | 86,2 |
| Grossa | 75,9 | 79,9 | 97,41 | 83,4 | 76,2 | 91,0 | 9,0 | 80,4 |
| Média do Ingrediente¹ | 79,5^A | 83,4^A | 98,8^B | 87,0^B | 80,0^B | 92,9^B | 11,8^A | 83,9^A |
| Sorgo | | | | | | | | |
| Fina | 83,2 | 87,0 | 99,66 | 90,6 | 83,6 | 94,3 | 28,9 | 86,7 |
| Média | 79,9 | 84,1 | 99,07 | 88,1 | 80,1 | 92,8 | 14,9 | 84,4 |
| Grossa | 75,9 | 80,0 | 97,83 | 83,7 | 74,9 | 91,4 | 14,2 | 80,2 ^b |
| Média do Ingrediente¹ | 79,7^A | 83,7^A | 98,9^B | 87,5^B | 79,5^B | 92,8^B | 19,3^B | 83,7^A |
| EP | 0,2 | 0,2 | 0,05 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 1,1 | 0,2 |
| CV | 1,3 | 1,5 | 0,5 | 1,4 | 2,6 | 0,77 | 63,7 | 1,5 |
| efeitos | Probabilidades de maior F na Análise de Variância | | | | | | | |
| Ingredientes | 0,9 | 0,3 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,8 |
| Moagem | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,8 | 0,0001 |
| Interação | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0009 | 0,0001 |
| Contrastes² | | | | | | | | |
| Moagem x Arroz | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,2 | 0,7 | 0,1 | 0,01 |
| Moagem x Milho | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,07 | 0,0001 |
| Moagem x Sorgo | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0003 | 0,0001 |

MS=matéria Seca, MO=matéria orgânica, ENN=extrativos não nitrogenados, PB= proteína bruta, EEA= extrato etéreo ácido, FB= Fibra bruta, EB= Energia Bruta

EP= erro padrão da média (n=54)

CV= Coeficiente de variação

A, B – Médias na mesma coluna sem uma letra maiúscula em comum diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Resultados validos entre as diferentes fontes de amido.

¹- Médias dos ingredientes= valor médio encontrados para as três granulometrias de um mesmo ingrediente.

²- Comparação da moagem dentro das dietas formuladas com arroz, milho ou sorgo.

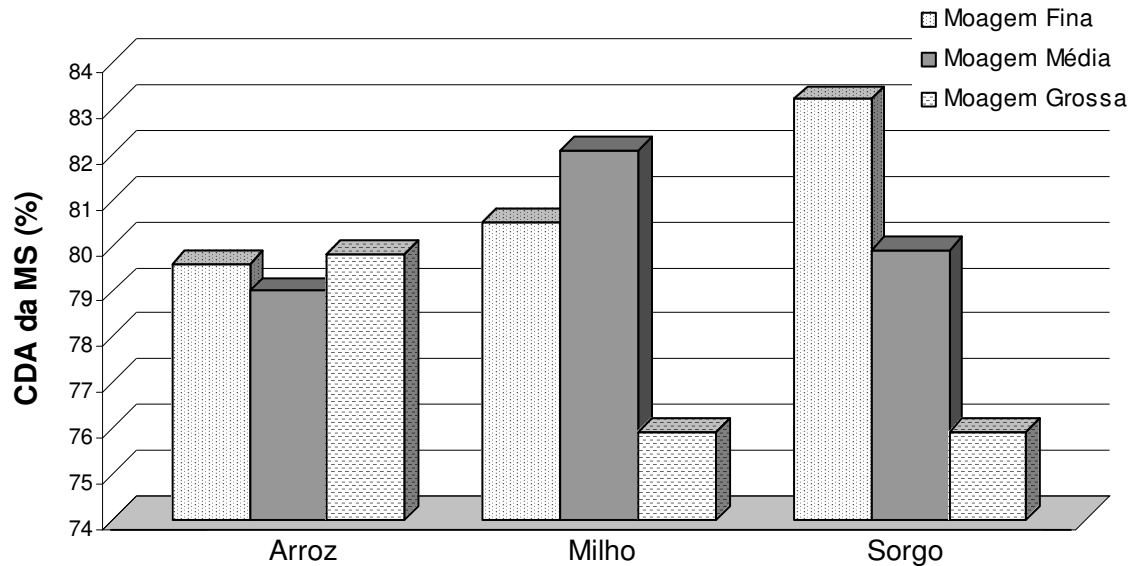


Figura 1. Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS) das nove dietas experimentais.

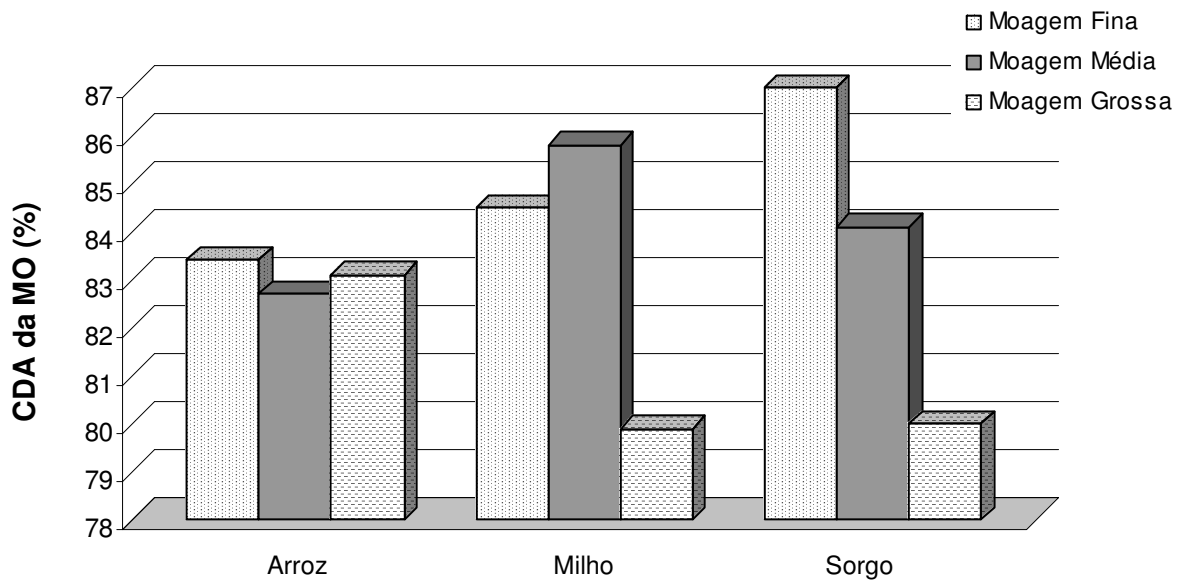


Figura 2. Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria orgânica (MO) das nove dietas experimentais.

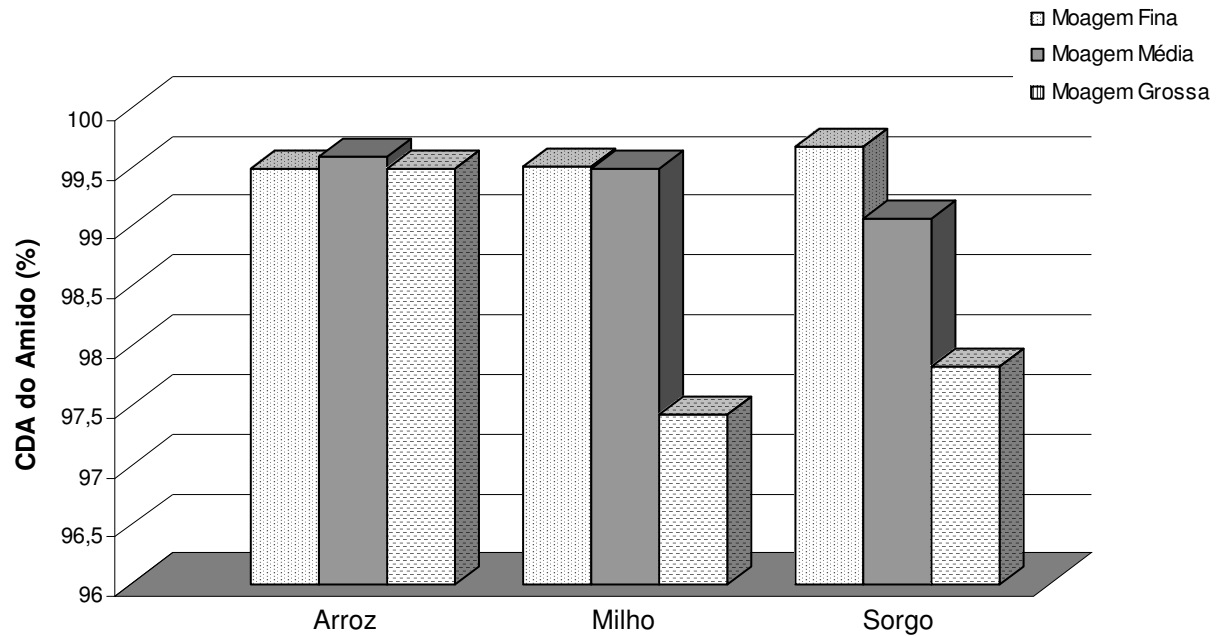


Figura 3. Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) do amido das nove dietas experimentais.

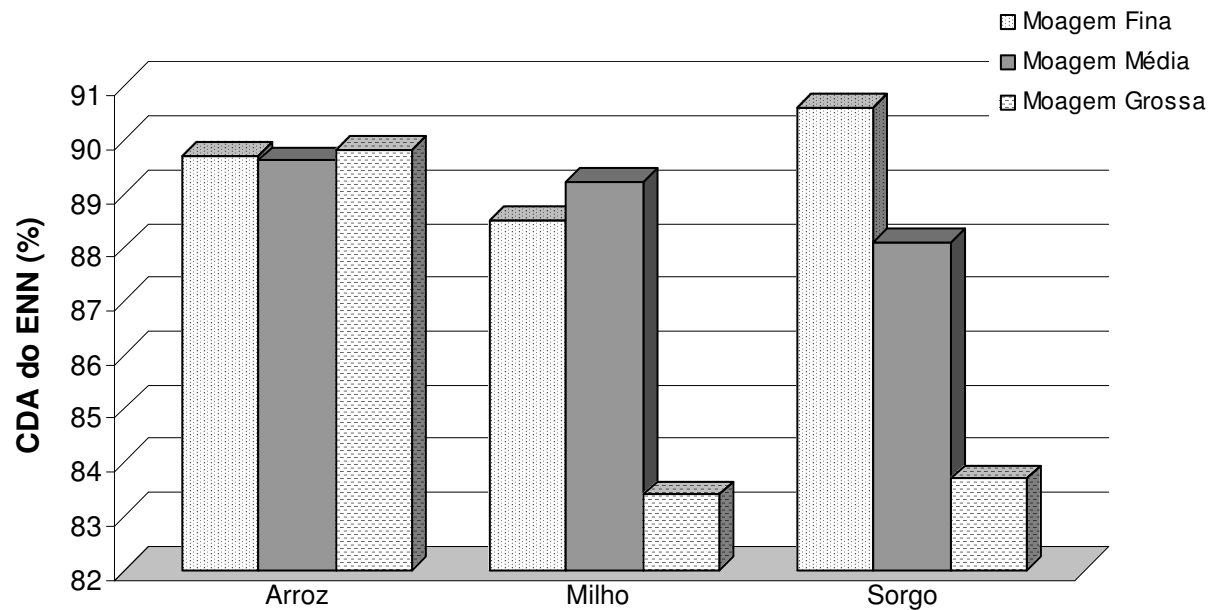


Figura 4. Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) do extrativo não nitrogenado (ENN) das nove dietas experimentais.

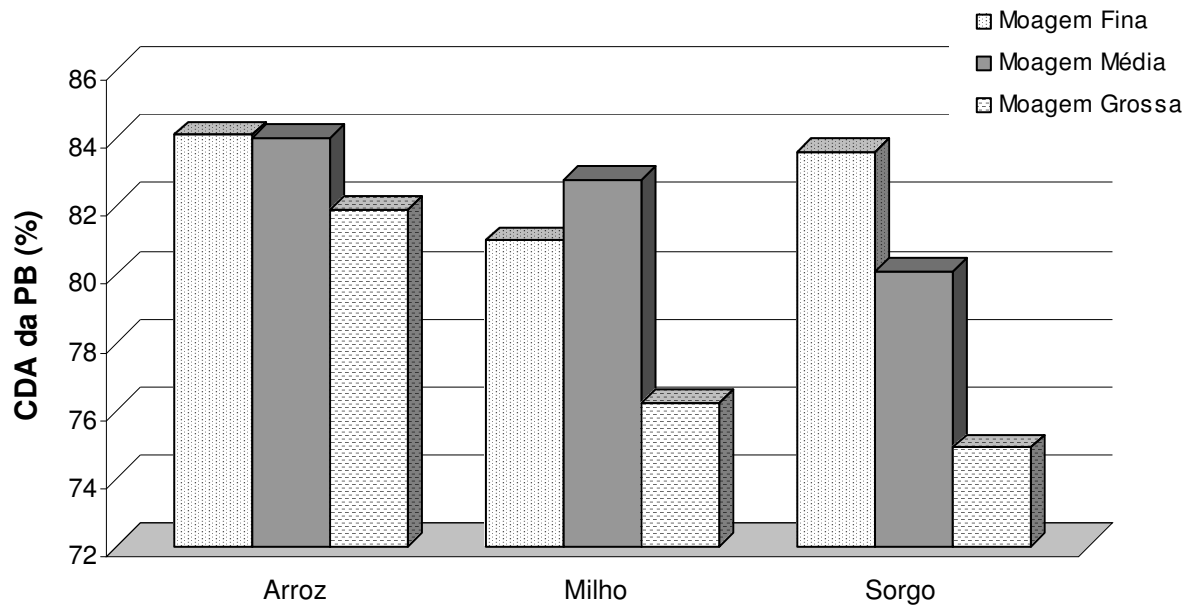


Figura 5. Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) das nove dietas experimentais.

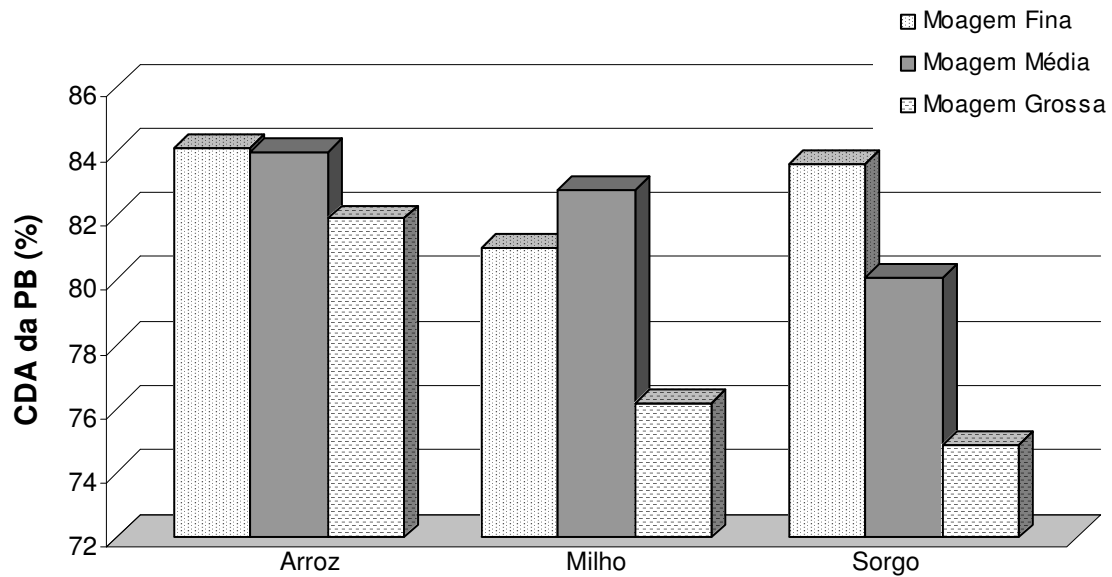


Figura 6. Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) do extrato etéreo ácido (EEA) das nove dietas experimentais.

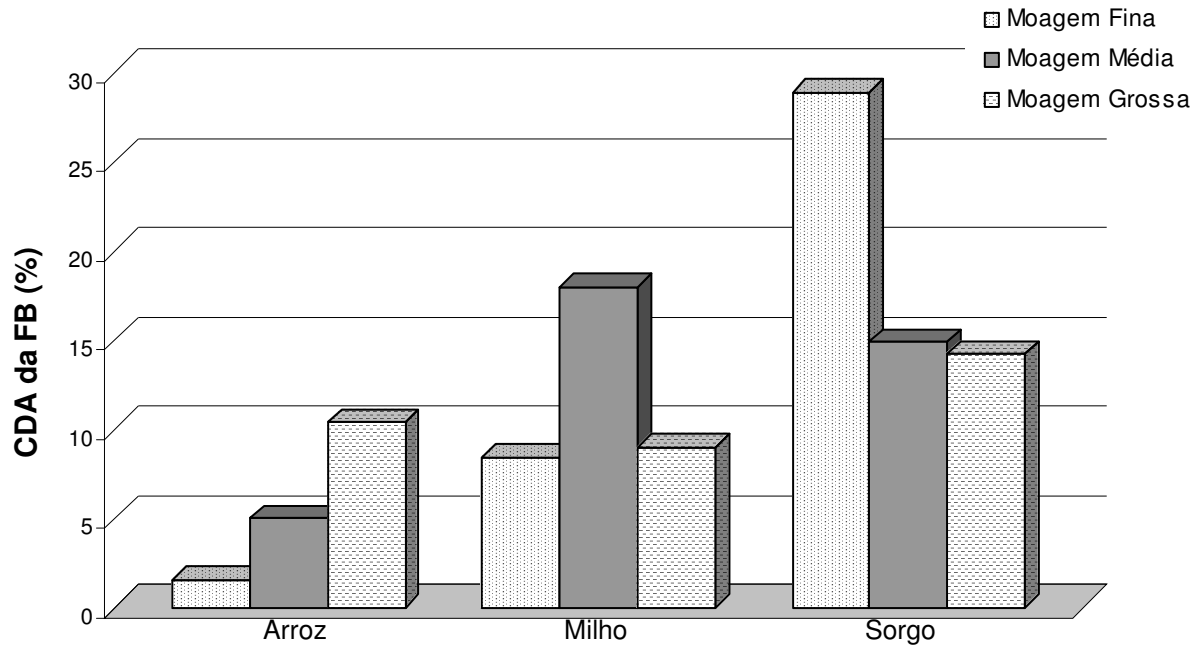


Figura 7. Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da fibra bruta (FB) das nove dietas experimentais.

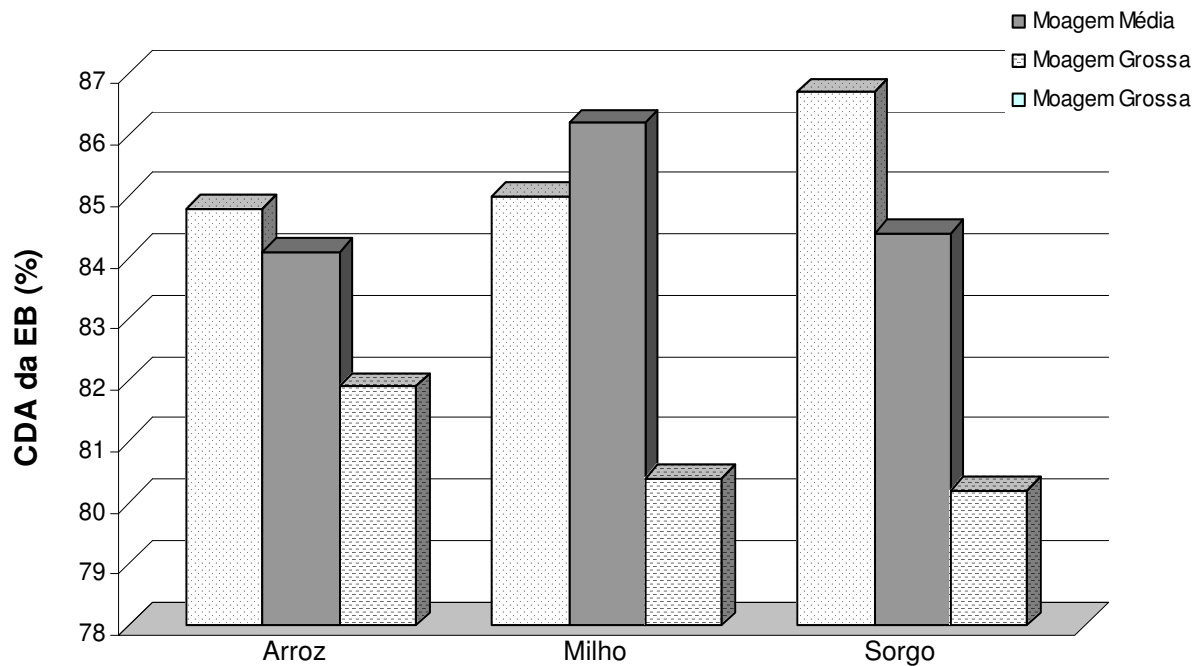


Figura 8. Representação gráfica dos valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da energia bruta (EB) das nove dietas experimentais.

Os resultados das análises de regressão entre os CDA dos nutrientes e o DGM dos ingredientes encontram-se na Tabela 5, enquanto os resultados das regressão dos CDA em relação aos índice de gelatinização do amido estão expressos na Tabela 6.

Tabela 5. Análise de regressão polinomial dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes das rações experimentais, em relação ao diâmetro geométrico médio (DGM) das fontes de amido.

| | Arroz | | | |
|-------------------------|--------|----------------|---------------------------------|-----------|
| | P>F | R ² | Equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,07 | - | - | |
| Matéria orgânica | 0,04 | 0,25 | $y = 96,2 - 0,07x + 0,00009x^2$ | 388 |
| Extrato não nitrogenado | 0,6 | - | - | |
| Proteína bruta | 0,75 | - | - | |
| Extrato etéreo ácido | 0,88 | - | - | |
| Fibra bruta | 0,54 | - | - | |
| Energia bruta | 0,25 | - | - | |
| Amido | 0,37 | - | - | |
| | Milho | | | |
| | P>F | R ² | Equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,0009 | 0,78 | $y = 40,3 + 0,19x - 0,0002x^2$ | 475 |
| Matéria orgânica | 0,0007 | 0,81 | $y = 49,0 + 0,16x - 0,0002x^2$ | 400 |
| Extrato não nitrogenado | 0,001 | 0,83 | $y = 59,1 + 0,14x - 0,0002x^2$ | 350 |
| Proteína bruta | 0,01 | 0,59 | $y = 35,7 + 0,21x - 0,0002x^2$ | 525 |
| Extrato etéreo ácido | 0,003 | 0,79 | $y = 77,2 + 0,08x - 0,00009x^2$ | 444 |
| Fibra bruta | 0,11 | - | - | |
| Energia bruta | 0,0006 | 0,82 | $y = 50,6 + 0,16x - 0,0002x^2$ | 400 |
| Amido | 0,07 | - | - | |
| | Sorgo | | | |
| | P>F | R ² | Equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,0001 | 0,82 | $y = 91,2 - 0,026x$ | |
| Matéria orgânica | 0,0001 | 0,80 | $y = 93,3 - 0,017x$ | |
| Extrato não nitorgenado | 0,0001 | 0,76 | $y = 98,5 - 0,024x$ | |
| Proteína bruta | 0,0001 | 0,77 | $y = 89,9 - 0,01x$ | |
| Extrato etéreo ácido | 0,0001 | 0,72 | $y = 99,4 - 0,02x$ | |
| Fibra bruta | 0,009 | 0,69 | $y = 116 - 0,40x + 0,0004x^2$ | 500 |
| Energia bruta | 0,0001 | 0,83 | $y = 94,2 - 0,023x$ | |
| Amido | 0,0001 | 0,78 | $y = 102 - 0,007x$ | |

Tabela 6. Análise de regressão polinomial dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes das rações experimentais, em relação ao índice de gelatinização do amido das dietas experimentais.

| | Arroz | | | |
|-------------------------|---------------|----------------------|---------------------------------|------------------|
| | P>F | R² | Equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,03 | - | - | - |
| Matéria orgânica | 0,11 | - | - | - |
| Extrato não nitrogenado | 0,37 | - | - | - |
| Proteína bruta | 0,45 | - | - | - |
| Extrato etéreo ácido | 0,70 | - | - | - |
| Fibra bruta | 0,53 | - | - | - |
| Energia bruta | 0,34 | - | - | - |
| Amido | 0,02 | 0,51 | $y = -396 + 11,2x - 0,06x^2$ | 93 |
| | Milho | | | |
| | P>F | R² | Equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,0008 | 0,78 | $y = -195 + 7,5x - 0,05x^2$ | 75 |
| Matéria orgânica | 0,0006 | 0,81 | $y = -166 + 6,8x - 0,04x^2$ | 85 |
| Extrato não nitrogenado | 0,07 | 0,68 | $y = 91 + 0,17x$ | - |
| Proteína bruta | 0,001 | 0,83 | $y = -136 + 5,9x - 0,04x^2$ | 74 |
| Extrato etéreo ácido | 0,01 | 0,59 | $y = -225 + 8,3x - 0,06x^2$ | 69 |
| Fibra bruta | 0,002 | 0,79 | $y = -30 + 3,3x - 0,02x^2$ | 83 |
| Energia bruta | 0,11 | - | - | - |
| Amido | 0,0005 | 0,82 | $y = -159 + 6,6x - 0,04x^2$ | 83 |
| | Sorgo | | | |
| | P>F | R² | Equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,0001 | 0,82 | $y = 58,3 + 0,29x$ | - |
| Matéria orgânica | 0,0001 | 0,80 | $y = 62,9 + 0,28x$ | - |
| Extrato não nitrogenado | 0,0001 | 0,78 | $y = 93,7 + 0,07x$ | - |
| Proteína bruta | 0,0001 | 0,76 | $y = 67,6 + 0,27x$ | - |
| Extrato etéreo ácido | 0,0001 | 0,77 | $y = 53,8 + 0,35x$ | - |
| Fibra bruta | 0,0001 | 0,72 | $y = 99,4 - 0,02x$ | - |
| Energia bruta | 0,009 | 0,69 | $y = -3,86 + 2,13x - 0,0125x^2$ | 85 |
| Amido | 0,0001 | 0,83 | $y = 64,9 + 0,25x$ | - |

Com a análise dos CDA da MS e MO pôde-se observar que não ocorreu diferença ($p>0,05$) entre as fontes de carboidratos. Entretanto, houve diferença entre as moagens ($p<0,01$) e interação entre as fontes de carboidratos e as diferentes moagens, ou seja, o efeito da moagem diferiu dependendo da fonte de carboidrato.

Desse modo, a moagem não interferiu no CDA da MS e MO das dietas com arroz ($p>0,05$). Para as dietas à base de milho, observou-se melhora quadrática com a redução do DGM. Desta maneira os maiores CDA da MS e MO foram obtidas com os DGM de 475 e 400 μm respectivamente. Para o sorgo, foi observado uma melhora linear no CDA destes nutrientes com a redução do DGM.

Os CDA do Amido e do ENN médios diferiram entre as fontes de carboidratos, sendo semelhantes para as dietas com milho e sorgo, e superiores para a dieta à base de arroz. Ao ser analisado o modo como a moagem se comportou em relação à cada fonte, observa-se que esta não influenciou o CDA do Amido e ENN nas rações com arroz. No entanto, para sorgo, a moagem apresentou um efeito negativo linear ($p<0,001$) no CDA destes nutrientes. Para o milho, observou-se um efeito quadrático para o CDA do ENN, com o melhor resultado obtidos com o DGM de 350 μm . Apesar dos contrastes terem demonstrado um efeito da moagem sobre o CDA do Amido das dietas com milho, não foi observada nenhuma diferença na análise de regressão ($p>0,07$).

O CDA do EEA e PB médios das dietas com arroz foi maior do que a das dietas com milho e sorgo ($p<0,01$). Para esses nutrientes, também se observou que a moagem não interferiu em suas digestibilidades nas dietas à base de arroz. Para o milho, foi observado uma regressão quadrática ($p<0,01$), com os melhores CDA obtidos com os DGM de 444 e 525 μm , respectivamente para o CDA do EEA e PB. Ao avaliar as dietas à base de sorgo nota-se que o grau de moagem apresentou regressão linear com os CDA da PB e EEA ($p<0,01$).

O CDA da FB apresentou elevado coeficiente de variação. Esse foi semelhante para as dietas com arroz e milho, sendo esses últimos inferiores aos das dietas feitas com sorgo. A moagem não teve influência no CDA da FB dos

tratamentos com arroz e milho, porém, para o sorgo observou-se que melhora quadrática, como os melhores CDA obtidos com a sorgo a moído 500 μ m. Os resultados das análises qualitativas das fezes dos cães se encontram na tabela 7 e estão ilustrados nas figuras 9, 10 e 11. Os resultados das análises de regressão entre das análises qualitativas das fezes dos cães e o DGM dos ingredientes e o índice de gelatinização das dietas encontram-se respectivamente nas Tabela 8 e 9.

Tabela 7. Teores de matéria seca (MS), pH e escore das fezes dos cães, mediante o consumo das nove dietas experimentais.

| | Fezes | | |
|---|--|------------------------|------------------------|
| | MS | pH | Escore |
| Arroz | | | |
| Fina | 43,0 | 6,4 | 3,8 |
| Média | 45,0 | 6,3 | 3,1 |
| Grossa | 40,0 | 6,5 | 3,0 |
| Média do Ingrediente¹ | 42,7^A | 6,4^A | 3,3^A |
| Milho | | | |
| Fina | 38,0 | 6,6 | 3,5 |
| Média | 39,6 | 6,2 | 3,5 |
| Grossa | 36,0 | 5,8 | 2,8 |
| Média do Ingrediente¹ | 37,9^B | 6,2^A | 3,3^A |
| Sorgo | | | |
| Fina | 38,9 | 6,7 | 3,3 |
| Média | 36,2 | 5,9 | 3,3 |
| Grossa | 35,8 | 6,0 | 2,6 |
| Média do Ingrediente¹ | 37,0^B | 6,2^A | 3,1^A |
| EP | 0,40 | 0,06 | 0,07 |
| CV | 7,5 | 7,2 | 16,2 |
| efeitos | Probabilidades de maior F na Análise de Variância | | |
| Ingrediente | 0,0001 | 0,4 | 0,3 |
| Moagem | 0,008 | 0,008 | 0,0001 |
| Interação | 0,2 | 0,06 | 0,07 |

MS =matéria seca,

EP = erro padrão da média (n=54)

CV = Coeficiente de variação.

A, B – Médias na mesma coluna sem uma letra maiúscula em comum diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Resultados validos entre as diferentes fontes de amido.

¹- Médias dos ingredientes= valor médio encontrados para as três granulometrias de um mesmo ingrediente.

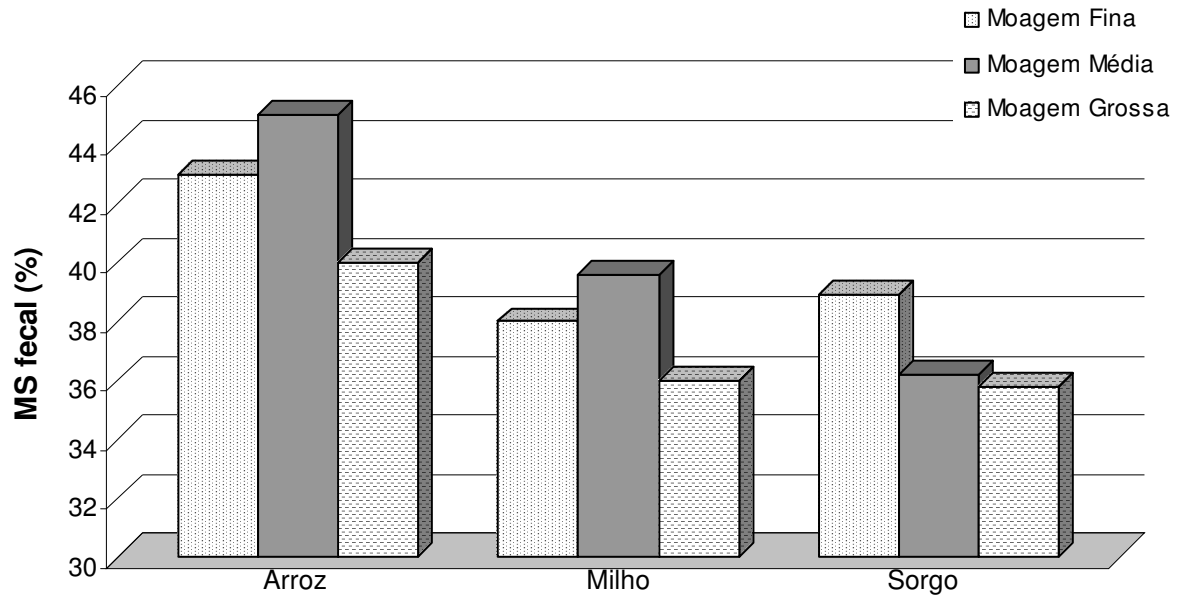


Figura 9. Representação gráfica dos valores médios de matéria seca (MS) fecal proporcionada pelo consumo das nove dietas experimentais.

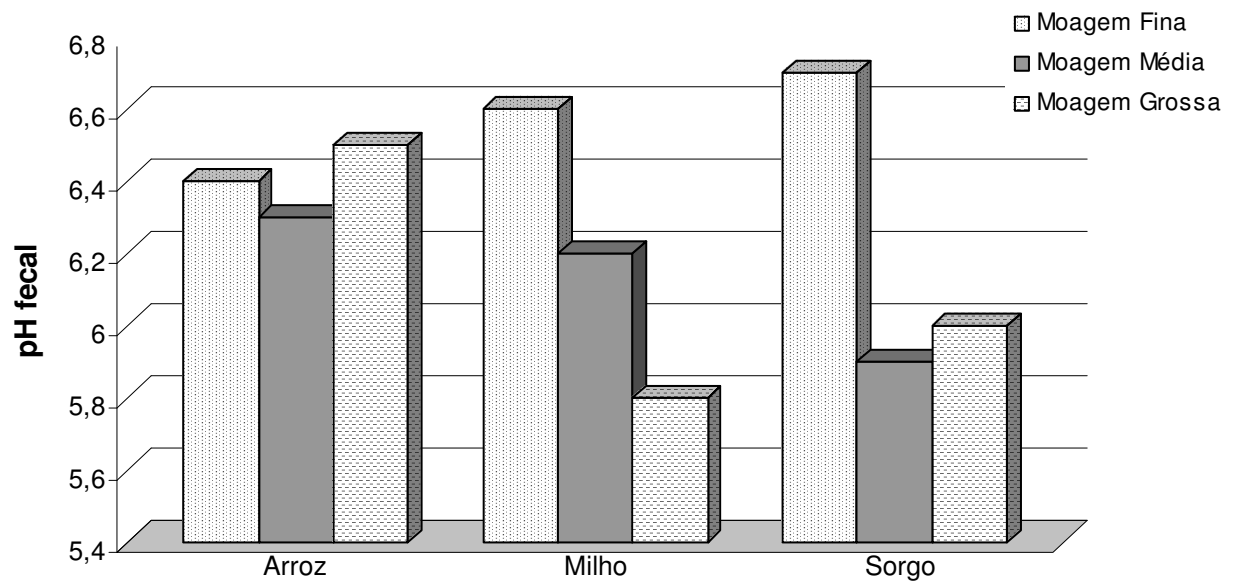


Figura 10. Representação gráfica dos valores médios do pH fecal proporcionada pelo consumo das nove dietas experimentais.

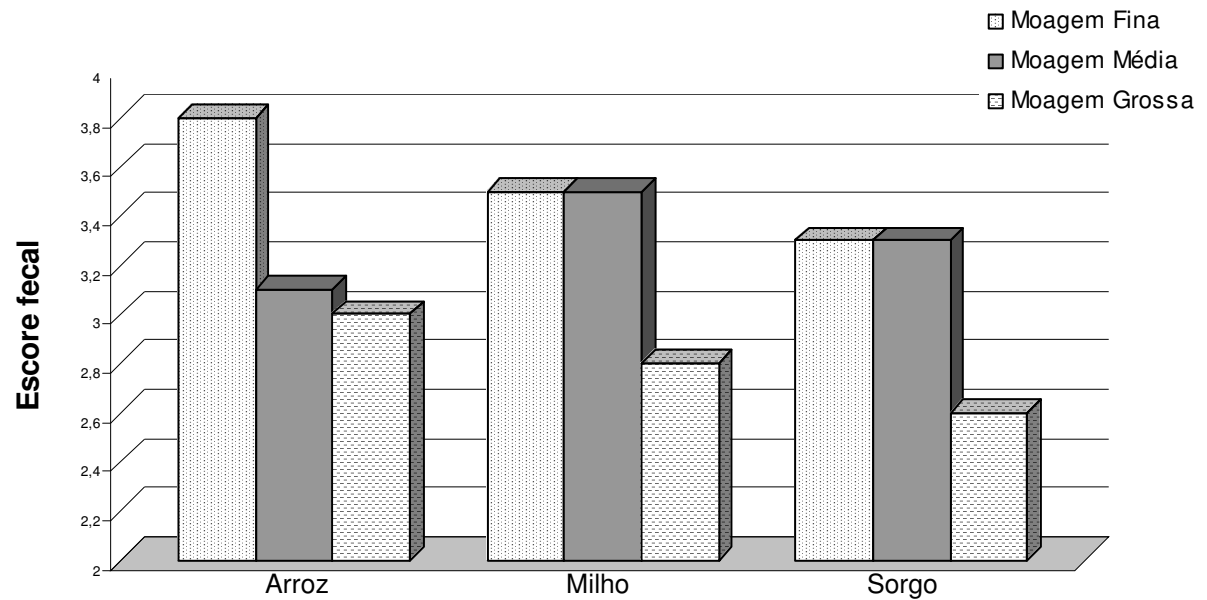


Figura 11. Representação gráfica dos valores médios do escore fecal proporcionado pelo consumo das nove dietas experimentais.

Tabela 8. Análise de regressão polinomial da matéria seca, pH e escore fecal proporcionada pela ingestão das rações experimentais em relação ao diâmetro geométrico médio (DGM) das fontes de amido.

| Arroz | | | | |
|---------------------|---------------|----------------------|---------------------------------|------------------|
| | P>F | R² | Equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,057 | - | - | |
| pH | 0,7 | - | - | |
| Escore | 0,03 | 0,41 | $y = 17,6 - 0,07x + 0,00009x^2$ | 388 |
| Milho | | | | |
| | P>F | R² | Equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,18 | - | - | |
| pH | 0,006 | 0,40 | $y = 7,7 - 0,003x$ | |
| Escore | 0,0003 | 0,62 | $y = 5,5 - 0,005x$ | |
| Sorgo | | | | |
| | P>F | R² | Equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,03 | 0,32 | $y = 55,1 - 0,07x$ | |
| pH | 0,01 | 0,47 | $y = 7,2 - 0,002x$ | |
| Escore | 0,02 | 0,33 | $y = 4,3 - 0,003x$ | |

Tabela 9. Análise de regressão polinomial da matéria seca, pH e escore fecal proporcionada pela ingestão das rações experimentais em relação ao índice de gelatinização do amido das dietas experimentais.

| Arroz | | | | |
|---------------------|---------------|----------------------|---------------------------------|------------------|
| | P>F | R² | equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,03 | 0,28 | $y = -844 + 21,1x - 0,125x^2$ | 84,6 |
| pH | 0,41 | - | - | |
| Escore | 0,005 | 0,42 | $y = -1,9 + 0,06x$ | |
| Milho | | | | |
| | P>F | R² | equação | Derivação |
| Matéria seca | | - | - | |
| pH | 0,006 | 0,40 | $y = 2,5 + 0,05x$ | |
| Escore | 0,004 | 0,61 | $y = -2,7 + 0,08x$ | |
| Sorgo | | | | |
| | P>F | R² | equação | Derivação |
| Matéria seca | 0,02 | 0,32 | $y = 27,5 + 0,13x$ | |
| pH | 0,006 | 0,47 | $y = 4,0 + 0,03x$ | |
| Escore | 0,04 | 0,34 | $y = -17,3 + 0,53x - 0,0003x^2$ | 80 |

Pôde-se observar que as fezes dos cães diante do consumo das dietas feitas com arroz tiveram maior teor de matéria seca ($p < 0,05$) do que as proporcionadas pelas dietas feitas com milho e sorgo, que não diferiram entre si ($p > 0,05$). Porém, esta maior umidade não se refletiu na análise do escore das fezes que foi semelhante entre os tratamentos ($p > 0,05$). Avaliando o efeito da moagem dentro dos ingredientes, observa-se que para o arroz, a moagem grossa proporcionou menor teor de MS ($p < 0,01$), não tendo a moagem influenciado esse aspecto nas dietas com o milho e sorgo ($p > 0,05$).

Em relação ao pH, não houve efeito do ingrediente, nem interação entre moagem e ingrediente, mas houve efeito de moagem ($p < 0,001$). Nos tratamentos com milho e sorgo, as maiores granulometrias levaram à produção de fezes com menor pH ($p < 0,05$). Quanto ao escore fecal, também não houve efeito de ingrediente, apenas de moagem ($p < 0,001$). A avaliação dos contrastes demonstra que quanto maior a granulometria, pior o escore fecal para as três fontes de amido ($p < 0,02$), sendo que para o milho e sorgo foi observada uma regressão linear e para o arroz uma regressão quadrática, sendo o pior escore obtido com o arroz moído em uma granulometria de 388 μm .

Os resultados da curva glicêmica pós-prandial dos cães estão apresentados nas Tabela 10 e ilustrados na Figura 12. Os resultados médios do incremento de glicose sanguínea pós-prandial dos cães estão apresentados na Tabela 11 e ilustrados na Figura 13. Os valores médios das áreas abaixo da curva de glicose sanguínea se encontram na Tabela 12 e estão ilustrados na Figura 14.

Tabela 10 . Concentrações médias de glicose sanguínea pós-prandial observados dos cães mediante o consumo das nove dietas experimentais.

| | | Tempo (minutos) | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | 0 | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 |
| Arroz | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fina | 68,09 | 64,78 | 68,6 | 69,18 | 69,15 | 76,77 | 79,09 | 80,59 | 78,67 | 77,88 | 79,72 | 79,87 | 81,41 |
| | Média | 68,08 | 64,04 | 66,39 | 71,5 | 65,35 | 72,72 | 73,23 | 75,86 | 77,4 | 76,67 | 74,43 | 76,42 | 77,61 |
| | Grossa | 72,65 | 73,02 | 66,28 | 71,56 | 75,48 | 77,83 | 74,67 | 78,44 | 75,73 | 77,64 | 72,25 | 73,53 | 73,98 |
| | Média do ingrediente¹ | 69,6^A | 67,3^A | 67,1^A | 70,7^A | 70,0^A | 75,8^A | 75,7^A | 78,3^A | 77,3^A | 77,4^A | 75,5^A | 76,6^A | 77,7^A |
| Milho | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fina | 68,74 | 64,84 | 67,76 | 68,89 | 73,82 | 77,38 | 69,54 | 65,76 | 69,69 | 72,03 | 71,5 | 72,84 | 75,41 |
| | Média | 68,96 | 68,12 | 66,94 | 70,49 | 72,4 | 71,71 | 75,52 | 76,1 | 73,05 | 75,42 | 79,1 | 80,01 | 72,53 |
| | Grossa | 64,08 | 66,32 | 63,68 | 68,56 | 70,87 | 74,11 | 70,44 | 70,98 | 66,07 | 73,69 | 77,2 | 71,59 | 76,88 |
| | Média do ingrediente¹ | 67,3^A | 66,4^A | 66,1^A | 69,3^A | 72,4^A | 74,4^A | 71,8^A | 70,9^B | 69,6^B | 73,7^A | 75,9^A | 74,8^A | 74,9^A |
| Sorgo | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fina | 63,16 | 62,97 | 64,75 | 67,75 | 71,89 | 70,08 | 66,69 | 72,46 | 70,93 | 71,44 | 70,26 | 68,98 | 69,75 |
| | Média | 74,25 | 68,26 | 68,85 | 67,65 | 72,83 | 76,83 | 72,67 | 72,58 | 70,97 | 71,37 | 69,84 | 72,42 | 73,88 |
| | Grossa | 69,19 | 67,48 | 67,02 | 73,39 | 73,97 | 69,62 | 76,66 | 73,35 | 71,79 | 75,84 | 73,4 | 73,42 | 79,15 |
| | Média do ingrediente¹ | 68,9^A | 66,2^A | 66,9^A | 69,6^A | 72,9^A | 72,2^A | 72,0^A | 72,8^B | 71,2^B | 72,9^A | 71,2^A | 71,6^A | 74,25^A |
| | EP | 0,95 | 1,01 | 1,30 | 1,01 | 1,05 | 1,30 | 1,04 | 1,03 | 1,01 | 1,16 | 0,91 | 1,05 | 1,04 |
| | CV | 10,2 | 10,7 | 14,0 | 10,7 | 10,9 | 12,9 | 10,0 | 10,3 | 10,2 | 11,5 | 8,9 | 10,5 | 10,3 |
| | | Probabilidades de maior F na Análise de Variância | | | | | | | | | | | | |
| | Fonte | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,4 | 0,7 | 0,3 | 0,02 | 0,02 | 0,3 | 0,11 | 0,2 | 0,3 |
| | Moagem | 0,3 | 0,2 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,9 |
| | Interação | 0,2 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,14 | 0,2 | 0,7 | 0,9 | 0,07 | 0,3 | 0,5 |

A, B – Médias na mesma coluna sem uma letra maiúscula em comum diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05)

EP = erro padrão da média,

CV= coeficiente de variação

¹ - Médias dos ingredientes= valor médio encontrados para as três granulometrias de um mesmo ingrediente.

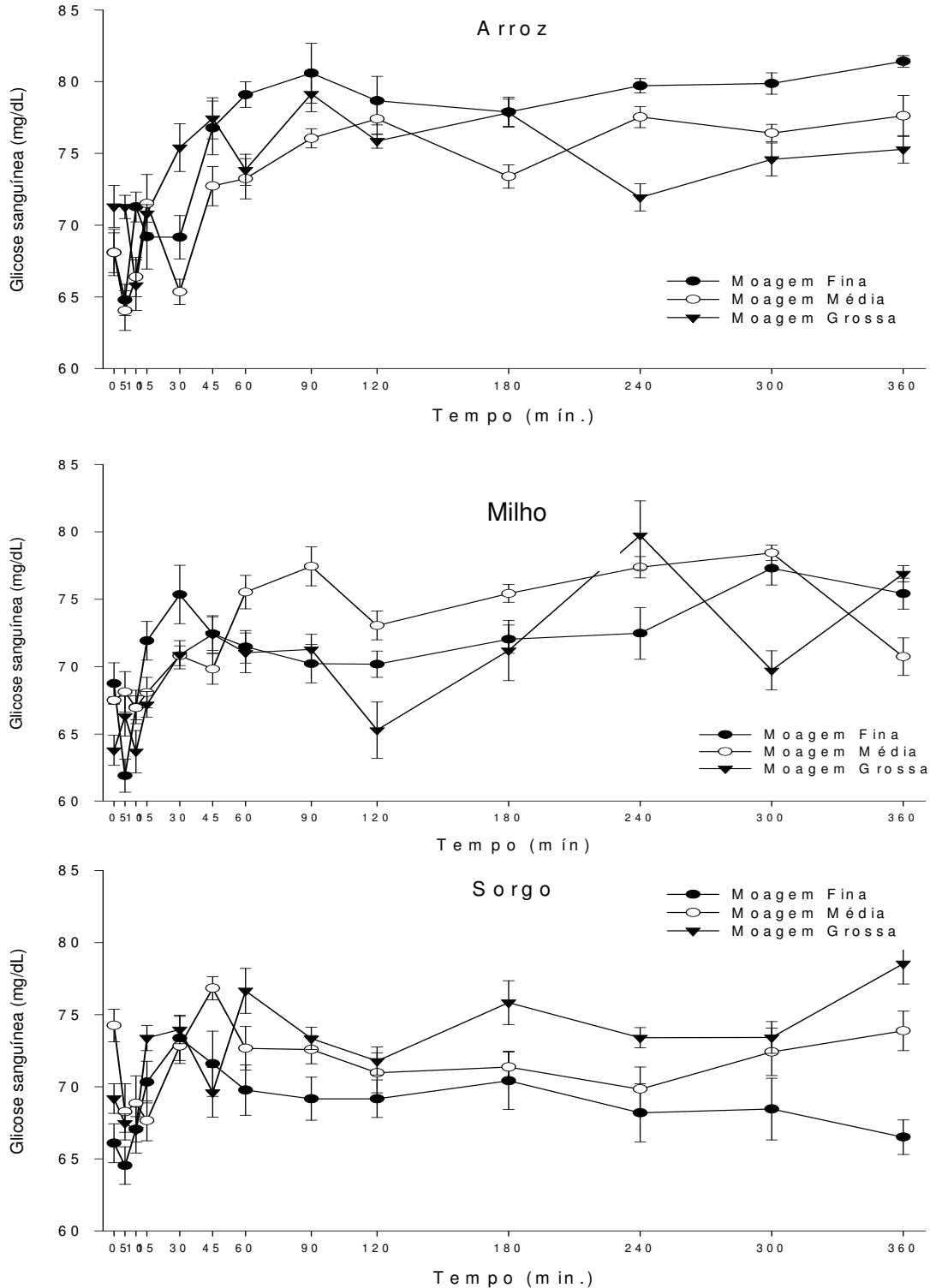


Figura 12. Representação gráfica das curvas glicêmicas pós-prandiais dos cães mediante o consumo de cada uma das dietas em estudo. Média \pm erro padrão da média.

Tabela 11. Resultados médios do incremento da glicose sanguínea pós-prandial observados nos cães mediante o consumo das nove dietas experimentais .

| | Tempo (minutos) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 |
| Arroz | | | | | | | | | | | | |
| Fina | -3,3 | 0,5 | 1,1 | 1,1 | 8,7 | 11 | 12,5 | 10,6 | 9,8 | 11,6 | 11,8 | 13,3 |
| Média | -4 | -1,7 | 3,4 | -2,7 | 4,6 | 5,1 | 7,8 | 9,3 | 8,6 | 6,3 | 8,3 | 9,5 |
| Grossa | 0,4 | -6,4 | -1,1 | 2,8 | 5,2 | 2 | 5,8 | 3,1 | 5 | -0,4 | 0,9 | 1,3 |
| Média do ingrediente¹ | -2,3^A | -2,5^A | 1,1^A | 0,4^A | 6,2^A | 6,0^A | 8,7^A | 7,7^A | 7,8^A | 5,8^A | 7,0^A | 8,0^A |
| Milho | | | | | | | | | | | | |
| Fina | -3,9 | -1 | 0,1 | 5,1 | 8,6 | -2,1 | -3 | 0,9 | 3,3 | 2,8 | 4,1 | 6,7 |
| Média | -0,8 | -2 | 1,5 | 3,4 | 2,8 | 6,6 | 7,1 | -8,1 | 6,5 | 10,1 | -2,3 | 3,6 |
| Grossa | 2,2 | -2,8 | 4,5 | 6,8 | 10 | 6,4 | 6,9 | 2 | 9,6 | 12,7 | 7,5 | 12,8 |
| Média do ingrediente¹ | -0,8^A | -1,9^A | 2,0^A | 5,1^A | 7,1^A | 3,6^A | 3,7^B | -1,7^A | 6,5^A | 8,5^A | 3,1^A | 7,7^A |
| Sorgo | | | | | | | | | | | | |
| Fina | -1,7 | 0 | 4,6 | 8,7 | 6,9 | 3,5 | 9,3 | 7,8 | 6,7 | 5,5 | 5,8 | 6,6 |
| Média | -6,3 | -5,4 | -6,6 | -1,4 | 2,6 | -1,6 | -1,7 | -3,3 | -2,9 | -4,4 | -2,2 | -0,4 |
| Grossa | -1,7 | -2,2 | 4,2 | 4,8 | 0,4 | 7,5 | 4,2 | 2,6 | 6,6 | 4,2 | 4,2 | 5,9 |
| Média do ingrediente¹ | -3,2^A | -2,5^A | 0,7^A | 3,9^A | 3,3^A | 3,1^A | 3,9^A | 2,4^A | 3,5^A | 1,8^A | 2,6^A | 4,0^A |
| EP | 0,92 | 1,18 | 0,92 | 1,07 | 1,24 | 1,09 | 1,07 | 1,76 | 1,50 | 1,30 | 1,76 | 1,35 |
| CV | -315 | -362 | 539 | 265 | 174 | 184 | 147 | 537 | 191 | 180 | 322 | 156 |
| Probabilidades de maior F na Análise de Variância | | | | | | | | | | | | |
| Fonte | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,4 |
| Moagem | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,3 | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,4 |
| Interação | 0,6 | 0,8 | 0,052 | 0,7 | 0,8 | 0,008 | 0,02 | 0,7 | 0,5 | 0,005 | 0,4 | 0,3 |

A, B – Médias na mesma coluna sem uma letra maiúscula em comum diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

EP = erro padrão do tratamento,

CV= coeficiente de variação

¹- Médias do ingredientes= valor médio encontrados para as três granulometrias de um mesmo ingrediente.

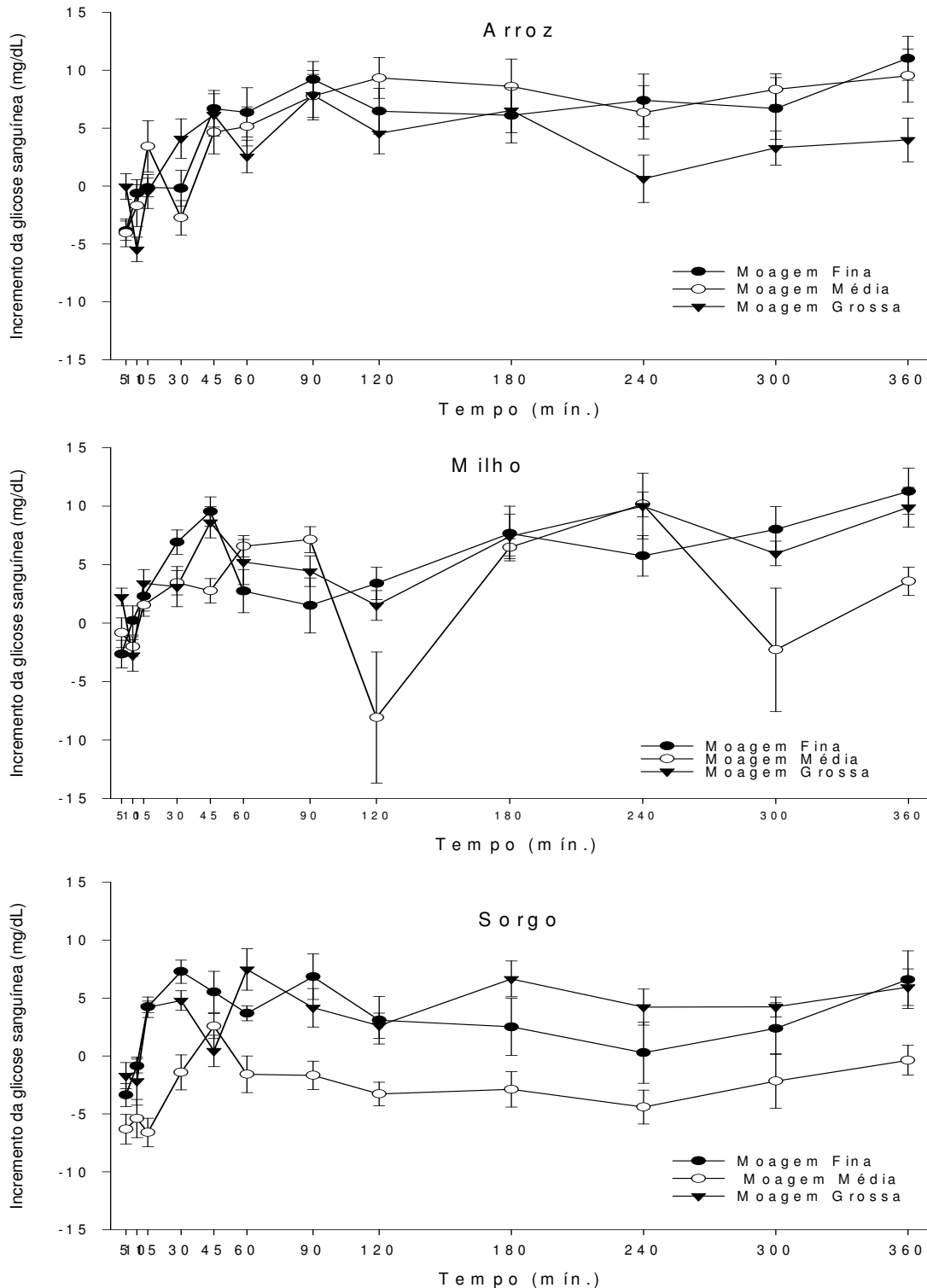


Figura 13. Representação gráfica das curvas do incremento de glicose pós-prandiais dos cães mediante o consumo de cada uma das dietas em estudo. Média \pm erro padrão da média.

Tabela 12. Áreas abaixo da curva (AAC) da glicose sanguínea compreendidas em diferentes intervalos de tempo após o consumo das dietas experimentais.

| | AAC (mg/dL/min.) | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 0-30 min. | 0-60 min. | 30-360 min. | 60-360 min. | 0-360min. |
| Arroz | | | | | |
| Fina | 2047 | 4310 | 26098 | 23835 | 28145 |
| Média | 2027 | 4157 | 24967 | 22837 | 26994 |
| Grossa | 2159 | 4453 | 24799 | 22506 | 26994 |
| Média do ingrediente¹ | 2078^A | 4307^A | 25288^A | 23059^A | 27378^A |
| Milho | | | | | |
| fina | 2077 | 4312 | 23630 | 21395 | 25707 |
| média | 2095 | 4280 | 25058 | 22873 | 27154 |
| grossa | 2028 | 4200 | 24441 | 22270 | 26469 |
| Média do ingrediente¹ | 2067^A | 4264^A | 24376^{AB} | 22179^{AB} | 26443^{AB} |
| Sorgo | | | | | |
| Fina | 2005 | 4096 | 23052 | 20962 | 25057 |
| Média | 2095 | 4339 | 23675 | 21431 | 25770 |
| Grossa | 2134 | 4308 | 24368 | 22194 | 26502 |
| Média do ingrediente¹ | 2078^A | 4248^A | 23698^B | 21529^B | 25776^B |
| EP | 24 | 50 | 201 | 191 | 211 |
| CV | 8,7 | 8,7 | 6,0 | 6,3 | 5,9 |
| Probabilidades de maior F na Análise de Variância | | | | | |
| Fonte | 0,9 | 0,9 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Moagem | 0,7 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Interação | 0,7 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |

A, B – Médias na mesma coluna sem uma letra maiúscula em comum diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

EP = erro padrão do tratamento das médias ($n=54$),

CV= coeficiente de variação do tratamento

¹- Médias dos ingredientes= valor médio encontrados para as três granulometrias de um mesmo ingrediente.

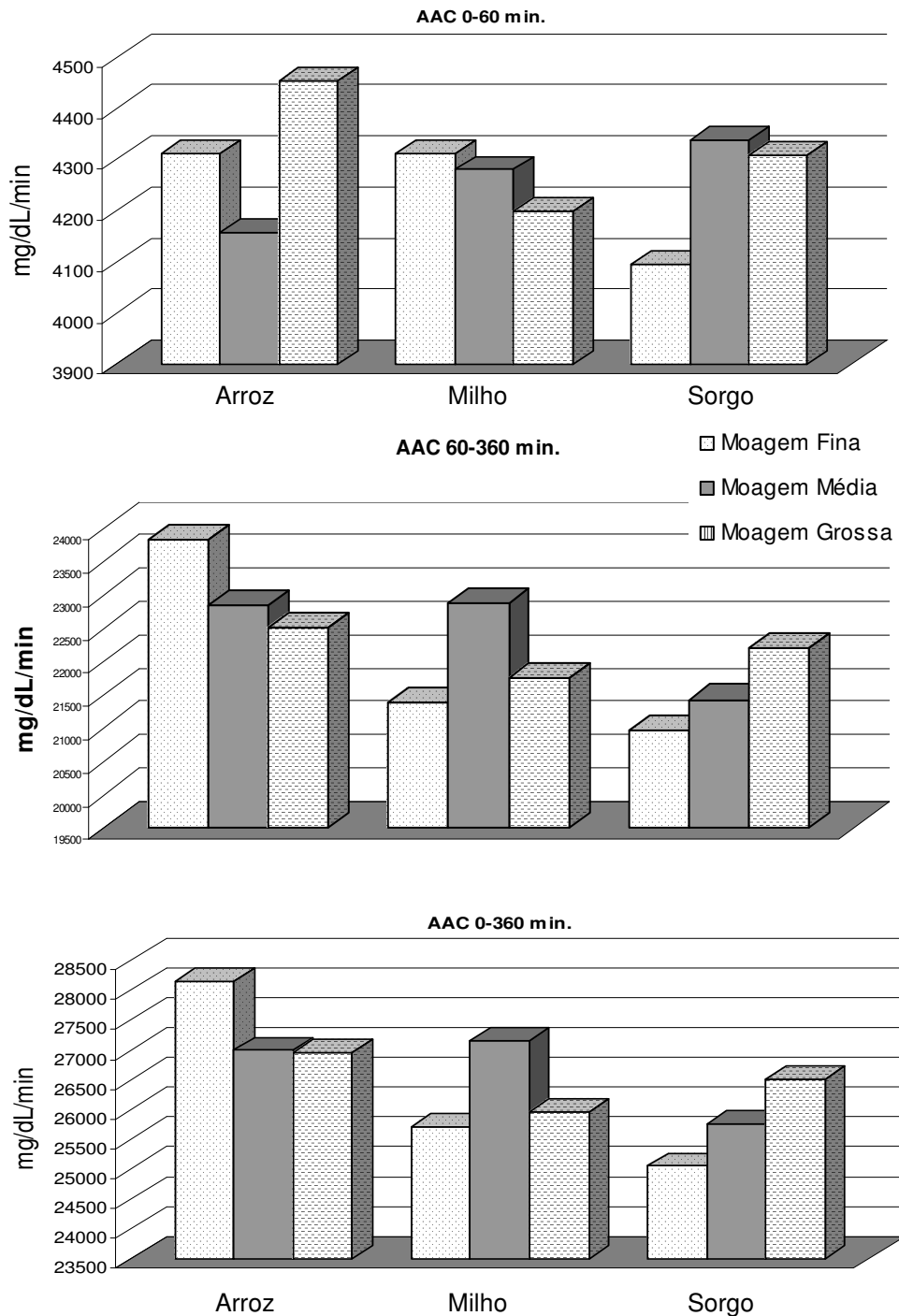


Figura 14. Representação gráfica das Áreas abaixo das curvas (AAC) de glicose pós-prandiais dos cães mediante o consumo de cada uma das dietas em estudo.

A avaliação estatística das respostas glicêmicas não demonstrou influência da moagem nos ingredientes avaliados ($p > 0,05$), foram verificadas diferenças apenas entre os ingredientes. As glicemias médias proporcionada pela dieta com arroz foram maiores nos tempos 90 e 120 minutos do que as verificadas para o milho e sorgo. ($p < 0,02$). Isto pode ser mais bem percebido pela avaliação das AAC. As dietas formuladas com arroz levaram, em média, a maiores AAC 0-360 mim do que as com sorgo ($p < 0,02$), enquanto as dietas à base de milho apresentaram resultados intermediários.

O incremento da glicemia demonstrou elevado coeficiente de variação de forma que a interpretação estatística revelou-se não conclusiva e não colaborou para a interpretação dos resultados.

5. DISCUSSÃO

Apesar de amplamente estabelecido que o processamento do amido, incluindo moagem e gelatinização do amido, é fundamental ao aproveitamento deste nutriente (FADEL et al., 1988; OWSLEY et al., 1981), não foram localizados, na literatura, artigos científicos que tenham estudado a influência da redução de partículas sobre a digestibilidade de alimentos extrusados para cães. O processamento da dieta é um fator importante a ser considerado na interpretação dos dados experimentais, visto que os resultados dos CDA dos nutrientes diferentes experimentos com diferentes fontes de amido são controversos.

No presente estudo não foi observado efeito do ingrediente sobre os CDA da MS, MO e EB, o que diferi dos resultados obtidos por TWOMEY et al. (2002), TAKAKURA (2003), TWOMEY et al. (2003) e SILVA JÚNIOR et al. (2005) estudando dietas extrusadas à base de milho, sorgo ou arroz.. Enquanto TAKAKURA (2003) e SILVA JÚNIOR et al. (2005) demonstraram maiores CDA da matéria seca, matéria orgânica e energia bruta para a deita à base de quirera de arroz, tendo apresentado as formuladas com milho e sorgo valores semelhantes, TWOMEY et al. (2003) encontraram CDA da matéria seca semelhantes para arroz e sorgo, sendo esses maiores que o da dieta com milho. Em estudo anterior, TWOMEY et al (2002) demonstraram menor CDA da energia para a deita com sorgo, valor intermediário para o milho e maior para a ração com arroz. Em relação ao CDA da proteína bruta, os resultados dos estudos foram semelhantes aos quatro experimentos supracitados, com as dietas com quirera de arroz proporcionando coeficiente superior ao das demais. Em relação ao CDA do extrato etéreo, o presente estudo corrobora os achados de TAKAKURA (2003) sendo os valores semelhantes para as três dietas e diferem dos encontrados por TWOMEY et al. (2002) e TWOMEY et al. (2003), no qual os CDA foi superior para o arroz.

Em relação ao CDA do amido das dietas, os resultados também diferiram entre os estudos. No presente estudo, as dietas com quirera de arroz

proporcionaram maior CDA. Segundo SVIHUS et al. (2005), em revisão sobre o valor nutricional dos cereais, a possível causa da maior digestibilidade do amido do arroz é devido ao menor tamanho do seu grânulo de amido em relação aos grânulos do milho e sorgo, o que proporciona maior área para a ação das enzimas digestivas. Por outro lado, TAKAKURA (2003) encontrou valores próximos a 99%, sem diferença entre os tratamentos. Os resultados de TWOMEY et al. (2003) também indicam valores próximos a 100%, sem diferença entre os tratamentos. Segundo os autores, esses resultados se deram devido ao processo de extrusão, que provavelmente proporcionou gelatinização do amido e o tornou completamente digestível. Entretanto, o índice de gelatinização do amido não é apresentado pelos autores.

Parte das diferenças entre os experimentos pode ser decorrente do processamento empregado na fabricação das dietas experimentais. A moagem dos ingredientes e o índice de gelatinização do amido das dietas são pontos importantes a serem avaliados, pois pôde-se observar no presente estudo que ocorreu efeito de moagem nos CDA de todos os nutrientes avaliados, com exceção da fibra bruta. OWSLEY et al. (1981) já haviam verificado o efeito da redução da granulometria para suínos ao estudarem o efeito do tamanho das partículas de sorgo na digestibilidade dos nutrientes, demonstrando uma relação inversa entre o tamanho da partícula e a digestibilidade da matéria seca, amido, energia, proteína e aminoácidos.

No entanto, a moagem respondeu de forma diferente para os ingredientes, o que pode ser verificado pela presença de interação entre moagem e ingrediente. Os contrastes não resultaram significativos para as três granulometrias do arroz, com exceção da energia, mas foram estatisticamente positivos para o milho e sorgo. Para o milho o aumento do DGM resultou em redução quadrática ($p < 0,01$) do CDA dos nutrientes (Tabela 6). As dietas com sorgo, por sua vez, tiveram redução linear ($p < 0,0001$) do CDA dos nutrientes em função do aumento do DGM. Adicionalmente, diferenças entre ingredientes em suas resposta à moagem foram verificados por HEALY et al. (1994), que obtiveram maiores ganhos de peso de suínos alimentados

com o milho moído a 700µm e sorgo a 500µm. Desta maneira, as diferenças nas respostas entre pode ser devido a diferenças na estrutura morfológica dos grãos de arroz, sorgo e milho e da distribuição e o tipo de proteína da matriz protéica que recobre seus grânulos de amido. Essas diferenças proporcionam um endosperma mais denso para o sorgo (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986), que parece ser mais dependente da redução do tamanho de suas partículas, para que venha a apresentar maior acessibilidade às enzimas digestivas no trato digestório de cães.

Outro ponto importante observado no presente estudo é a influência do índice de gelatinização do amido, nas respostas digestivas. Como pode ser visto na Tabela 7, ocorreu efeito quadrático do aumento da gelatinização para o milho e linear para o sorgo, resultando em aumento no CDA dos nutrientes ($p < 0,01$). Em gatos, KIENZLE (1993) observou que o CDA do amido de uma dieta contendo milho cru grossamente moído foi de 72%. Quando o milho foi cozido ou finamente moído, o CDA do amido passou a ser de 100%. Dessa maneira, tanto a granulometria como o cozimento, ou gelatinização, influenciam a suscetibilidade do grânulo de amido à ação enzimática intestinal. Apesar de a gelatinização promover aumento nos CDA, essa resposta é também dependente do ingrediente. WOLTER et al. (1998) compararam em cães a digestibilidade ileal de dois carboidratos em suas formas crua ou gelatinizada. Eles verificaram que o processo de gelatinização não demonstrou efeito significativo sobre a digestibilidade ileal do amido de trigo, com 99,4% de digestibilidade para sua foram crua e 98,0% para o gelatinizado. Já o amido de mandioca cru apresentou digestibilidade de 57,6%, enquanto o gelatinizado de 97,4%.

Em um estudo com suínos, FADEL et al. (1988) observaram que o processo de extrusão aumentou o coeficiente de digestibilidade ileal da matéria seca, energia e amido da cevada. Entretanto, quando foram observados os CDA total, esses aumentos não foram notados. Dessa forma, é possível que outras diferenças em relação ao efeito do DGM e gelatinização do amido sobre o comportamento digestivo do milho, sorgo e quirera de arroz possam ser demonstradas em protocolos que separem a digestibilidade ileal da total em cães.

De qualquer forma, considerando-se que na presente pesquisa as condições de processamento da extrusora foram semelhantes entre os tratamentos, o DGM foi, possivelmente, ao lado do próprio ingrediente, o principal fator responsável pelas diferenças na gelatinização e na digestibilidade das dietas, o que é importante do ponto de vista da produção comercial de rações extrusadas para cães. A moagem apresenta, assim, um aspecto crucial na produção de alimentos para animais, influenciando tanto a eficiência do processo de produção e como a qualidade nutricional do alimento.

Outro fator que pode influenciar o aproveitamento de um ingrediente amiláceo e sua influencia na digestibilidade da dieta é seu teor de fibra e que podem ter influencia na comparação dos estudos. BURROWS et al. (1982) verificaram redução linear na digestibilidade da matéria seca da ração ao adicionarem celulose em rações completas para cães. Posteriormente, diversos outros autores também verificaram efeito negativo no CDA dos nutrientes das rações ao adicionarem ingredientes com níveis elevados de fibra (FAHEY et al., 1992; SUNVOLD et al., 1995; MUIR et al., 1996). Em estudo sobre a digestibilidade de ingredientes amiláceos em rações extrusadas para gatos, OLIVEIRA (2005) observou relação inversa entre a digestibilidade e a quantidade de FDT, as dietas com menores quantidades deste nutriente (arroz, milho e mandioca) foram as que obtiveram os maiores CDA.

Trabalhando com farinhas, MURRAY et al. (1999) observaram maior CDA da matéria seca e amido para o tratamento com farinha de arroz, em relação à farinha de sorgo. Farinhas, no entanto, são constituídas basicamente por amido e proteína, ao passo que a constituição dos grãos moídos incluem o pericarpo, o germe e a aleurona, que conferem lípidos, fibras e cinzas (HOSENEY, 1994), tornando, as vezes, difícil a extrapolação dos resultados para situações práticas.

Para evitar a influencia da fibra do ingrediente, no presente estudo, as dietas receberam celulose de modo a equalizar o teor de FDT dos tratamentos e confeccionar rações isonutrientes. TWOMEY et al. (2003) e TAKAKURA

(2003) não empregaram dietas isonutrientes, de forma que as diferenças nos teores de fibra podem ter influenciado nos resultados. Por outro lado, a adição de celulose às dietas do presente estudo (Tabela 2), não pode ser desconsiderada, podendo ter alguma influencia nos CDA obtidos para a fibra bruta, matéria seca e matéria orgânica.

A avaliação da qualidade das fezes produzidas é um ponto importante na avaliação dos alimentos para cães. Nesse aspecto as dietas com arroz proporcionaram a produção de fezes com menos água ($p < 0,001$), o que corrobora com os resultados de BELAY et al. (1997), MURRAY et al. (1999) e TWOMEY et al. (2003). Entretanto, isto não se refletiu no escore fecal, que foi semelhante entre os ingredientes ($p = 0,3$), concordando com os resultados encontrados por TAKAKURA (2003). A moagem influenciou, por outro lado, na matéria seca, escore e pH fecais ($p < 0,008$), como pode ser visto na Tabela 8, mas seu efeito diferiu em função do ingrediente. De maneira geral, o DGM e o índice de gelatinização apresentaram efeito linear sobre o pH e o escore fecal para as dietas com milho e sorgo, além de efeito linear sobre a matéria seca fecal nas dietas com sorgo. Para o arroz, este efeito foi menos importante. O aumento da granulometria e a diminuição do índice de gelatinização resultaram, de maneira geral, em menor matéria seca, menor pH e pior escore.

Segundo CUMMINGS & ENGLYST (1995), apesar de o amido ser quase totalmente digerido no intestino delgado, uma parte pode escapar da digestão enzimática, sendo fermentado no intestino grosso. Essa fermentação levará à produção de ácidos graxos voláteis e ácido láctico, com redução do pH fecal e aumento da pressão osmótica no lúmen (CAMPBELL & FAHEY, 1997; FAO, 1998; KIENZLE et al., 2001), explicando o porquê as dietas com maior DGM das dietas com milho e sorgo terem apresentado menor pH.

Considera-se que o principal nutriente que determina a onda pós-prandial de glicose é o amido (WOLEVER & BOLOGNESI, 1996). Estudos em humanos estabeleceram que tanto a quantidade como a fonte de amido determinam a curva pós-prandial de glicose e insulina (JENKINS et al., 1981; WOLEVER & BOLOGNESI, 1996).

Quanto mais rápida e completa a digestão e absorção dos carboidratos de um alimento, maior será a onda pós-prandial imediata produzida (HOLSTE et al., 1989). O processamento do ingrediente é, também, fator importante em relação às respostas metabólicas produzidas em seres humanos, reduções da granulometria (HEATON et al., 1988) e cozimento (BRAND et al., 1985) elevam o incremento pós-prandial de glicose desencadeado pelos ingredientes. Por fim, a composição da dieta, incluindo teores de fibra, gordura e proteína, também podem interferir nas respostas pós-prandiais aos carboidratos (NGUYEN et al., 1998).

Foram localizados poucos estudos que avaliaram as respostas de glicose de cães em função da dieta. O primeiro estudo localizado foi o de HOLSTE, et al. (1989), que compararam dietas secas, semi-úmidas e enlatadas para cães. NGUYEN et al. (1994) e NGUYEN et al. (1998) também avaliaram dietas comerciais, estabelecendo a importância dos nutrientes nas respostas pós-prandiais dos cães. Em experimento publicado no Brasil, SILVEIRA et al. (2004) estudaram a resposta pós-prandial desencadeada por amidos de trigo ou mandioca, crus ou gelatinizados. As diferenças de composição química e biodisponibilidade entre amidos e grãos tornam difícil a extrapolação destes resultados como os encontrados no presente estudo.

Estudos que mediram a resposta de glicose em função de diferentes ingredientes usuais são ainda mais escassos. Em seu estudo sobre fontes de amido para cães, BOUCHARD & SUNVOLD (1999) avaliaram em rações extrusadas os grãos de milho, sorgo, trigo, cevada, arroz e sorgo. Seus resultados indicam maior AAC de glicose e insulina para o arroz, menor AAC de glicose para o sorgo e menor AAC de insulina para a cevada, apresentado às demais fontes valores intermediários. Adicionalmente, TAKAKURA (2003) demonstrou diferenças no comportamento glicêmico e insulínico pós-prandial dos cães mediante o consumo de dietas extrusadas isonutrientes. Os picos glicêmico e insulínico ocorreram mais cedo para a dieta com quireira de arroz, farinha de mandioca e milho. As dietas com sorgo, lentilha e ervilha proporcionaram a manutenção de maiores concentrações glicêmicas por mais tempo, demonstrada pela maior AAC de 30 a 300 min de glicose destes tratamentos e pela maior glicemia destas três dietas aos 300 minutos.

Nesta pesquisa não foram encontradas diferenças expressivas nas respostas glicêmicas dos cães mediante o consumo das dietas experimentais. A elevação inicial da glicemia desencadeada pelo milho e quirera de arroz, verificada por TAKAKURA (2003) também não foram observadas. Apenas nos tempos 90 e 120 min houve maior glicemia média para as dietas com quirera de arroz ($p < 0,02$), como pode ser visto na Tabela 11. Esta elevação resultou em maior AAC total para os tratamentos com arroz ($p < 0,03$), o que confirma os achados de BOUCHARD & SUNVOLD (1999) e discorda dos de TAKAKURA (2003).

A interpretação das respostas glicêmicas depende de ser considerada a avaliação integrada da dieta, incluindo os fatores intrínsecos ao amido como velocidade de digestão e relação amilose: amilopectina, como extrínsecos ao amido como a quantidade ingerida, seu processamento e a composição da dieta (WOLEVER & BOLOGNESI, 1996; HEATON et al., 1988; BRAND et al., 1985; NGUYEN et al., 1998).

Quanto à composição da dieta, neste estudo, foram utilizadas rações isonutrientes, conseguidas por meio da análise química prévia dos ingredientes, para posterior formulação. Variações no teor de extrato etéreo podem ser importantes, na medida em que influenciam a velocidade de esvaziamento gástrico (GULLIFORD, et al., 1989). Com relação à proteína bruta, o experimento sobre a influência da composição da ração sobre a resposta glicêmica de cães sugeriu que a variação deste nutriente não influenciou significativamente as respostas glicêmicas verificadas (NGUYEN, et al., 1998). Nesse sentido, WOLEVER & BOLOGNESI (1996) já haviam discutido que, em dietas práticas, proteína e gordura aparentemente apresentariam um efeito negligenciável, a despeito de trabalhos, em condições experimentais, terem demonstrado o contrário.

Aspecto importante, que diferencia o presente experimento dos estudos conduzidos por BOUCHARD & SUNVOLD (1999) e TAKAKURA (2003), é o fato das dietas terem a mesma quantidade de FDT. A fibra tem influência direta sobre o índice glicêmico dos carboidratos (WOLEVER et al., 1994). Trabalhando com cães diabéticos, NELSON et al. (1991), KIMMEL et al. (2000) e GRAHAM et al. (2002) demonstraram menor glicemia de 24 horas, menor flutuação glicêmica pós-prandial, e menores AAC

de glicose, glicemia máxima e glicemia média, respectivamente, em cães diabéticos alimentados com ração com alta fibra. Estudos, nesse sentido, com cães saudáveis não foram localizados.

No estudo de TAKAKURA (2003), a dieta com quirera de arroz, que proporcionou maior pico glicêmico, foi a que apresentou também menor FDT. Esse aspecto, no entanto, ainda é polêmico na medida em que não se conhece quanto de fibra é necessário para que esta efetivamente reduza a resposta pós-prandial de glicose. A atenuação da resposta glicêmica verificada por NELSON, et al. (1991) e KIMMEL et al. (2000) foi conseguida por dieta com 70 g ou mais de FDT por 1000kcal de energia metabolizável, uma concentração elevada de fibra. As dietas à base de milho, sorgo e arroz empregadas por TAKAKURA (2003) apresentaram, respectivamente, 9,4%, 14,1% e 4% de FDT. No presente estudo o FDT dos diferentes tratamentos ficou ao redor de 6,5%, conseguidos com a adição de celulose às dietas. De qualquer forma, acredita-se que a padronização da fibra entre os tratamentos seja fator responsável pela menor diferença verificada na glicemia e, principalmente, pela diminuição da resposta inicial de glicose verificada para a quirera de arroz e para o milho.

As respostas insulínicas e glicêmicas verificadas refletem, em última instância, na velocidade com que o amido das fontes foi digerido e absorvido, na forma de glicose, no intestino delgado dos cães. Neste experimento, apesar das diferenças nos CDA do amido verificados em função das diferentes moagens ($p < 0,0001$), isso não refletiu nas curvas glicêmicas pós-prandiais ($p > 0,5$) ou nas áreas abaixo da curva ($p < 0,7$). Esse é um fato interessante, pois não é possível comprovar, dentro da granulometria e índice de gelatinização obtidos, a influência sobre a resposta pós-prandial de glicose. Assim, a diminuição de aproximadamente dois pontos percentuais no CDA do amido do milho e sorgo com maiores DGM não resultaram em alterações apreciáveis, destacando a importância de fatores intrínsecos ao amido, já que a única diferença foi de fonte.

Segundo NELSON, 1991, os mecanismos pelos quais as dietas com carboidratos complexos podem influenciar a onda pós-prandial glicêmica incluem o

prolongamento do tempo de esvaziamento gástrico e do trânsito intestinal, a diminuição da velocidade de hidrólise do amido e o retardo no processo de absorção da glicose. Por outro lado, SMEETS-PETTERS et al (1998), em revisão de literatura sobre a fisiologia do trato digestivo de cães, encontraram que o tempo de esvaziamento gástrico pode variar de 30 a 600 minutos e depende de diversos fatores como, energia do alimento, volume ingerido, viscosidade da digesta, teor de fibra entre outros. Portanto, estes fatores também podem ter influenciado a diferença do presente estudo com os de BOUCHARD & SUNVOLD (1999) e TAKAKURA (2003), devido a dietas destes experimentos terem variando os valores nutricionais.

NGUYEN et al. (1998) discute que o processo de extrusão utilizado em rações comerciais pode ser fator determinante na taxa de digestão do amido e sua subsequente resposta glicêmica. Essas abordagens, no entanto, não envolveram a quantificação da gelatinização do amido. Aqui neste estudo, variações no índice de gelatinização de 90,6% a 76,8% para as dietas com arroz, 79,9 a 63,2% para as com milho e de 86,7% a 62,4% para as com sorgo não resultaram em alteração da resposta glicêmica, o que indica a necessidade de se determinar quais seriam os graus adequados de gelatinização em função das respostas metabólicas de cães.

Por fim, a quantidade de amido ingerido no momento da avaliação da resposta pós-prandial é, provavelmente, um aspecto fundamental na interpretação de resultados. Tanto é que, em humanos, a dose padronizada de amido ou carboidrato ingerido é de 50 gramas por indivíduo. Essa padronização reduz a variabilidade entre experimentos (FAO, 1998). Para humanos, WOLEVER & BOLOGNESI (1996) determinaram que a quantidade de amido ingerido corresponde a 46% a 64% da variação da glicemia, sendo por vezes mais importante que o tipo de carboidrato. Para cães, a ingestão de amido, seja em função do peso vivo ou peso metabólico, tem sido imprecisamente descrita nos modelos experimentais. Considerando que NGUYEN et al. (1998) encontrou relação linear entre ingestão de amido e AAC de glicose, pode-se avaliar de fundamental importância a descrição correta da ingestão experimental de amido

e mesmo a necessidade de se padronizá-la, tornando, dessa forma, mais comparáveis os diferentes resultados experimentais.

Neste experimento, a ingestão de amido partiu do oferecimento de 70 kcal de energia metabolizável por kg de peso metabólico dos cães, ou seja, próxima à taxa metabólica basal. NGUYEN et al. (1998), BOUCHARD & SUNVOLD (1999) e TAKAKURA (2003) forneceram maior quantidade de alimentos, geralmente próxima à necessidade de manutenção dos animais. Assim, tanto diferenças no teor de amido como no fornecimento de alimentos, contribuíram para que a dose de amido variasse entre os experimentos, provavelmente como grande influência nas respostas verificadas.

6. CONCLUSÕES

Diante do exposto, conclui-se que a moagem apresenta influência direta no aproveitamento dos nutrientes amiláceos. Esse efeito, no entanto, é dependente do ingrediente utilizado pois a redução de partículas não resultou aumento de digestibilidade dos nutrientes nas dietas com arroz, enquanto para o sorgo a digestibilidade foi maior quanto menor a granulometria. Da mesma forma os parâmetros fecais não foram alterados pela granulometria do arroz, mas foram influenciadas pela granulometria do milho e sorgo. A redução do diâmetro geométrico dos ingredientes favoreceu, também, melhor gelatinização do amido durante a extrusão. A influência do índice de gelatinização sobre a digestibilidade dos ingredientes foi semelhante à verificada com a redução do tamanho das partículas. Em relação às respostas pós-prandiais de glicose, observou-se que, em dietas isonutrientes e mediante ingestão moderada e idêntica de amido, as dietas à base de arroz proporcionaram maior área abaixo da curva de glicose. Não foi verificada influência da moagem nas respostas glicêmicas dos cães. Verifica-se, por fim, a importância de padronizar a ingestão de amido pelos animais e a composição da dieta na avaliação das respostas metabólicas de diferentes fontes de carboidratos para cães.

7. REFÊRENCIAS

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **Official publication 2004**. Association of American Feed Control Officials, 2004.

ABECASSIS, J. et al. Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature and pressure in the extruder and on pasta quality. **Cereal Chemistry**, v. 71, n. 3, p. 247-253, 1994.

ANDREASI, F. **Estudos de métodos indiretos (óxido crômico e lignina) para a determinação da digestibilidade aparente no cão**. 1956. 60 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1956.

ANNISOM, G.; TOPPING, D.L. Nutritional role of resistant starch: chemical structure vs. physiological function. **Annual Review of Nutrition**, v. 14, p. 297-320, 1994.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official and tentative methods of analysis. 16. ed. Arlington, **AOAC International**, 1995.

ALLES, G. Particle reduction technology. In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. **Petfood technology**. Illinois: Mt. Morris, 2003, p. 327-335.

APPLETON, D.J. et al. Dietary carbohydrate source affects glucose concentrations, insulin secretion, and food intake in overweight cats. **Nutrition Research**., v. 24, p. 447-467, 2004.

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

BASTOS, A.O. et al. Composição Química, Digestibilidade dos Nutrientes e da Energia de Diferentes Milhetos (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) em Suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 520-528, 2005

BAZOLLI, R. S. Processamento industrial e aproveitamento de ingredientes amiláceos para cães. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE CÃES E GATOS, 5, 2005, Campinas. **Anais...**, Campinas:SP, 2005, p.125-132.

BEHALL, K. M. et al. Effect of starch structure on glucose and insulin responses in adults. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 47, p. 428-432, 1988.

BEHALL, K. M. et al. Diets containing high amylose vs. amylopectin starch: Effect on metabolic variables in human subjects. **American Journal of Clinical Nutrition.**, v. 49, p. 337-344,1989.

BELLAVER, C.; NONES, K. A Importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 4, 2000, Goiânia. **Anais...**, 2000, p. 59-78.

BELAY, T. et al. Evaluation of nutrient digestibility and stool quality of rice (*Oryza sativa*) based canine diets. **Veterinary Clinical Nutrition**, v. 4, n. 4, p. 122-129, 1997.

BOUCHARD, G. F.; SUNVOLD, G. D. Improving canine glycemic response to a meal with dietary starch. In: THE NORTH AMERICAN VETERINARY CONFERENCE, 1999, ORLANDO. **Proceedings Recent advances in clinical management of diabetes mellitus**, Orlando: The lams company press, 1999. p. 16-19.

BRAND MILLER, J.C. Importance of glycemic index in diabetes. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59S, p. 747-752, 1994.

BRAND, J. C. et al. Food processing and the glycemic index. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.42, p. 1192-1196, 1985.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 09. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, sessão 1, p. 7, 14 de julho de 2003.

BURROWS, C. F. et al. Effects of fiber on digestibility and transit time in dogs. **Journal of Nutrition**, v. 112, n. 9, p. 1726-1732, 1982.

CAMIRE, E. M. Chemical changes during extrusion cooking. Recent advances. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 434, p. 109-121, 1998.

CAMPBELL, J. M.; FAHEY Jr., G. C. Psyllium and methylcellulose fermentation properties in relation to insoluble and soluble fiber standards. **Nutrition Research**, v. 17, n. 4, p. 619-629, 1997.

CARCIOFI, A. C. et al. Evaluation of starch sources for canine diet. In: Nutritional Biotechnology in the feeds and food industries, 1., 2004, Lexington, Kentucky. **Proceeding of the 20th Annual Symposium**: Alltech, 2004. p. 8.

CASE, L.P. et al. In: ___ **Canine and feline nutrition**: a resource for companion animal professionals. St. Louis: Mosby-Year Book, 2000. p. 17-94.

CHUANG, G. C.; YEH, A. Effect of screw profile residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 21-31, 2004.

CRANE, S. W. et al. Introduction to commercial pet foods. In: HAND, M. et al. **Small animal clinical nutrition**, 4ed Kansas: Mark Morris Institute, 2000. 111-126.

COWELL, C. S. et al Making commercial pet food. In: HAND, M. et al. **Small animal clinical nutrition**, 4ed Kansas: Mark Morris Institute, 2000. p. 127-146.

CUMMINGS, J.H.; ENGLYST, H.N. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 61S, p. 938-945, 1995.

DAHLKE, F. et al. Tamanho da partícula do milho e forma física da ração e seus efeitos sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3 n. 3 p. 2001

DING, Q. et al. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 86, p. 283-289, 2004.

EDNEY, A. T. B.; SMITH, P. M. Study of obesity in dogs visiting veterinary practices in the United Kingdom. **Veterinary Record**, v.118, n. 14, p.391-396, 1986.

ENGLYST, H. N. et al. Analyses and measurement of nutritionally important starch fractions. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n.2, p.s33-s50, 1992

ENGLYST, H. N. et al. Measurement of resistant starch *in vitro* and *in vivo*. **British Journal of Nutrition**, v. 75, p. 749-755,1996.

ENGLYST, H. N.; CUMMINGS, J. H. Non-starch polysaccharides (dietary fiber) and resistant starch. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 270, p. 205-

223, 1990.

ENGLYST, K.N. et al. Glycemic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose. **British Journal of Nutrition**, v. 89, n. 3, p. 329-340, 2003.

FADEL, J. et al. Effects of extrusion cooking of barley on ileal and fecal digestibilities of dietary components in pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 68, p. 891-897, 1988.

FAHEY, G.C. Research needs companion animal nutrition. In: in pet nutrition. In: In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. **Petfood Technology**. Mt. Morris:Illinois, 2003, p. 57-61.

FAHEY, G. C. et al. Dietary fiber for dogs: II issue-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digest mean retention time. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 4229-4235, 1990.

FAO. 1998. Carbohydrates in human nutrition: a Joint FAO/WHO Report. Rome, 1998 *FAO (Food and Nutrition Paper 66)*.

FRAILHA, M. Benefício do investimento energético na redução do tamanho de partículas na alimentação animal. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9, Bauru, **Anais...**, 2005

GODDARD, M. S. et al The effect of amylose content on insulin and glucose response to ingested rice. **American Journal of Clinical Nutrition**. v. 42, p. 495-503, 1984.

GRAHAM, P.A. et al. Influence of a high fiber diet on glycaemic control and quality of life

in dogs with diabetes mellitus. **Journal of Small Animal Practice**, Gloucester, v. 43, n. 2, p. 67-73, 2002.

GROSS, K.L. et al. Nutrients. In: HAND, M. et al. **Small animal clinical nutrition**, 4ed Kansas: Mark Morris Institute, 2000, 25-110.

GULLIFORD, M. C et al. Differential effect of protein and fat ingestion on blood glucose responses to high and low glicemic-index in diabetic subjects. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 50, p. 773-777, 1989

HAUCK, B. Extrusion cooking system In: McELLINEY, R. R. **Feed manufacturing technology IV**. Arlington:VA, 1994, p. 131-140.

HEALY, B.J. et al. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2227-2236, 1994.

HEATON, K. W. et al. Particle size of wheat, maize, and oat test meals: effects on plasma glucose and insulin responses and on the rate of starch digestion in vitro. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 47, p. 675-682, 1988.

HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop. Science.**, Madison, v. 25, p. 1306-1311, 1993.

HOLSTE, L. C. et al. Effect of dry, soft moist, and canned dog foods on postprandial blood glucose and insulin concentrations in healthy dogs. **American Journal of Veterinary**, v. 50, p. 984-989, 1989.

HOLT, S.H.A.; MILLER, J.B. Particle size, satiety and glycaemic response. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 48, p. 496-502, 1994.

HOSENEY, R.C. Minor constituents of cereals. In: HOSENEY, R.C. **Principles of cereal science and technology**. 2nd ed. St Paul: American Association of Cereal Chemistry. 1994.

JENKINS, D. J. et al. Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, p. 362-366, 1981.

JENKINS, D. J., et al. Physiological effects of resistant starches on fecal bulk, short chain fatty acids, blood lipids and glycemic index. **Journal of American College of Nutrition**, v. 17, n. 6, p.609-616, 1998.

JOUGLIN, M et al Apparent digestibility of starch in dog and contribution to the study of digestibility "in vitro" by enzymatic method. **Recueil de Médecine Vétérinaire**. v. 168, n.5, p. 355-361, 1992

KAHN, S.E. et al. Obesity, body fat distribution, insulin sensitivity and islet β -cell function as explanations for metabolic diversity. **Journal of Nutrition**., v. 131, p. 354S-360S, 2001.

KIENZLE, E. Carbohydrate metabolism of the cats 2. Digestion of starch. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 69, p. 102-114, 1993.

KIENZLE, E. et al. Investigations on palatability, digestibility and tolerance of low digestible food components in cats. **Journal of Nutrition**, v. 121, suppl. 11, p. S56-S57, 1991.

KIMMEL, S. E. et al. Effects of insoluble dietary fiber on glycemic control in dogs with naturally occurring insulin-dependent diabetes mellitus. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 216, n. 7, p. 1076-1081, 2000.

LARSON, B. T. et al. Improved tolerance with lifetime diet restriction favorably affects disease and survival in dogs. **Journal of Nutrition**, v.133, pp. 2887-2892, 2003.

LEANDRO, N. S. M. et al., efeito da granulometria do milho e do farelo de soja sobre o desempenho de codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.4, pp. 1266-1271, 2001.

LENINGER, A.L. et al. Carbohydrates. In: ____ **Principles of biochemistry**. 2. ed. New York: Worth,1993. p. 298-323.

LOBO, A.R.; SILVA, G.M.L. Amido resistente e suas propriedades físicoquímicas. **Revista de Nutrição.**, v.16, n.2, p. 219-226, 2003.

MEYER, H., SCHUNEMANN, C. Food composition and the precaecal and postileal digestibility of organic matter. **Advances in Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 19, p. 14-23, 1989.

MILLA, C. et al. Glycemic response of dietary supplements in cystic fibrosis is dependent on the carbohydrate content of the formula. **Journal of Enteral Nutrition**, v. 20, p. 182-186, 1996.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Anal. Chemistry**, v.31, p.426-428, 1959.

MUIR, J.G. ; O´DEA, K. Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.56, p.123-127, 1992.

MURRAY, S. M. et al. Evaluation of selected high-starch flours as ingredients in canine diets. **Journal of Animal Science.**, v. 77, n. 8, p. 2180-2186, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of dogs**. Washington: National Academy Press. 1985, 81 p.

NELSON, R. W. et al. Glucose tolerance and insulin response in normal weight and obese cats. **American Journal of Veterinary Research**, v. 51, p.1357-1362, 1990.

NELSON, R.W. et al. Effects of dietary fiber supplementation on glycemic control in dogs with alloxan-induced diabetes mellitus. **American Journal of Veterinary Research**, v. 52, n. 12, p. 2060-2066, 1991.

NGUYEN, P. et al. Composition of meal influences changes in postprandial incremental glucose and insulin in healthy dogs. **Journal of Nutrition**, v. 124, p. 2707S-2711S, 1994.

NGUYEN, P. et al. Glycemic and insulinic responses after ingestion of commercial foods in health dogs: Influence of food composition. **Journal of Nutrition**, v 128, p. 2654S-2658S, 1998.

NISHIMUNE, T. et al. Glycemic response and fiber content of some foods. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, p. 414-419, 1991.

NUTTALL, F.Q. et al. Effect of protein ingestion on the glucose and insulin response to a standardized oral glucose load. **Diabetis. Care**, v. 7, n. 5, p. 465-470, 1984.

OLIVEIRA, L. D. **Avaliação de fontes de amido em alimentos extrusados para gatos** . 2005. 101 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005

ORIGIN: Microcal TM Software, Inc. Versión 6.0. 1999.

OSMAN, H.F. et al. Influence of grain processing on in vitro enzymatic starch digestion of barley and sorghum grain. **Journal of Nutrition**, v. 100, p. 1133-1140, 1970.

OWENS, J. M.; HEIMANN, M. Material processing cost center In: McELLINEY, R. R. **Feed Manufacturing Technology IV**. Arlington:VA, 1994, p. 81-92.

OWSLEY, W.F. et al. Effect of sorghum particle size on digestibility of nutrients at the terminal ileum and over the total digestive tract of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 3, p. 557-566, 1981

PEREIRA, M. A. et al. Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinic adults. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 75, p. 848-855, 2002.

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. Carbohydrates. In:_____ **Basic animal nutrition and feeding**. 4. ed. New York: John Wiley, 1995, p.74-96.

POZZA, P.C et al. Avaliação da moagem e granulometria do milho e consumo de energia no processamento em moinhos de martelos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, pp. 235-238, 2005.

PROSKY, L. et al. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.75, p.360-367, 1992.

PWELL, K., MILLER, J. B. International tables of glicemic index. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, p. 871S, 1995.

RESCHSTEINER, M. S. **Produção, digestibilidade e amido resistente em biscoitos extrusados a partir da farinha e fécula de batata doce e mandioca**. 2005. 92 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

RIAZ, M. N. Extrusion basics. In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. **Petfood technology**. Illinois Mt Morris, 2003, p. 347-360.

ROKEY, G.; HUBBER, G. Pet foods In: McELLINEY, R. R. **Feed manufacturing technology IV**. Arlington:VA, 1994, p. 479-493.

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

SAS Institute. **SAS/STAT User's guide, Version 6, 4ed** Cary: Sas Institute, 1997, p.456.

SILVA Jr, J. W. et al. Digestibilidade de dietas com diferentes fontes de carboidratos e sua influência na glicêmica e insulinemia de cães. **Ciência Agrotécnica**. v.29, n.2, p.436-443, 2005.

SILVEIRA, G.B et al. Avaliação dietética de amidos pelas respostas glicêmicas e insulinêmicas em cães. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária**, v. 56, n.5, p.595-601, 2004.

SMEETS-PETTERS, M. et al. A review of the physiology of the canine digestive tract related to the development of *in vitro* systems. **Nutrition Research Reviews**, v. 11, p. 45-69, 1998

SOARES, C. M. et al. Diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas peletizadas para a tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em fase de crescimento. desempenho e digestibilidade aparente. **Zootecnia Tropical**, v. 21, n. 3 , p. 275-288, 2003.

SUNVOLD, G. D. Dietary fiber for dogs and cats: An historical perspective. In: IAMS INTERNATIONAL NUTRITION SYMPOSIUM, 1996, Wilmington. **Proceeding of the recent advances in canine and feline nutrition research**, Wilmington: Orange Frazer press, 1996. p. 3-14.

SUNVOLD, G. D. et al. Dietary fiber for cats: in vitro fermentation of selected fiber sources by cat fecal inoculum and in vivo utilization of diets containing selected fiber sources and their blends. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2329-2339, 1995.

SVIHUS, B et al. Effects of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch. **Animal Feed Science and Technology**, v.122, p.303-320, 2005.

TAVARES, L.M. Um método para o cálculo da eficiência energética de moinhos industriais. **Revista Matéria. Periódico científico virtual da área de materiais**. 2001. Disponível em :<www.materia.coppe.ufrj.br>. Acesso em 4 de agosto de 2006.

TAKAKURA, F.S. **Avaliação de fontes de amido para alimentos extrusados para cães**. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

TWOMEY, L.N. et al. The use of sorghum and corn as alternatives to rice in dog foods **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 1704S–1705S, 2002.

TWOMEY, L.N. et al. The replacement value of sorghum and maize with or without

supplemental enzymes for rice in extruded dog food. **Animal Feed Science and Technology**, v. 18, p. 61-69, 2003.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**: Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fiber. Ithaca: Cornell University Press, 1987.

ZANOTTO, D.L.; BELAVER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. EMBRAPA–CNPSA, 1996., p. 1–5. (Comunicado técnico)

ZAR, J. H. Multiple comparisons. In: ZAR, J. H. (Ed.). **Bioestatistical Analysis**. 4 ed. Prentice Hall: New Jersey, 1999, p. 663.

WOLEVER, T.M.S. et. al. Glycaemic index of 102 complex carbohydrates foods in patients with diabetes. **Nutrition Research**., v. 14, n. 5, p. 651-669, 1994.

WOLEVER, T.M.S.; BOLOGNESI, C. Prediction of glucose and insulin responses of normal subjects after consuming mixed meals varying in energy, protein, fat, carbohydrate and glycemic index. **Journal of Nutrition**, v. 126, p. 2807-2812, 1996.

WOLOVER, T. M. S., BOLOGNESI, C. Source and amount of carbohydrate affect postprandial glucose and insulin in normal subjects. **Journal of Nutrition**, v. 26, p. 2798-2806, 1996.

WOLTER, R., et al. Fecal and ileal digestibility in the dog of diets rich in wheat or tapioca starch. **Recueil de Médecine Vétérinaire**., v. 174. n. 5-6, p. 45-55, 1998.