

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

SOJA CRUA EM DIETAS EXTRUSADAS PARA GATOS

Danilo Ferreira de Souza

Zootecnista

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

SOJA CRUA EM DIETAS EXTRUSADAS PARA GATOS

Danilo Ferreira de Souza

Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

2013

S729s Souza, Danilo Ferreira de
Soja crua em dietas extrusadas para gatos / Danilo Ferreira de Souza. - - Jaboticabal, 2013
xiv, 66 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: Aulus Cavalieri Carciofi
Banca Examinadora: Ananda Portella Félix, Ricardo Souza Vasconcellos
Bibliografia

1. Complexos amido-lipídeos. 2. Fatores antinutricionais. 3. Fontes proteicas. 4. Processo. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.086:636.8

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Danilo Ferreira de Souza – Filho de Sebastião Ferreira de Souza e Rita Gonçalves Silva de Souza, nasceu em 06 de abril de 1987, na cidade de Diadema - SP. Em março de 2006 ingressou no curso de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, *Campus* de Jaboticabal, durante o qual foi bolsista da FAPESP de Iniciação Científica sob orientação do Professor Dr. Aulus Cavalieri Carciofi. Graduou-se em fevereiro de 2011 e em março do mesmo ano ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na mesma Instituição, durante o qual foi bolsista FAPESP (processo nº 2011/05046-3) sob orientação do Professor Dr. Aulus Cavalieri Carciofi. Atualmente é assistente de pesquisa e desenvolvimento de produtos na empresa Premier Pet.

"... O mundo está nas mãos daqueles que tem a coragem de sonhar e correr o risco de viver seus sonhos ..."

Paulo Coelho

*Aos meus pais, Sebastião Ferreira de Souza e Rita Gonçalves Silva de Souza,
pela compreensão da distância, amor incondicional, respeito,
por transmitir seus conhecimentos e suas experiências,
pela paciência e palavras sensatas.*

*Aos meus irmãos, Melissa Ferreira de Souza e Alberto Ferreira de Souza,
pelo incentivo, carinho e por sempre confiarem em mim.*

*À minha namorada, Rafaela Oliva Ponce, sempre presente e
acolhendo-me com paciência e amor.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Sebastião e Rita, por acreditarem e investirem na minha formação, pelo apoio e dedicação, pelo amor incondicional e pelas palavras certas nos momentos mais difíceis. Todas as minhas conquistas sempre serão dedicadas a vocês!

Aos meus irmãos Melissa e Alberto pelo carinho, lealdade, paciência e exemplo que são para mim, por sempre estarem presentes na minha vida e por tudo que já fizeram por mim.

À minha grande companheira em todos os momentos Rafaela, pelo carinho, pelo amor, por me ajudar a crescer e pelos conselhos sempre dados com muita paciência.

Ao orientador e amigo Aulus Cavalieri Carciofi, pela orientação deste estudo, por todas as oportunidades concedidas, por compartilhar seus conhecimentos, por disponibilizar tempo e atenção sempre que preciso, mesmo com todos seus afazeres e preocupações. Agradeço pela confiança em meu trabalho e pela amizade e consideração.

À Prof. Dra. Maria Cristina Thomaz, primeiramente por aceitar minha orientação no início do mestrado e confiar em minhas decisões. Agradeço principalmente as oportunidades que me proporcionou e aos conselhos que contribuíram para meu amadurecimento.

Aos Professores Dr. Ricardo Souza Vasconcellos e ao Dra. Ananda Portella Félix, pela participação da banca de defesa desta dissertação, por poder contar com sua compreensão e por todas as sugestões e contribuições.

À todos os Professores que colaboraram com este trabalho. Agradeço a Dra. Maria Regina Barbieri e Dra. Maria Cristina Thomaz por participarem da banca de qualificação e pela contribuição a este trabalho, além de permitir o uso de suas instalações, e ao Prof. Euclides Braga Malheiros pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP *Campus* de Jaboticabal e aos funcionários, que sem eles nada seria possível. Obrigado Elaine,

Diego, Cláudia, Renata, Paulo, Euclides, Tânia, Helinho, Batista, Robson e Vicente pela imprescindível ajuda neste período.

Aos colegas de pós-graduação do Laboratório de Nutrição de Cães e Gatos, Fernando, Fabiano, Flavio, Leandro, Márcio, Ana Paula, Íris, Juliana, Mayara, Márcia, Thaila, Chayanne, Michele, Raquel e Katiani. Agradeço também, a todos os estagiários que ajudaram durante o experimento e análises, Guilherme, Laura, Aline, Karine, Raquel, Mariana, Larissa e em especial à Laís e à Kelly. Obrigada a todos pela ajuda direta e indireta neste trabalho, pela amizade, momentos de descontração e agradável convivência.

Aos colegas de pós-graduação da Tecnologia: em especial, Diego, Marcela e Bruna pela ajuda nas análises laboratoriais e dedicação em seus ensinamentos.

À todos os amigos que pude contar durante este período. Em especial aos integrantes da República Power-Guido que tive oportunidade de conhecer. Obrigado pela convivência, pelo carinho, pela amizade, pelos momentos de descontração e pelas experiências inesquecíveis.

Ao Professor Sajid Alavi da Kansas State University e ao seu aluno de mestrado Michael Gibson pela realização e interpretação da análise de complexos entre amido e lipídeos.

À FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão da bolsa de estudo (processo nº 2011/05046-3).

À Mogiana Alimentos S/A, pelo auxílio financeiro do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada”, doação dos ingredientes para fabricação das rações, pela avaliação do índice de gelatinização e pelo teste de preferência das dietas experimentais.

À Ajinomoto do Brasil Ind. e Com. de Alimentos Ltda., pela avaliação do perfil de aminoácidos das dietas experimentais.

À todos os gatos do Laboratório, pela contribuição nesta pesquisa e por sempre estarem dispostos a oferecer carinho e companhia.

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, permitindo a conclusão desta etapa de minha vida.

“Aquilo que pedimos aos céus, na maioria das vezes, se encontra em nossas mãos.”

William Shakespeare

SUMÁRIO

Conteúdo	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	xii
SOJA CRUA EM DIETAS EXTRUSADAS PARA GATOS.....	xiii
RESUMO	xiii
ABSTRACT.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiiiiv
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
Perfil de mercado da soja crua	3
Soja como ingrediente proteico	4
Fatores antinutricionais.....	6
Complexo amido-lipídeos	9
Palatabilidade.....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12
CAPÍTULO 2 - SOJA CRUA EM DIETAS EXTRUSADAS PARA GATOS.....	20
1. INTRODUÇÃO	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1. EXPERIMENTO 1 - <i>Valor nutricional da soja crua para gatos</i>	23
2.1.1. <i>Animais delineamento experimental</i>	23
2.1.2. <i>Dietas experimentais</i>	24
2.1.3. <i>Determinação dos fatores antinutricionais da soja</i>	27
2.1.4. <i>Determinação dos complexos amido-lipídeos</i>	29
2.1.5. <i>Determinação da digestibilidade, produção e qualidade das fezes e balanço de nitrogênio</i>	30
2.1.6. <i>Avaliação do pH, concentração de ácidos graxos de cadeia curta e ramificada, ácido lático e amônia das fezes</i>	32
2.1.7. <i>Avaliação da resposta pós prandial de ureia dos gatos</i>	34
2.1.8. <i>Avaliação microbiológica das fezes</i>	34
2.1.9. <i>Teste de preferência do alimento</i>	36
2.1.10. <i>Análise estatística</i>	37
2.2. EXPERIMENTO 2 - <i>Avaliação da formação de complexos amido-lipídeos</i>	38

2.2.1.	<i>Animais e delineamento</i>	38
2.2.2.	<i>Dietas</i>	38
2.2.3.	<i>Determinação dos complexos amido-lipídeos, fatores antinutricionais, digestibilidade, produção e qualidade das fezes</i>	39
2.2.4.	<i>Análise estatística</i>	39
3.	RESULTADOS.....	40
3.1.	EXPERIMENTO 1 - <i>Valor nutricional da soja crua para gatos</i>	40
3.2.	EXPERIMENTO 2 - <i>Avaliação da formação de complexos amido-lipídeos</i>	51
4.	DISCUSSÃO	54
5.	CONCLUSÕES	60
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 000802/11 do trabalho de pesquisa intitulado "**Efeito da extrusão sobre a inativação dos fatores antinutricionais da soja crua em dietas para gatos**", sob a responsabilidade do Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 10 de Fevereiro de 2011.

Jaboticabal, 11 de Fevereiro de 2011.

Prof. Dr. Jeffrey Frederico Lui
Presidente - CEUA

Med. Vet. Maria Alice de Campos
Secretária - CEUA

SOJA CRUA EM DIETAS EXTRUSADAS PARA GATOS

RESUMO: Nutricionistas, em busca de novas alternativas viáveis e de baixo custo como fonte de proteína e energia, têm utilizado ingredientes de origem vegetal como a soja crua em suas formulações. Em um primeiro estudo avaliou-se a soja crua em alimentos extrusados para gatos, bem como o efeito do processo de extrusão sobre a inativação de seus fatores antinutricionais. Em outro estudo avaliou-se o processo sobre a formação de complexos amido-lipídeos e sua influência na digestibilidade da gordura. O primeiro ensaio seguiu delineamento em blocos casualizados, composto por três blocos de oito animais, quatro tratamentos e seis repetições por tratamento. Foram formuladas três dietas experimentais: a primeira teve apenas farinha de vísceras de frango (FVF) como fonte proteica, a segunda conteve farelo de soja (FS), e a terceira utilizou a soja crua, que foi desdobrada em dois tratamentos com processo de extrusão à temperatura de 115°C (SC115) e à 135°C (SC135). O segundo ensaio seguiu um delineamento inteiramente casualizado composto por três tratamentos e seis repetições por dieta. A dieta FS do primeiro ensaio foi utilizada para compor três dietas em que se adicionou 0, 3,72% e 7,44% de óleo degomado de soja: FSSO – controle, sem óleo na massa; FSMO - com 3,72%; e FSTO - com 7,44% de óleo na massa. Em ambos os experimentos, a digestibilidade dos nutrientes e a energia metabolizável não diferiram entre as dietas ($p > 0,05$), exceto os coeficientes de digestibilidade aparente da gordura, que foram menores para as rações SC115 e SC135 (83,6 e 82,9%) quando comparado às demais dietas. Menores valores de amônia fecal ($p < 0,05$) e tendência de maior ácido láctico das mesmas ($p = 0,053$) foram encontrados nas fezes dos animais que receberam as dietas com soja. Não houve influência da inclusão da soja crua nos teores da uréia sérica pós-prandial ($p > 0,05$). As rações com soja crua apresentaram maiores densidades e menores índices de gelatinização do amido que as rações FVF e FS. O processo de extrusão eliminou os fatores antinutricionais da soja crua ($p < 0,05$) tornando-a uma alternativa palatável e de interessante perfil proteico e energético para dietas de gatos adultos.

Palavras-chave: complexos amido-lipídeos, fatores antinutricionais, fontes proteicas, processo.

RAW SOYBEAN IN EXTRUDED DIETS FOR CATS

ABSTRACT: Nutritionists searching for viable and low-cost alternatives sources of protein and energy, have used vegetable ingredients like raw soybean in their formulations. In the first chapter the raw soybean ingredient in extruded cat foods was evaluated, as well as the effect of the extrusion process on the inactivation of its antinutritional factors. In the other chapter the process on the starch-lipid complexes formation and their influence on the fat digestibility were evaluated. The first experiment was carried on with a randomized block design consisting of three blocks of eight animals, four treatments and six replicates per treatment. Three experimental diets were formulated: the first had only poultry by-product meal as protein source (PM), the second one contained soybean meal (SBM), and the third used the raw soybean, which was divided in two treatments with the extrusion process at temperature of 115°C (RS115) and at 135°C (RS 135). In the second assey a completely randomized design consisting of three treatments and six replications per diet was conducted. The SBM diet of the first experiment was used to compose three diets that was added 0%, 3.72% and 7.44% of degummed soybean oil: SBMWO – control without oil in the dough; SBMHO - with 3.72%; and SBMAO - with 7.44% oil in the dough. In both experiments, nutrient digestibility and metabolizable energy did not differ between diets ($p>0.05$), except for fat apparent digestibility, which was lower for RS115 and RS135 (83.6% and 82.9%) when compared to the other diets. Smaller amounts of ammonia faeces ($p<0.05$) and a tendency towards greater lactic acid thereof ($p=0.053$) were found in the feces of the animals fed soya diets. There was no influence of including raw soybean in the levels of postprandial serum urea ($p>0.05$). Diets containing raw soybeans had higher densities and lower rates of starch gelatinization that the FVF and FS rations. The concentrations of essential amino acids were higher than the recommendations for adult felines. The extrusion process was effective at the antinutritional factors elimination ($p<0.05$) of the raw soybean making it a palatable alternative and of interesting protein and energy profile for adult cat foods.

Keywords: starch-lipid complexes, antinutritional factors, protein source, process.

LISTA DE ABREVIATURAS

AAC	Área abaixo da curva
AAFCO	Association of American Feed Control Official
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
CDA	Coeficiente de digestibilidade aparente
CV	Coeficiente de variação
EB	Energia bruta
EE	Extrato etéreo
EEHA	Extrato etéreo em hidrólise ácida
EM	Energia metabolizável
ENN	Extrato não-nitrogenado
EPM	Erro padrão da média
FB	Fibra bruta
FDT	Fibra dietética total
FCAV	Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias
Inc	Incremento
LANA	Laboratório de Nutrição Animal, Depto. de Zootecnia, UNESP- Campus de Jaboticabal
MM	Matéria mineral
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
NRC	National Research Council
PB	Proteína bruta
UNESP	Universidade Estadual Paulista

CAPÍTULO 1- Considerações gerais

INTRODUÇÃO

Segundo o último levantamento da Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação - (ABINPET, 2012), existem aproximadamente 37,1 milhões de cães e 21,4 milhões de gatos nos lares brasileiros. O setor movimentou R\$ 12,2 bilhões em 2011 e a projeção para 2012 é de R\$ 13,6 bilhões, crescimento de 11,42%. Somente entre janeiro e agosto de 2012, o segmento de *petfood* cresceu 10,6% em faturamento e 3,7% em volume, em comparação com o mesmo período do ano de 2011, o que torna este mercado cada vez mais competitivo e predisposto à segmentação de produtos com padrões comerciais e nutricionais distintos (ABINPET, 2012).

O desenvolvimento deste setor é impulsionado pelo aumento significativo da população de animais de estimação no Brasil nos últimos anos. O maior crescimento é observado na população de gatos domésticos, que aumentou 8,19% na comparação entre 2010 e 2011, enquanto este valor foi de apenas 4,08% na população canina. Entre as principais causas para este fenômeno estão a alta capacidade de adaptação destes animais aos novos estilos de vida dos proprietários que inclui maior urbanização, a existência de apartamentos cada vez menores, e a procura por animais de fácil manejo. Além disso, muitas pessoas são atraídas pela alta expectativa de vida dos gatos, que costumam viver cerca de quatro anos a mais que os cães (ABINPET, 2012).

Da mesma forma, o perfil de alimentação de cães e gatos e o comportamento dos seus proprietários com relação à compra dos seus alimentos vem mudando. Há maior conscientização dos proprietários com relação à importância da alimentação adequada de seus animais por estes serem considerados membros da família. Desta forma, no desenvolvimento de produtos industrializados para *pets* torna-se importante conciliar tanto a funcionalidade dos ingredientes e processamentos

utilizados, quanto o impacto destes nos custos de produção e na viabilidade econômica do produto.

De acordo com Carciofi (2002) os ingredientes proteicos encarecem as formulações das rações, especialmente quando se consideram aspectos de digestibilidade e equilíbrio de aminoácidos dos ingredientes, pois, além do aspecto quantitativo, deve-se levar em conta a qualidade das proteínas. Em uma comparação entre os ingredientes proteicos de origem animal e vegetal, percebe-se que os coprodutos desidratados de origem de abatedouros, apesar de amplamente utilizados em formulações para gatos, levam em sua composição quantidades significativas de materiais de baixa biodisponibilidade, gerando variabilidade na composição e digestibilidade destas matérias primas. Por outro lado, as fontes proteicas vegetais apresentam composição mais uniforme, com menor variação entre partidas e fornecedores (CARCIOFI, 2008). Outro aspecto de importância é a relação proteína/cinzas, estreita em ingredientes de origem animal e mais favorável nos ingredientes de origem vegetal (COWELL et al., 2000).

As proteínas de origem vegetal tem sido empregadas na tentativa de se encontrar novas alternativas viáveis e de baixo custo como fonte de proteínas para cães e gatos. Um ingrediente que é amplamente utilizado como fonte proteica na alimentação de animais de produção é a soja crua, que praticamente não é empregada nos alimentos para gatos, possivelmente pela inexistência de estudos de caráter científico sobre sua utilização. Neste sentido, esta dissertação teve por objetivo avaliar o valor nutricional da soja crua em dietas extrusadas para gatos.

Em um primeiro experimento foi avaliado o efeito do processo de extrusão, sobre a inativação dos fatores antinutricionais da soja crua, empregada em alimento completo para gatos adultos, bem como o efeito do ingrediente sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia, balanço de nitrogênio, concentrações fecais de produtos de fermentação intestinal, microbiota das fezes, respostas pós-prandiais de ureia e preferência alimentar.

Em um segundo experimento avaliou-se o processo de extrusão sobre a formação de complexos amido-lipídeos e sua influência sobre a digestibilidade da gordura em dietas para gatos.

REVISÃO DE LITERATURA

Perfil de mercado da soja crua

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), originária da China, é uma das principais leguminosas utilizadas na alimentação dos países do Oriente e tem seu uso datado em mais de 5 mil anos. Apesar disso, o cultivo comercial da soja no Ocidente teve início apenas na década de 1920, com o surgimento de plantações nos Estados Unidos, onde era utilizada como forragem (EMBRAPA, 2003).

Atualmente a soja possui diversas formas de uso, tanto na alimentação humana quanto animal, e, mais recentemente, em produtos de uso industrial e na produção de biocombustíveis. O processamento dos grãos da soja crua resulta em três produtos principais: o óleo, o farelo e a farinha. O óleo tem grande importância na alimentação humana como ingrediente para a indústria de margarinas e óleos vegetais, sendo utilizado também como matéria prima na indústria farmacêutica e química. O farelo, por sua vez, é empregado na composição de rações por conter alto valor proteico, tornando-o de grande relevância nas cadeias avícola, suinícola e bovina. Por fim, a farinha faz parte da composição de diversos produtos para o consumo humano como pães, doces e salsichas (CISOJA, 2012).

Outro subproduto resultante da extração do óleo de soja que pode ser empregado na dieta de animais é a casca, sendo um interessante ingrediente para ser utilizado na alimentação de ruminantes devido ao seu elevado nível de fibra, nível moderado de proteína bruta e baixa energia, além de poder ser produzido em grande quantidade já que cada 100 kg de soja processada resultam em 8 kg de casca de soja (MULRHEAD, 1993). Sua utilização em dietas para monogástricos é restrita devido ao alto teor de fibra insolúvel, porém os limites ideais de inclusão para cada espécie ainda não estão esclarecidos e mais pesquisas científicas são necessárias para efetivar a sua utilização como alimento alternativo.

Essa imensa gama de produtos compostos pela soja faz com que o grão seja um dos mais cultivados no mundo e tenha importância estratégica nos principais países produtores. No Brasil, segundo maior produtor mundial, a soja representa

cerca de 40% da produção de grãos do país. Além disso, o complexo soja (grão, farelo e óleo) é o principal produto agrícola da pauta de exportações, tendo representado em 2011, 25% do valor total exportado pelo agronegócio nacional e 9% do total de produtos exportados pelo país (SECEX/MDIC, 2012).

Segundo o quinto levantamento da safra 2012/13 da Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB), a alta demanda pelo produto e os bons preços tem levado produtores a ocuparem com lavouras de soja áreas até então destinadas ao milho, algodão, feijão, arroz e pastagens. Assim, a produção brasileira de soja deve atingir valores recordes e chegar a 83,4 milhões de toneladas colhidas em 27,7 milhões de hectares, o que, na comparação com a safra anterior, significa incrementos de 26% na quantidade produzida e 10% na área colhida. Caso essas estimativas se concretizem, a produção brasileira de soja passaria a dos Estados Unidos, que vem sofrendo quebras de safra devido a problemas climáticos, e o Brasil se tornaria o maior produtor mundial do grão (CONAB, 2012).

Os problemas norte-americanos, somados à forte demanda pela soja, majoritariamente por parte da China, tem contribuído para o aumento dos preços internacionais. O grão tem acumulado altas de 27% no mercado brasileiro. Movimento similar tem sido vivenciado pelo farelo e pelo óleo, com aumentos de 72% e 17% nos preços, respectivamente. As perspectivas são de que os preços devam se manter elevados em 2013, com a baixa na produção dos Estados Unidos, mas devem se normalizar assim que o país retomar seu antigo nível de produção (ABIOVE, 2012).

Soja como ingrediente proteico

Em todo o mundo, as proteínas das sementes de soja representam importante fonte de aminoácidos para seres humanos e animais. Sementes de soja são fonte importante e econômica de proteína na dieta de muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Com a diversificação de produtos proteicos oriundos da soja desenvolvidos para alimentação humana, nutricionistas perceberam

que estes produtos poderiam ser alternativos proteicos relevantes para diferentes tipos de dietas (BELLAVAR & SNIZEK, 1999).

A soja é um grão muito versátil e que também dá origem a produtos e coprodutos muito usados pela indústria animal. A partir do grão de soja crua é possível obter-se diversos derivados com diferentes composições químicas, conforme o processo adotado e a etapa de beneficiamento do grão, sendo eles: grão tostado, farelos de soja com 45% e 48% de proteína bruta, farinha desengordurada, soja micronizada, concentrado proteico, proteína isolada, casca e óleo. Em função de seus fatores antinutricionais, a soja crua praticamente não é empregada, em detrimento do uso de seus coprodutos.

A utilização de produtos derivados da soja na alimentação de cães e gatos tem aumentado nos últimos anos, sendo o farelo de soja o ingrediente oriundo da soja mais empregado em alimentos secos (SÁ-FORTES, 2005), compondo entre 5 a 20% da fórmula. O farelo de soja é um ingrediente que se caracteriza como importante fonte proteica na formulação dos alimentos devido ao conteúdo de proteína (36 a 48%PB). Estudos sobre o farelo de soja para gatos são escassos na literatura (de-OLIVEIRA et al., 2006), o que contrasta com o fato deste ingrediente estar na composição de grande parte dos alimentos para felinos disponíveis no mercado mundial (COURT & FREEMAN, 2002; FAHEY, 2007). Dentre as vantagens da inclusão do farelo de soja em alimentos para gatos pode-se citar sua disponibilidade comercial, qualidade consistente, adequada palatabilidade, perfil de aminoácidos adequado, boa utilização como fonte proteica principal, boa fonte de fibra, melhora da textura da dieta e baixo custo, permitindo sua inclusão em formulações mais econômicas (FAHEY, 2007). A proteína da soja pode apresentar boa digestibilidade, a depender de seu processamento, podendo ser comparada neste quesito a proteínas de origem animal (ZUO et al., 1996; CLAPPER et al., 2001; DERSJANT-LI & HILL, 2005; CARCIOFI et al., 2006; FÉLIX et al., 2009; FÉLIX et al., 2010; FÉLIX et al., 2012).

Entretanto, o uso do farelo de soja em alimentos para gatos possui algumas desvantagens como ter imagem negativa perante os proprietários, conter fatores antinutricionais, apresentar baixas concentrações de metionina e cistina, poder aumentar as necessidades de taurina em gatos, aumentar o volume e umidade das

fezes, reduzir a disponibilidade dos minerais devido as quantidades de fitato e fibras e fornecer excessivas quantidades de polissacáridos não amiláceos (FAHEY, 2007).

Pelas suas qualidades nutricionais, como elevado teor proteico (35 a 39%) e elevado teor de extrato etéreo (18 a 22%), excelente disponibilidade comercial e preço mais acessível que os do farelo de soja e óleo degomado de soja, é possível que a soja crua venha a se constituir em ingrediente interessante para cães e gatos, principalmente na época em que as farinhas animais atingem maior preço (MOORE et al., 1980; YAMKA et al., 2006). Assim, ao invés de se empregar o farelo de soja como fonte proteica e o óleo degomado de soja como fonte de ácidos graxos e energia, empregando-se a soja crua seria possível acrescentar-se tanto proteína como gordura à dieta dos gatos a um preço potencialmente mais acessível. No entanto, em função da presença de fatores antinutricionais, elevada gordura que pode interferir na extrusão (FÉLIX et al., 2010) e falta de informações sobre a digestibilidade e palatabilidade da soja crua para felinos, esta precisa ser primeiramente estudada antes de qualquer recomendação de uso.

Fatores antinutricionais

A soja crua apresenta alguns fatores antinutricionais que impedem que a mesma seja utilizada “in natura” na formulação de dietas comerciais, sendo seu uso é dependente do processamento industrial.

Pesquisas tem demonstrado que o uso da soja e seu valor nutritivo estão estreitamente relacionados com o tipo de processamento utilizado e seus efeitos sobre a inativação dos fatores antinutricionais do ingrediente (WHITE et al., 1967; BELLAVAR & SNIZEK, 1999; BERTOL et al., 2001; MENDES et al., 2004). Inibidores de tripsina e hemaglutinina podem reduzir a interação de determinadas enzimas endógenas com os substratos presentes no intestino, comprometendo sua digestibilidade. Isso pode acarretar no aumento da viscosidade do conteúdo do lúmen intestinal, maior volume de fezes, produção de gases, ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico (BENATI, 1973; ZHANG et al., 1993; SILVA & SILVA, 2000; SOARES et al., 2008).

Os inibidores de tripsina da soja, que podem representar até 2% do conteúdo proteico, podem ocasionar a redução do valor biológico e da digestibilidade das proteínas da dieta pela paralisação da ação da tripsina, reduzindo a utilização de suas proteínas pelo organismo dos monogástricos. A presença destes no trato intestinal de monogástricos leva ao aumento na produção de enzimas pelo pâncreas e a hipertrofia deste órgão (SILVA; SILVA, 2000).

Os efeitos maléficos das hemaglutininas à fisiologia dos monogástricos são expostos como retardo do desenvolvimento, diminuição da digestibilidade de carboidratos, alteração na atividade das enzimas intestinais e hepáticas, perturbação no metabolismo do intestino delgado e lesões nas vilosidades intestinais, resultando em maior secreção de muco que pode prejudicar a capacidade enzimática e absorção da parede intestinal (GRANT, 1991; FRANCIS et al., 2001). Silva e Silva (2000) relataram que os efeitos antinutricionais podem ser pela habilidade das hemaglutininas se ligarem a tipos específicos de açúcares na superfície das células intestinais, acarretando interferência na absorção de nutrientes.

Butolo (2002) cita como métodos para medir a inativação dos fatores antinutricionais da soja a atividade ureática, a solubilidade proteica em KOH (0,2%), a atividade inibidora de tripsina, a atividade hemaglutinante (lectinas), a lisina disponível e o índice de proteína dispersível (PDI – Protein Dispersibility Index). Os dois primeiros são os mais utilizados pela indústria devido à facilidade de execução e baixo custo laboratorial, porém as atividades inibidora de tripsina e hemaglutinante são as mais precisas e acuradas (CARDOSO et al., 2007).

As rações destinadas para gatos são extrusadas, um processo de cozimento a elevadas pressões, temperatura e umidade. As principais funções deste processo são hidratação, mistura, tratamento térmico, gelatinização do amido, desnaturação das proteínas e a destruição dos microorganismos e de alguns componentes tóxicos. O princípio básico do processamento é a alta temperatura, curto tempo, pressão e fricção do ingrediente no cone de extrusão (BELLAVAR & SNIZEK, 1999).

O processo de extrusão apresenta dois benefícios quanto ao aproveitamento da proteína de origem vegetal pelos animais: além de poder eliminar fatores antinutricionais termolábeis, melhorando o aproveitamento da soja crua e permitindo seu emprego em dietas para monogástricos, provoca o rompimento de sua parede

celular, liberando a proteína complexada ou enclausurada, também responsável pelo baixo aproveitamento proteico do ingrediente *in natura*.

A elevada pressão do processo com rompimento da parede celular também libera o óleo intracelular, aumentando a digestibilidade da gordura (CAFÉ et al. 2000a; GOLDFLUS, 2001; BORGES et al., 2003). Outra provável vantagem do tratamento térmico é a melhora da palatabilidade do ingrediente, devido à inativação das lipoxigenases que promovem, quando presentes, a oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados, desenvolvendo sabor e odor desagradáveis (MUSTAKAS et al., 1969; SESSA et al., 1969).

Em estudo de Purushotham et al. (2007) a extrusão promoveu inativação eficiente do inibidor de tripsina em dietas para cães contendo 15% de soja crua, inclusive com efeitos positivos na inativação de lipoxigenases, avaliado pela adequada estabilidade de prateleira do produto. Entretanto Félix et al. (2010) encontraram inativação incompleta em dietas extrusadas com 30% de inclusão do ingrediente para a mesma espécie.

Perilla et al (1997), em estudo do efeito da temperatura do processo de extrusão úmida (118°C, 120°C, 122°C, 126°C e 140°C, com tempo de residência de 20 segundos) sobre a qualidade da proteína da soja e a eficiência alimentar em frangos, constataram que a temperatura de 126 °C reduziu o conteúdo de fatores anti-trípticos em 96,7%. Desta forma, verificou-se que as condições de processamento, especialmente o emprego de vapor no condicionador e a temperatura de processo no canhão da extrusora foram fundamentais para que os fatores antinutricionais da soja fossem eficientemente inativados (PURUSHOTHAM et al, 2007).

No entanto, nem todos os fatores antinutricionais da soja são termolábeis. Ácido fítico e polissacárides não amiláceos (PNA), como a estaquiase e rafinose não são inativados pelo calor (YAMKA et al., 2003). O ácido fítico resulta em redução da biodisponibilidade de minerais como zinco, cálcio, magnésio, ferro e prejudica a digestibilidade e absorção de proteínas e aminoácidos (GRAF, 1983) e os PNA podem alterar a fisiologia digestiva, principalmente no colon dos animais, onde as fibras são fermentadas (ARAUJO et al, 2008). Esta fermentação pode alterar a microbiota intestinal e a formação de produtos de fermentação (SWANSON &

FAHEY, 2007), mas suas consequências para gatos não foram convenientemente estudadas.

O equilíbrio bacteriano intestinal é extremamente diverso, qualquer composto ingerido ou substância que passa pelo intestino, é um substrato potencial para fermentação ou transformação bacteriana (TESHIMA, 2003). Embora não haja conhecimento sobre a atividade enzimática da maioria dos grupos bacterianos intestinais, acredita-se que a degradação dos oligossacárideos seja uma atividade cooperativa dentre os vários grupos bacterianos. O acréscimo de carboidratos fermentativos oriundos da fração fibrosa da soja crua, pode reduzir o pH e formar ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) por bactérias fermentadoras. Os AGCC são importantes por aumentar a produção de energia para as células intestinais, contribuir positivamente na digestão e metabolismo do hospedeiro, além de atenuar os efeitos nocivos dos produtos da degradação das proteínas (ADAMS, 2003; TESHIMA, 2003; KAMRA, 2005; VANHOUTTE et al., 2005).

Diversas pesquisas têm avaliado o uso de soja crua termicamente processada para monogástricos. Em geral, o uso desse alimento com adequada inativação dos fatores antinutricionais tem apresentado bons resultados de desempenho, mostrando que esta pode substituir, parcial ou totalmente, o farelo de soja na formulação destas dietas (WALDROUP & HAZEN, 1978; PINHEIRO, 1993; FARIA et al., 1995; LAURENTIZ et al., 1995; MARTINS, 1995; SAKOMURA et al., 1998; FURUYA, 2004; COSTA, et al., 2006; MOURA, 2007; PURUSHOTHAM et al. 2007; FÉLIX et al., 2012). Em função disso, é possível que em dietas extrusadas para gatos a soja crua possa também ser empregada, mas a sua correta utilização depende de se conhecer adequadamente seu impacto na digestibilidade dos nutrientes, produtos de fermentação e microbiota intestinal.

Complexo amido-lipídeos

A complexação entre lipídeos e carboidratos é uma reação muito importante no processo de extrusão, pois afeta a formação de estrutura e textura dos alimentos extrusados. O maior interesse referente à formação de complexos amilose-lípidicos

está direcionado à sua importância tecnológica nos alimentos a base de amido, uma vez que modifica a textura e a estabilidade estrutural do amido destes produtos (LALUSH et al., 2005).

As interações entre lipídeo e amido são importantes no processamento de alimentos extrusados, uma vez que os lipídeos afetam o comportamento e as propriedades de gelatinização e retrogradação dos amidos e, conseqüentemente, a qualidade dos produtos processados. A formação dos complexos amido-lipídeos é afetada pelos tipos de lipídeo e amido envolvidos, assim como pelas condições em que os mesmos são formados.

As alterações na fração lipídica provenientes da extrusão podem ocorrer pela ação física e aquecimento promovido pela pressão, que induz a ruptura da parede celular, liberando o óleo do interior da célula e aumentando a fração lipídica livre, facilitando a extração pelo solvente orgânico, ou pode haver redução no teor de lipídios em função da formação de complexos entre o amido e os lipídios, insolúveis em éter. Pesquisadores tem encontrado e observado menores extrações da fração lipídica em alimentos, mesmo após a hidrólise ácida, e uma possível explicação é a formação de complexos entre as frações amilose e lipídios (GUZMAN et al., 1992; HO & IZZO, 1992; BERTIPAGLIA et al., 2008).

Extrusões realizadas em matérias primas ricas em gordura como a soja crua, podem favorecer a formação de complexos amido-lipídeos. Durante o processo de extrusão as matérias-primas sofrem transformações estruturais e químicas, assim como possíveis interações entre lipídios e proteínas e interações definitivas entre lipídios e amidos que levam a uma variedade de produtos finais. Lipídios são componentes que desempenham papel importante neste processo devido a sua capacidade de atuar na textura, estrutura e viscosidade do extrusado (LLO et al., 2000).

Os efeitos da extrusão dependem tanto de variáveis inerentes ao processo, tais como o tipo de extrusora (rosca simples ou dupla), os limites de temperatura empregados, a velocidade da rosca do canhão, a quantidade de água injetada; quanto da composição da matéria prima, especificamente teores de fibra, lipídios, proteínas, amido e relação amilose/amilopectina (BHATNAGAR e HANNA, 1994).

Bhatnagar & Hanna (1994a) observaram a formação de complexos entre a amilose e lipídeos ao adicionar antes da extrusão 4% de lipídios em farinhas de milho com teores de 0%, 25%, 50% e 70% de amilose. Já Barbosa et al. (2006) concluíram que o teor de extrato etéreo reduzido na farinha de arroz pré-gelatinizada utilizada na confecção de embutidos tipo mortadela também está associado à formação de complexo amido-lipídeos devido à severidade do processo de extrusão utilizado. O mesmo foi observado em estudo com farinhas de arroz conduzido por Bortolato et al. (2003), que encontraram redução de 0,12% no teor de gordura da farinha pré-gelatinizada (0,34%) em relação a farinha crua (0,46%).

Normalmente assume-se que a formação de complexos entre lipídeos e carboidratos não interfere na digestibilidade da gordura de alimentos extrusados para cães e gatos, pelo fato dos lipídios serem muito estáveis durante o tratamento térmico e pelo relativamente baixo conteúdo lipídico em grãos de cereais (MATHIAS, 2011). Porém, ainda são poucas as pesquisas desenvolvidas com o objetivo de avaliar o efeito das variáveis de processamento na formação do complexo amido-lipídeo, bem como as consequências destes complexos no aproveitamento dos alimentos pelos animais.

Palatabilidade

Os gatos domésticos (*Felis catu*), pertencentes à ordem Carnívora, a superfamília Feloidea e a família Felídea, ocupam posição diferenciada quanto a seleção de alimentos. São animais capazes de regular a ingestão de alimentos de acordo com suas necessidades energéticas e que se alimentam de pequenas quantidades de alimento distribuídas em várias refeições ao longo do dia e da noite, ou apenas durante a noite. Há diversos fatores que podem influenciar a escolha da dieta, como as necessidades de consumo energético e a palatabilidade do alimento. Em relação à palatabilidade, esta inclui a preferência por específico atributo sensorial do alimento e o comportamento de aprendizado em relação ao sabor e a textura dos alimentos que consumiu no início de sua vida (BRADSHAW, 1991).

De acordo com Yamaguchi & Ninomiya (2000), a palatabilidade promove a seleção e o consumo dos alimentos. Todos os cinco sentidos estão envolvidos na palatabilidade de um alimento, embora os mais influentes sejam a gustação, olfação e estímulo tátil (textura, tamanho da partícula). O conteúdo de umidade do alimento, comportamento alimentar, grau de fome e estresse do animal e efeito de experiência alimentar prévia também são fatores relevantes na seleção e consumo da dieta (KVAMME, 2003; BENNET, 2004; CARCIOFI et al. 2006; NRC 2006).

A palatabilidade dos produtos é um fator preponderante na indústria de *pet food*, pois se apresenta como ponto chave pelo poder de ampliar o laço afetivo entre o proprietário e o animal de estimação. A satisfação de um alimento palatável se estende do animal ao seu proprietário, que detém o poder de decisão da compra em meio à grande diversidade de produtos existentes no mercado nos dias atuais (CARVALHO, 2006).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE, 2012. Estatísticas. **Disponível em:** <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>> Acesso em: 17 nov. 2012.

ADAMS, C.A. Carbohydrates Nutrition's: Non-digestible oligosaccharides. In: **Nutricines – Food Componentes in Health and Nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 2003.

ABINPET. Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação - ABINPET. **Site**. Disponível em: <<http://anfalpet.org.br>> Acesso em: 24 nov. 2012.

ARAUJO, D. M.; SILVA, J. H. V.; MIRANDA, E. C.; ARAUJO, J. A.; COSTA, F. G. P.; TEIXEIRA, E. N. M. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 843-848, 2008.

BARBOSA, L. N.; GARCIA, L. V.; TOLOTTI, K. D.; GOELLNER, T.; AUGUSTORUIZ, W.; SANTO, M. E. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Revista Veter, FURG**, v. 16, p. 11 - 20, 2006

BELLAVER, C.; SNIZEK JUNIOR, P.N. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina, PR. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999.

BENATI, M. **Efeito da soja integral na alimentação de poedeiras**. Viçosa, MG. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa – UFV. 50p., 1973.

BENNET, S. Interest of a systemic approach in pet food palatability. In: FÓRUM PET FOOD DA AMÉRICA LATINA, 3., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Vnu Business Media, 2004. p. 71-

BERTIPAGLIA, L. M. A.; MELO, G. M. P.; SUGOHARA, A.; MELO, W. J.; BERTIPAGLIA, L. A. Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.2003-2010, 2008

BERTOL, T. M.; MORES, N.; LUDKE, J. V. et al. Proteínas da soja processadas de diferentes modos em dietas para desmame de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 150-157, 2001

BHATNAGAR, S.; HANNA, M. A. Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn starches. **Cereal Chemistry**, v. 71, p. 582-7, 1994a.

BHATNAGAR, S.; HANNA, M.A. Extrusion processing conditions for amylase-lipid complexing. **Cereal Chemistry**, v. 71, p. 587-593, 1994b.

BORGES, S.A.; SALVADOR, D.; IVANOVSKI, R.A. Utilização da soja desativada na dieta de monogástricos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, Cascavel, PR. **Anais...** CBNA, p.21-66, 2003.

BORTOLATO, D. S.; CASTIGLIONI, G. L.; DORS, G. C.; SILVA, K. A.; KUHN, R. C.; RUIZ, W. A. Principais características físico-químicas de farinhas de arroz. **XVIII Congresso Regional De Iniciação Científica e Tecnológica**. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2003.

BRADSHAW JW. Sensory and experiential factors in the design of foods for domestic dogs and cats. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 50, p. 99–106. 1991.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. 1. Campinas: CBNA, 2002. 430p.

CAFÉ, M. B.; SAKOMURA, N. K.; JUNQUEIRA, O. M.; CARVALHO, M. R. B.; DEL BIANCHI, M. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 1, p. 67-74, 2000.

CARCIOFI, A. C.; Proteína na alimentação de cães e gatos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 2; 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2002. p.31-44.

CARCIOFI, A. C.; PONTIERI, R.; FERREIRA, C. F. et al. Avaliação de fontes protéicas para a alimentação de cães. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35. n. 3, p.754-760, 2006.

CARCIOFI, A.C. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, *suplemento especial* p.28-41, 2008.

CARCIOFI, A.C.; de-OLIVEIRA, L.D.; VALERIO, A.G.; BORGES, L.L., CARVALHO, F.M.; BRUNETTO, M.A.; VASCONCELLOS, R.S. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. **Animal Feed Science and Technology**. v. 151, p. 251-260, 2009.

CARDOSO, L. R.; OLIVEIRA, M. G. A.; MENDES, F. Q.; PIRES, C. V.; RIBEIRO, F. R.; SANT'ANA, R. C. O.; MOREIRA, M. A. Atividade de inibidores de proteases em linhagens de soja geneticamente melhoradas. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.18, n.1, p.19-26, 2007.

CARVALHO, Y. M. A trilogia da palatabilidade homem-animal-alimento. In:FÓRUM PET FOOD DA AMÉRICA LATINA, 5., 2006, São Paulo. **Anais...São Paulo**:In: business media, 2006. p. 5.

CISOJA, 2012. Utilização do grão de soja. **Disponível em:** <<http://www.cisoja.com.br/index.php?p=utilizacao>> Acesso em: 15 nov. 2012.

CLAPPER, G. M.; GRIESHOP, C. M.; MERCHEN, N. R. et al. Ileal and total tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs as affect by soybean protein inclusion in dry, extruded diets. **Journal of Animal Science**, v.79,p. 1523-1532, 2001.

CONAB, 2012. GRÃOS - 2º Levantamento da safra 2012/13 – Novembro/2012. **Disponível em:**< http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_11_08_09_10_48_boletim_portugues_novembro_2012.pdf> Acesso em: 24 nov. 2012.

COSTA, F. G. P.; OLIVEIRA, F. N.; SILVA, J. H. V. et al. Desempenho de pintos de corte alimentados com rações contendo soja integral extrusada em diferentes temperaturas, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência Animal Brasileira**. Goiânia, v. 7, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2006

COURT, M. H.; FREEMAN, L. M. Identification and concentration of soy isoflavones in commercial cat foods. **American Journal of Veterinary Research**, v. 63, n. 2, p. 181-185, 2002.

COWELL, C.S.; STOUT, N.P.; BRINKMANN, M.F. et al. Making commercial pet foods. In: HAND, M.S.; THATCHER, C.D.; REMILLARD, R.L. et al. (Eds.). **Small animal clinical nutrition**. 4.ed. Kansas: Mark Morris Institute, 2000. p.127-146.

De-OLIVEIRA, L D.; TAKAKURA, F. S.; VASCONCELLOS, R. S. et al. Digestibility of starch sources for dogs and cats In: CONGRESS OF THE EUROPEAN SOCIETY

OF VETERINARY AND COMPARATIVE NUTRITION, 10, 2006, **Nantes**. v.2006. p.101 – 101

DERSJANT-LI, Y.; HILL, D.A. Why soy? The use of soy protein concentrate in pet foods. **Pet food Ind.**, v. 47, n. 1, p.16-18, 2005.

EMBRAPA, 2003. Tecnologias de produção de soja. **Disponível em:** <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/importancia.htm>> Acesso em: 17 nov. 2012.

FAHEY Jr., G. C. Soybean use – companion animals. **Soybean Meal Information Center Fact Sheet**, United Soybean Board. 4 p. 2007.

FARIA, D.E.; JUNQUEIRA, O.M.; SAKOMURA, N.K. et al. Utilização da soja integral tostada e extrusada em rações para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.747-758, 1995.

FÉLIX, A.P.; ZANATTA, C. P.; MURAKAMI, F. Y.; BRITO, C. B. M.; SÁ FORTES, C. M. L.; MAIORKA, A. Digestibilidade de derivados da soja em cães adultos. In: I Congresso Internacional e VIII Simpósio sobre nutrição de animais de companhia, 2009, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2009. p. 101-102.

FÉLIX, A. P.; BRITO, C. B. M.; FERRARINI, H. et al. Características físico-químicas de derivados proteicos de soja em dietas extrusadas para cães. **Ciência Rural**, v.40, n.12, p.2568-2573, 2010.

FÉLIX, A.; RAMOS, T.; ALARÇA, L.; BRITO, C.; MANDARINO, J.; OLIVEIRA, S.; MAIORKA, A. Effect of extrusion on the trypsin inhibitors activity and digestibility of the raw soybean in dogs determined by the regression, substitution, and difference methods. **Proceedings 16th Congress of the ESVCN**, Bydgoszcz, Poland, p. 46, 2012.

FÉLIX, A.P. ; CARVALHO, M.P. ; ALARÇA, L.G. ; BRITO, C.B.M. ; OLIVEIRA, S.G. ; MAIORKA, A. . Effects of the inclusion of carbohydrases and different soybean meals in the diet on palatability, digestibility and faecal characteristics in dogs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 174, p. 182-189, 2012.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Dietary supplementation with a Quillaja saponin mixture improves growth performance and metabolic efficiency in common carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture**, v. 203, p. 311-320, 2002.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B. et al. Farelo de soja integral em rações para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 26, no. 2, p. 203-207, 2004

GOLDFLUS, F. Ingredientes derivados do processamento da soja aplicados na nutrição animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E

SUÍNOS E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE RAÇÕES, Campinas, SP. **Anais...** CBNA, p.97-188, 2001.

GRAF, E. Applications of phytic acid. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, Champaign, v.60, n.11, p.1861-1867, 1983.

GRANT, G. Lectins. In: D'MELLO, F. J. P.; DUFFUS, C. M.; DUFFUS, J. H. (Eds.). **Toxic substances in crop plants**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, 1991. p. 49-67.

GRANT, G. Anti-nutritional effects of soybean: a review. **Progress in Food and Nutrition Science**, v. 13, p. 317-348, 1989.

GRANT, G. et al. Intestinal and pancreatic responses to dietary soybean (*Glycine max*) proteins. **Biochemical Society Transactions**, Colchester, v. 16, n. 4, p. 610-611, 1988.

GUZMAN, L.B.; LEE, T-C.; CHICHESTER, C.O. Lipid binding during extrusion cooking. In: KOKINI, J.L.; HO, C.T.; KARWE, M.V. (Eds.) **Food extrusion science and technology**. New York: Marcell Dekker, 1992. p.427-436

HO, C.T.; IZZO, M.T. Lipid protein and lipid carbohydrate interaction during extrusion. In: KOKINI, J.L.; HO, C.T.; KARWE, M.V. (Eds.) **Food extrusion science and technology**. New York: Marcell Dekker, 1992. p.427-436.

KAMRA, D. N. Rumen microbial ecosystem. **Current Science**, Bangalore, v.89, n.1, p. 124-134, 2005.

KVAMME, J. L. What is palatability. In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. **Petfood technology**. Illinois: Watt, 2003. p. 176-177.

LALUSH, I.; BAR, H.; ZAKARIA, I.; EICHLER, S.; SHIMONI, E. Utilization of amylose-lipid complexes as molecular nanocapsules for conjugated linoleic acid. **Biomacromolecules**, v. 6, p.121–130, 2005.

LAURENTIZ, A.C.; SAKOMURA, N.K.; SILVA, R., et al. Avaliação das sojas integrais tostada e extrusada sobre o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO' 95 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1995, Curitiba, SC. **Anais...** Curitiba: p.121-122, FACTA, 1995

LLO, S.; SCHOENLECHNER, R.; BERGHOFER, E. Role of lipids in the extrusion cooking processes. **Grasas y Aceites**, España, v. 51, n. 1/2, p. 97-110, 2000.

MATHIAS, C. Processo de Extrusão. In **Revista Pet Food Brasil**, n. 3, ed. 14, p. 50-51, 2011.

MARTINS, I.B. Efeito do tratamento térmico sobre a qualidade nutricional do grão de soja no desempenho e na composição de carcaça de frangos de corte. **Dissertação** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 170p. 1995.

MENDES, W.S.; SILVA, I.J.; FONTES, D.O. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.2, p.207-213, 2004.

MOORE, M.L., FOTTLER, H.J., FAHEY JR., G.C., CORBIN, J.E. Utilization of corn-soybean meal-substituted diets by dogs. **Journal of Animal Science**, v. 50, p. 892–896, 1980.

MOURA, W. C. O. **Soja integral processada em dietas para codornas japonesas em postura**. Tese *Magister Scientiae*. Viçosa, MG, UFV, 2007.

MUSTAKAS, G.C.; ALBRECHT, W.J.; MCGHEE, J.E. et al. Lipoxidase deactivation to improve stability, odor and flavor of full-fat soy flours. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, 46:623-626, 1969.

MULRHEAD, S. Soyhulls are acceptable alternative to forage fiber in dairy cows diets. **Feedstuffs**, v. 655, n. 46, p.12, 1993.

NRC - Nutrient Requirements of Dogs and Cats. **National Research Council**. The National Academy Press: Washington, D.C. 2006. 398p.

PINHEIRO, J.W. **Soja integral processada pelo calor em rações de frangos de corte**. Jaboticabal, SP, 1993, 175f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, 1993.

PERILLA, N.S.; CRUZ, M.P.; DE BELALCAZAR, F.; DIAZ, G.J. Effect of temperature of wet extrusion on the nutritional value of full-fat soybeans for broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 38, p. 412- 416, 1997.

PURUSHOTHAM, B.; RADHAKRISHNA, P.M.; SHERIGARA, B.S. Effects of steam conditioning and extrusion temperature on some anti-nutritional factors of soyabean (*Glycine max*) for pet food applications. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v.2, n.1, p.1-5, 2007.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, R.; LUCEUSENTZ, A. C. et al. Avaliação da soja integral tostada ou extrusada sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 584-594, 1998.

SÁ-FORTES, C.M.L. **Valor nutricional de ingredientes energéticos e protéicos para cães**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 82p. Tese (Doutorado em Zootecnia). UNESP, 2005.

SECEX/MDIC, 2012. Estatísticas. **Disponível em:** < <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1955&refr=608>> Acesso em: 28 out. 2012.

SESSA, D.J.; HONIG, D.H.; RACKIS, J. J. Lipid oxidation in full-fat and defatted soybean flakes as related to soybean flavor. **Cereal Chemistry**, 46:675-686, 1969

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2000.

SOARES, E. C.; FILHO, M.P. ; ROUBACH, R. et al. Protease exógena em dietas para juvenis de tucunaré-paca (*Cichla* sp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.971-976, 2008.

SWANSON, K. S; FAHEY, G. C. Jr. **Prebiotics in companion animal**. 2007. Disponível em: http://www.engormix.com//e_articles_iew.asp?art=414&AREA=MAS. Acesso em: 16 jun. 2010.

TESHIMA, E. Aspectos terapêuticos de probióticos, prebióticos e simbióticos. In: FERREIRA, C.L.L.F. **Prebióticos e probióticos: Atualização e Prospecção**. Viçosa: UFV, 2003, p. 35-60.

VANHOUTTE, T., G. HUYS, E. DE BRANDT, G.C. FAHEY, JR., AND J. SWINGS. Molecular monitoring and characterization of the faecal microbiota of healthy dogs during fructan supplementation. **FEMS Microbiology Letters**. 249, p. 65-71, 2005.

WALDROUP, P.W.; HAZEN, F.R. An evaluation of roasted extruded and raw unextracted soybeans in the diet of laying hens. **Nutrition Reports International**, v.18, 99-103, 1978.

WHITE, C.L.; GREENE, D.E.; WALDROUP, P.W. et al. The use of unextracted soybeans for chicks. 1. Comparison of infra-red cooked, autoclaved and extruded soybeans. **Poultry Science**, v.46, p.1180-1185, 1967

YAMAGUCHI, S.; NINOMIYA, K. Umami and food palatability. **Journal Nutrition**, Tokyo, v. 130, p. 921-962, 2000. Supplement.

YAMKA, R. M.; JAMIKORN, U.; TRUE, A. D. et.al. . Evaluation of soybean meal as a protein source in canine foods. **Animal Feed Science Technology**, v.109, p.121–132, 2003

YAMKA, R.M.; HARMOM, D.L.; SCHOENHERR, W.D. et al. In vivo measurement of flatulence and nutrient digestibility in dogs fed poultry by-product meal, conventional soybean meal, and low-oligosaccharide low-phytate soybean meal. **American Journal of Veterinary Research**. v.67, n. 1, p.88-94, 2006.

ZHANG, Y.; PARSONS, C.M.; WEINGARTNER, K. E.; WIJERATNE, W. B. Effects of extrusion and expelling on nutritional quality of conventional and kunitz tripsin inhibitor-free soybeans. **Poultry Science**, v.72, p.2299-2308, 1993.

ZUO, Y., FAHEY JR., G.F., MERCHEN, N.R., BAJJALIEH, N.L. Digestion response to low oligosaccharide soybean meal by ileally-cannulated dogs. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 2441–2449, 1996.

CAPÍTULO 2 - Soja crua em dietas extrusadas para gatos

Capítulo escrito de acordo com as normas da revista Animal Feed Science and Technology (ELSEVIER)

RESUMO: Nutricionistas, em busca de novas alternativas viáveis e de baixo custo como fonte de proteína e energia, têm utilizado ingredientes de origem vegetal como a soja crua em suas formulações. Em um primeiro estudo avaliou-se a soja crua em alimentos extrusados para gatos, bem como o efeito do processo de extrusão sobre a inativação de seus fatores antinutricionais. Em outro estudo avaliou-se o processo sobre a formação de complexos amido-lipídeos e sua influência na digestibilidade da gordura. O primeiro ensaio seguiu delineamento em blocos casualizados, composto por três blocos de oito animais, quatro tratamentos e seis repetições por tratamento. Foram formuladas três dietas experimentais: a primeira teve apenas farinha de vísceras de frango (FVF) como fonte proteica, a segunda conteve farelo de soja (FS), e a terceira utilizou a soja crua, que foi desdobrada em dois tratamentos com processo de extrusão à temperatura de 115°C (SC115) e à 135°C (SC135). O segundo ensaio seguiu um delineamento inteiramente casualizado composto por três tratamentos e seis repetições por dieta. A dieta FS do primeiro ensaio foi utilizada para compor três dietas em que adicionou-se 0, 3,72% e 7,44% de óleo degomado de soja: FSSO – controle, sem óleo na massa; FSMO - com 3,72%; e FSTO - com 7,44% de óleo na massa. Em ambos os experimentos, a digestibilidade dos nutrientes e a energia metabolizável não diferiram entre as dietas ($p>0,05$), exceto os coeficientes de digestibilidade aparente da gordura, que foram menores para as rações SC115 e SC135 (83,6 e 82,9%) quando comparado às demais dietas. Menores valores de amônia fecal ($p<0,05$) e tendência de maior ácido láctico das mesmas ($p=0,053$) foram encontrados nas fezes dos animais que receberam as dietas com soja. Não houve influência da inclusão da soja crua nos teores da uréia sérica pós-prandial ($p>0,05$). As rações com soja crua apresentaram maiores densidades e menores índices de gelatinização do amido que as rações FVF e FS. O processo de extrusão eliminou os fatores antinutricionais da soja crua ($p<0,05$) tornando-a uma alternativa palatável e de interessante perfil proteico e energético para dietas de gatos adultos.

Palavras-chave: complexos amido-lipídeos, fatores antinutricionais, fontes proteicas, processo.

RAW SOYBEAN IN EXTRUDED DIETS FOR CATS

ABSTRACT: Nutritionists searching for viable and low-cost alternatives sources of protein and energy, have used vegetable ingredients like raw soybean in their formulations. In the first chapter the raw soybean ingredient in extruded cat foods was evaluated, as well as the effect of the extrusion process on the inactivation of its antinutritional factors. In the other chapter the process on the starch-lipid complexes formation and their influence on the fat digestibility were evaluated. The first experiment was carried on with a randomized block design consisting of three blocks of eight animals, four treatments and six replicates per treatment. Three experimental diets were formulated: the first had only poultry by-product meal as protein source (PM), the second one contained soybean meal (SBM), and the third used the raw soybean, which was divided in two treatments with the extrusion process at temperature of 115°C (RS115) and at 135°C (RS 135). In the second assay a completely randomized design consisting of three treatments and six replications per diet was conducted. The SBM diet of the first experiment was used to compose three diets that was added 0%, 3.72% and 7.44% of degummed soybean oil: SBMWO – control without oil in the dough; SBMHO - with 3.72%; and SBMAO - with 7.44% oil in the dough. In both experiments, nutrient digestibility and metabolizable energy did not differ between diets ($p>0.05$), except for fat apparent digestibility, which was lower for RS115 and RS135 (83.6% and 82.9%) when compared to the other diets. Smaller amounts of ammonia faeces ($p<0.05$) and a tendency towards greater lactic acid thereof ($p=0.053$) were found in the feces of the animals fed soya diets. There was no influence of including raw soybean in the levels of postprandial serum urea ($p>0.05$). Diets containing raw soybeans had higher densities and lower rates of starch gelatinization than the FVF and FS rations. The concentrations of essential amino acids were higher than the recommendations for adult felines. The extrusion process was effective at the antinutritional factors elimination ($p<0.05$) of the raw soybean making it a palatable alternative and of interesting protein and energy profile for adult cat foods.

Keywords: starch-lipid complexes, antinutritional factors, protein source, process.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é atualmente a principal fonte proteica empregada em rações para animais (Mateos, 2002). A soja crua por possuir elevados teores proteico (350 a 390 g/kg) e de extrato etéreo (180 a 220 g/kg), apresenta-se como ingrediente potencialmente interessante na formulação de rações para gatos, principalmente quando se deseja elevado teor energético. Contudo, o valor nutritivo da soja crua está estreitamente relacionado com o tipo de processamento utilizado no grão e seus efeitos sobre a inativação dos fatores antinutricionais do ingrediente (Liener, 1981; Grant, 1989; Kaankuka et al., 1996; Qin et al., 1996).

Dentre os fatores antinutricionais presentes na soja crua destacam-se os inibidores de tripsina, que podem representar até 2% de seu conteúdo proteico reduzindo o valor biológico e a digestibilidade das proteínas da dieta (Silva e Silva, 2000; Feldman, 2004), e as hemaglutininas (lectinas), capazes de causar uma perturbação no metabolismo do intestino delgado e lesões nas vilosidades intestinais, aumentando a secreção de muco que pode prejudicar a capacidade enzimática e absorção da parede intestinal (Grant, 1991; Francis et al., 2001^a).

Estes dois princípios antinutricionais são termolábeis e inativados durante a tostagem do grão (Kaankuka et al., 1996; Qin et al., 1996) e por meio da extrusão das rações (Café et al., 2000), o que aumenta o valor nutricional da soja crua e possibilita seu uso em alimentos para cães e gatos. Purushotham et al. (2007) verificaram que as condições de processamento, especialmente o emprego de vapor no condicionador e a temperatura de processo no canhão da extrusora, foram fundamentais para que os fatores antinutricionais da soja fossem eficientemente inativados em dietas para cães.

Desta forma, no presente estudo avaliou-se o efeito do processo de extrusão sobre a inativação dos fatores antinutricionais da soja crua em alimentos completos para gatos adultos, bem como o efeito da inclusão do ingrediente sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia, balanço de nitrogênio, concentrações fecais de produtos de fermentação intestinal, microbiota das fezes, respostas pós-prandiais de ureia e preferência alimentar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada” e na fábrica de rações da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) desta mesma instituição (Protocolo nº000802/11) e de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

2.1. EXPERIMENTO 1 - Valor *nutricional da soja crua para gatos*

Este experimento teve como objetivo avaliar o ingrediente soja crua em alimentos extrusados para gatos, bem como o efeito do processo de extrusão sobre a inativação de seus fatores antinutricionais.

2.1.1. *Animais delineamento experimental*

Foram utilizados 24 gatos adultos, sem raça definida, com idade média de $6,8 \pm 1,44$ anos, machos e fêmeas, com escore de condição corporal médio $5.0 \pm 0,98$ (Laflamme, 1997) e peso corporal médio $4,1 \pm 0,77$ kg, castrados. Todos os gatos estavam vacinados, desverminados e clinicamente sadios, sendo provenientes do gatil do referido laboratório. O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados, composto por três blocos de oito animais, quatro tratamentos (rações) e dois animais por ração em cada bloco, totalizando seis repetições por tratamento.

Durante o experimento os animais permaneceram em gaiolas metabólicas individuais em inox, com dimensões de 90 x 80 x 90 cm, com aparato para coleta

separada de fezes e urina. O alimento foi oferecido às 9h ficando disponível até o dia seguinte. A quantidade fornecida foi suficiente para atender a demanda energética de manutenção dos animais [necessidade energética (NE) = 418kJ x peso corporal, kg^{0,67}] preconizada pelo NRC (2006). A água foi oferecida à vontade. O consumo de alimento foi mensurado e registrado durante todo o período experimental. O ambiente em que os animais permaneceram apresentou iluminação natural e artificial, mantendo-se um ciclo claro:escuro de 12:12 horas, respectivamente.

Foram avaliados a digestibilidade aparente dos nutrientes, escore fecal, produção de fezes, pH fecal, ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico), ácidos graxos de cadeia ramificada (isobutírico, isovalérico e valérico), ácido láctico e amônia nas fezes, resposta pós-prandial da ureia e análise microbiológica nas fezes. Para tanto, em cada bloco foi realizada adaptação à dieta do 1º ao 5º dia; coleta total de fezes e urina nas gaiolas metabólicas para o ensaio de digestibilidade e balanço de nitrogênio do 6º ao 12º dia; coleta de fezes frescas para análise de pH e concentração de ácidos graxos de cadeia curta e ramificada, ácido láctico e amônia no 13º e 14º dias; análise da resposta pós-prandial da uréia no 15º dia; coleta de fezes frescas para análise microbiológica no 16º dia.

2.1.2. Dietas experimentais

Foram formuladas três dietas experimentais com composições nutricionais semelhantes, de forma que seus teores de nutrientes atendessem às recomendações nutricionais para manutenção de gatos da European Pet Food Industry Federation (FEDIAF, 2011). A primeira teve apenas farinha de vísceras de frango como fonte proteica, sendo considerada ração controle negativo (FVF). A segunda ração foi formulada tendo o farelo de soja como fonte proteica principal, sendo empregada como controle positivo (FS). A terceira formulação empregou a soja crua como principal fonte proteína. Com base nesta formulação duas dietas foram produzidas de acordo com o processo de extrusão: extrusão à temperatura de 115°C (SC115);

extrusão à temperatura de 135°C (SC135). A composição química das fontes proteicas empregadas no experimento encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química das fontes proteicas empregadas no experimento. Valores sobre a matéria original.

Item	Farinha de Vísceras de Frango	Farelo de Soja ¹	Soja Crua ²
Matéria seca (g/kg)	934,8	904,7	910,9
Proteína bruta (g/kg)	639,2	449,0	360,2
Extrato etéreo hidrólise ácida (g/kg)	110,5	43,5	187,8
Matéria mineral (g/kg)	147,6	60,6	47,4
Fibra dietética total (g/kg)	71,8	187,8	204,1
Energia bruta (kJ/g)	21,0	20,0	24,0

¹ Solubilidade proteica em KOH igual a 69%. Analisada segundo ANFAR (2005).

² Solubilidade proteica em KOH igual a 95%. Analisada segundo ANFAR (2005).

Previamente à confecção das dietas, os ingredientes foram analisados para umidade, proteína bruta, extrato etéreo e fibra dietética total. Com base nestes resultados, casca de soja foi empregada de forma a tornar semelhante a composição de fibra das rações. Óleo degomado de soja foi utilizado em cobertura nas dietas para que estas apresentassem teores semelhantes de gordura, deste modo, menores porcentagens de inclusão ocorreram nas dietas SC115 e SC135 em comparação a FVF e FS devido ao alto teor de lipídeos encontrado no grão cru de soja. Óleo de peixe foi empregado para balanceamento do perfil de ácidos graxos das dietas, sendo este rico em ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 como os ácidos eicosapentaenoico e docosahexanóico. A formulação das dietas experimentais e sua composição química analisada encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Formulação e composição química analisada¹ das dietas experimentais. Valores sobre a matéria original.

Ingredientes	Dietas ²			
	FVF	FS	SC115	SC135
	g/kg, matéria natural			
Farinha de vísceras de frango (g/kg PB)	227,2	50,0	50,0	50,0
Farelo de soja (450g de PB/kg)	-	302,6	-	-
Soja crua, grãos	-	-	384,8	384,8
Arroz quirera	441,0	322,5	331,1	331,1
Glúten de milho (600g proteína/kg)	150,0	150,0	150,0	150,0
Casca de soja	67,7	27,3	1,4	1,4
Óleo degomado de soja	65,1	74,4	10,0	10,0
Palatabilizante líquido	20,0	20,0	20,0	20,0
Premix mineral e vitamínico ³	5,0	5,0	5,0	5,0
Calcário	0,2	8,2	11,4	11,4
Fosfato bicálcico	4,7	21,1	16,4	16,4
Cloreto de potássio	4,5	4,5	4,5	4,5
Cloreto de sódio	6,0	6,0	6,0	6,0
Cloreto de colina	3,0	3,0	3,0	3,0
Taurina	1,5	1,5	1,5	1,5
Óleo de peixe	2,5	2,5	2,5	2,5
Antioxidante ⁴	0,4	0,4	0,4	0,4
Antifúngico ⁵	1,0	1,0	1,0	1,0
Composição química analisada				
Matéria seca (g/kg)	927,3	926,1	930,3	935,6
Matéria mineral (g/kg)	59,8	69,4	66,1	67,4
Proteína bruta (g/kg)	306,7	320,6	312,1	304,7
Extrato etéreo hidrólise ácida (g/kg)	117,5	120,2	123,8	123,7
Fibra dietética total (g/kg)	73,8	74,0	69,1	72,5
Fibra bruta (g/kg)	44,1	50,8	39,1	38,6
Amido (g/kg)	366,6	324,1	339,1	343,5
Cálcio (g/kg)	10,2	10,6	10,3	10,9
Fósforo (g/kg)	8,4	8,8	8,1	8,2
Energia bruta (kJ/g, matéria natural)	19,1	19,3	19,4	19,4

¹ Analisada em duplica, CV<5%; ² FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C; ³ Adição por quilograma de produto: Ferro 100 mg, Cobre 10 mg, Manganês 10 mg, Zinco 150 mg, Iodo 2 mg, Selênio 0,3 mg, Vitamina A 18.000 UI, Vit. D 1.200 UI, Vit. E 200 UI, Tiamina 6 mg, Riboflavina 10 mg, Ácido pantotênico 40 mg, Niacina 60 mg, Piroxidina 6 mg, Ácido fólico 0,30 mg, Vit. B12 0,1 mg; ⁴ Banox, Alltech Brasil Agroindustrial Ltda: BHA, BHT, galato de propila e carbonato de cálcio; ⁵ Mold Zap Aquativa, Alltech Brasil Agroindustrial Ltda: propionato de amônio, propanodiol, ácido propiônico, ácido acético, ácido láctico, ácido ascórbico, ácido fórmico, sorbato de potássio, veículo q.s.p.

As dietas foram processadas na unidade de extrusão da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Brasil. Os ingredientes foram misturados e moídos em moinho de martelos (Modelo 4, D'Andrea, Limeira, Brasil) equipado com peneiras de tela de 0,8 mm e extrusados em extrusora de rosca simples (Mab 400S, Extruceniter, Monte Alto, Brasil) com capacidade de extrusão média de 150 kg/h. Os equipamentos utilizados formam sistema de extrusão completo em escala laboratorial, com os mesmos componentes e princípios de funcionamento dos sistemas de extrusão comercial. Durante o processo de extrusão a amperagem do motor da extrusora foi constantemente monitorizada e registrada a cada 20 minutos. A densidade dos extrusados (g/L) foi determinada apenas quando o sistema atingiu a estabilidade, sendo a partir deste momento registrada a cada 20 minutos. A temperatura do pré-condicionador da extrusora foi mantida por meio da injeção de vapor direto acima de 90°C. Água, vapor, velocidade da rosca e fluxo de matérias-primas foram ajustados de acordo com a formulação da dieta. O tempo médio de retenção do alimento no canhão da extrusora variou entre 20 e 22s. Após a extrusão os extrusados foram secos em secador estacionário de ar forçado, aquecido a 105°C, e posteriormente cobertos com óleos e palatabilizantes. Para cada tratamento foram produzidas quatro rodadas de produção constituídas por 200 kg de ingredientes. O valor médio das aferições de cada operação de extrusão foi considerado uma unidade experimental e utilizada para as comparações entre os tratamentos.

2.1.3. Determinação dos fatores antinutricionais da soja

O efeito da extrusão nos fatores antinutricionais da soja foi mensurado pelas avaliações da atividade inibidora de tripsina e atividade hemaglutinante. Estas análises foram conduzidas no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP-Jaboticabal. Para cada uma das quatro rações, as avaliações foram realizadas em amostras obtidas em quatro pontos do processamento das dietas:

- a) do farelo moído ainda cru;
- b) da ração após passagem pelo condicionador da extrusora;
- c) da ração após passagem pela extrusora;
- d) da ração após passagem pelo secador.

A atividade inibidora de tripsina foi verificada pelo método descrito por Kakade et al. (1969). A extração dos inibidores foi realizada agitando-se, durante uma hora em temperatura ambiente, 0,5g da amostra (previamente desengordurada a frio, com éter de petróleo) em 25 mL de HCl 0,025 M. A suspensão foi então filtrada em papel Whatman n°2, o filtrado centrifugado (8.600 G durante 10 minutos) e o sobrenadante utilizado para determinação da atividade dos inibidores de tripsina. Esta atividade foi determinada utilizando-se o benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida (BAPNA) como substrato para a tripsina. Foram pipetadas alíquotas de 0,2 mL de extrato da amostra, em triplicatas. A cada tubo, previamente acondicionado em banho-maria a 37°C, foi adicionado 0,2 mL da solução de tripsina (0,08 mg/mL de HCl 0,001 N) e, após 10 minutos, 1,4 mL de BAPNA (0,3mg/mL de tampão Tris 50 mM, pH 8.2, contendo CaCl_2 20 mM), previamente aquecidos a 37°C. A reação foi interrompida após 10 minutos pela adição de 0,2 mL de ácido acético 30%. A absorbância foi lida a 410 nm, contra os brancos aos quais foram adicionados o ácido acético antes do BAPNA. A atividade do inibidor de tripsina foi expressa em termos de unidade de tripsina inibida (UTI)/mg de matéria seca.

A atividade hemaglutinante das dietas foi determinada segundo Junqueira e Sgarbieri (1981). O extrato de hemaglutinina foi obtido agitando-se, durante uma hora em temperatura ambiente, 2.0g da amostra (previamente desengordurada a frio, com éter de petróleo) em 20 mL de NaCl 0,85%. A suspensão foi então filtrada em papel Whatman n°2 e o filtrado utilizado para determinação da atividade hemaglutinante. A atividade aglutinante foi verificada usando-se placas de microtitulação contendo 8 fileiras de 12 poços cada, os quais foram preenchidos com 50 μL de extrato da amostra no primeiro espaço (coluna) e 25 μL de solução salina tamponada (NaCl 0,85%) nos demais poços das fileiras. A amostra foi submetida a uma série de diluições na base 2 (2^0 , 2^1 , 2^2 , 2^3 , etc.), em triplicata, com homogeneização e transferência de 25 μL para o poço seguinte até o último poço da fila. Em seguida, a

amostra diluída foi incubada com 25 μ L de suspensão de hemácias a 2%, preparada com sangue de coelho, em temperatura ambiente. Foram realizadas leituras da aglutinação das hemácias visualmente, após 60 minutos de repouso. Os resultados foram expressos em número de unidades hemaglutinantes (UH), que é calculado pelo expoente de base 2, correspondente à última diluição em que foi observada aglutinação visível de eritrócitos.

2.1.4. Determinação dos complexos amido-lipídeos

Em função das maiores quantidades de gordura interna nas rações com soja crua durante o processamento por extrusão, foi determinada a formação de complexos amido-lipídeos por meio de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC, *Differential Scanning Calorimetry*). Esta análise foi conduzida no Laboratório de Tecnologia e Inovação de Produtos-Polímeros de Carboidratos do departamento de Ciência de Grãos e Indústria da Universidade do Estado do Kansas, Manhattan, EUA. Utilizou-se para isto equipamento PYRIS Diamond DSC da PerkinElmer Instruments, Massachusetts, Estados Unidos.

A calorimetria diferencial de varrimento (DSC) é técnica de análise térmica que registra o fluxo de energia calorífica associado a transições nos materiais em função da temperatura. É método de variação entálpica (ΔH), no qual a diferença no fornecimento de energia calorífica entre uma substância e um material de referência é medida em função da temperatura, enquanto ambas são submetidas a um mesmo programa de aquecimento ou arrefecimento, rigorosamente controlado (DE PILLI et al., 2008). Estas medidas fornecem dados qualitativos e quantitativos em processos endotérmicos (absorção de energia calorífica) e exotérmicos (libertação de energia calorífica), permitindo se obter informações referentes a alterações de propriedades físicas e/ou químicas como: temperaturas características (fusão, cristalização, transição vítrea), grau de cristalinidade de um polímero, diagrama de fases, entalpias de transição de fase e de reação, estabilidade térmica e oxidativa, grau de pureza e cinética de reações.

A quantificação dessas reações pode ser obtida pelo cálculo da variação de

entalpia, que está associada à área do pico diretamente sob a curva watts por grama (W/g) envolvida no processo endotérmico ou exotérmico, sendo este expresso em joule por grama (J/g). Para avaliação dos complexos amido-lipídeos das dietas, o instrumento foi calibrado utilizando um cadinho de alumínio com 25 uL de água destilada como valor de referência. Foram pesadas cerca de 20 a 40 mg de amostra, todas corrigidas para o mesmo teor de umidade, em cadinhos de alumínio iguais ao de referência. O instrumento foi calibrado para aquecer as amostras desde menos 10°C até atingir 140°, à uma taxa de 10°C por minuto e 7 psi de pressão. Foi adicionada água destilada para se obter o conteúdo sólido de 20% na mistura. Para cálculo do valor de entalpia (ΔH) foram utilizadas as temperatura inicial de gelatinização (T_i), temperatura de pico (T_p) e temperatura de conclusão (T_c).

2.1.5. Determinação da digestibilidade, produção e qualidade das fezes e balanço de nitrogênio

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e a energia metabolizável das dietas foram determinados pelo método de coleta total de fezes e urina, segundo recomendações da AAFCO (2010). O consumo alimentar foi registrado diariamente, pesando-se as quantidades oferecidas e recusadas de alimento a cada refeição. As fezes foram coletadas integralmente duas vezes ao dia, às 08h e às 17h, pesadas e acondicionadas em sacos plásticos individuais, previamente identificados, fechados e armazenados em freezer (-15°C) para posterior análise. A urina foi coletada duas vezes ao dia, em recipientes plásticos colocados sob o funil coletor da gaiola contendo 1 mL de ácido sulfúrico 1N para evitar perdas de nitrogênio e proliferação de bactérias. Logo após a coleta foi mensurado o volume urinário produzido, sendo estas, então, armazenadas em garrafas plásticas identificadas e mantidas em freezer (-15°C) até realização das análises laboratoriais.

Ao final do período de coleta, as fezes foram descongeladas e homogeneizadas, compondo-se uma amostra única por animal e período, pesadas e secas em estufa de ventilação forçada (320-SE, FANEM, São Paulo, Brasil) a 55 °C durante 72 horas. A urina foi colocada (cerca de 50 mL) em placas de Petri e

mantidas em estufa de ventilação forçada (320-SE, FANEM, São Paulo, Brasil) a 55°C, durante 24 horas, para redução do volume. Este procedimento foi repetido por mais duas vezes, totalizando 150 mL de urina.

Fezes pré-secas e as rações foram moídas em moinho tipo faca (MOD 340, ART LAB, São Paulo), com peneira de 0,8mm, para proceder-se às análises laboratoriais. Nas fezes e rações foram determinados, segundo a metodologia descrita pela AOAC (1995), os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA) e matéria mineral (MM). O método de Prosky et al. (1992) foi usado para a determinação da fibra dietética total nas rações e fezes. As quantidades de amido das rações e fezes foram determinadas de acordo com o método de Miller (1959) e Hendrix (1993). A Energia Bruta foi determinada em bomba calorimétrica (1281, PARR Instruments, EUA). Para sua realização, amostras de fezes e rações foram peletizadas e pesadas, e a urina concentrada foi colocada em cápsulas de silicone para posterior combustão. Todas as análises laboratoriais foram conduzidas em duplicata, sob um coeficiente de variação menor de 5%.

Adicionalmente, o alimento foi avaliado quanto a seus teores de cálcio e fósforo segundo a AOAC (1995) e sua composição de aminoácidos foi determinada segundo Hagen et al. (1989), por HPLC (Shimadzu, modelo 20-A, Shimadzu Corp., Japão) no departamento de nutrição animal da Ajinomoto do Brasil (Limeira, SP, Brasil). Amostras do alimento recolhidas na mistura farelada, antes da extrusão, na saída do condicionador, saída da extrusora e saída do secador foram, também, analisadas quanto ao teor de extrato etéreo convencional, segundo método da AOAC (1995), com vista à comparação de resultados com a metodologia de extrato etéreo com prévia hidrólise ácida. As dietas foram analisadas em quintuplicada, de modo a se permitir análise estatística dos resultados.

Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados a energia metabolizável e os CDA da matéria seca, proteína bruta, matéria orgânica, extrato etéreo hidrólise ácida, fibra dietética, amido e energia bruta, de acordo com procedimentos de cálculo estabelecidos pela AAFCO (2010). Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (CDAN) foram calculados com a seguinte fórmula, segundo Pond et al. (1995):

$$\text{CDAN (g/kg)} = \frac{\text{Nutriente ingerido (g)} - \text{nutriente excretado (g)}}{\text{Nutriente ingerido (kg)}}$$

A matéria seca das fezes foi determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{MS fecal} = \frac{1^{\text{a}} \text{ MS} \times 2^{\text{a}} \text{ MS}}{100}$$

Sendo que:

1^a MS = matéria seca a 55 °C das fezes *in natura*;

2^a MS = matéria seca a 105 °C das fezes secas a 55°C;

A qualidade das fezes dos gatos foi avaliada empregando-se sistema de escore fecal com notas de 0 a 5, sendo: 0 para fezes líquidas; 1 para fezes pastosas e sem forma; 2 para fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3 para fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4 para fezes bem formadas e consistentes, que não marcam o piso (escore ideal); 5 para aquelas também bem formadas, mas duras e ressecadas. Consideram-se normais os valores entre 3 e 4 (Carciofi et al., 2008).

Nas amostras de alimentos, fezes e urina foi determinado o teor de nitrogênio pelo método Kjeldhal (AOAC, 1995). O balanço de nitrogênio (BN) foi então calculado pela diferença entre o nitrogênio ingerido (Ningerido) e excretado nas fezes (Nfecal) e urina (Nurinário), pela seguinte fórmula:

$$\text{BN (mg/kg de peso corporal}^{0,67}\text{/dia)} = \text{Ningerido (mg/kgPC}^{0,67}\text{/dia)} - [\text{Nfecal (mg/ kgPC}^{0,67}\text{/dia)} + \text{Nurinario (mg/ kgPC}^{0,67}\text{/dia)}]$$

2.1.6. Avaliação do pH, concentração de ácidos graxos de cadeia curta e ramificada, ácido lático e amônia das fezes

O pH das fezes dos gatos foi determinado nos dias 13^o e 14^o. Para isto dois gramas das fezes frescas foram diluídas (1:10 p/v) em água miliq e o pH medido com pH-metro de precisão 0,01 pH (Digicrom Analítica Ltda, modelo DM20).

Para as análises dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) foram coletadas nos mesmos dias da avaliação de pH 10 gramas de fezes frescas (coletadas no máximo 10 minutos após a defecação). Estas foram homogeneizadas e misturadas com 30 mL de ácido fórmico 4.2 N (1:3 p/v). Posteriormente a mistura foi centrifugada a 4.500 G durante 15 minutos a 15°C por três vezes, aproveitando-se o sobrenadante e desprezando-se o sedimento. Após a extração as amostras foram identificadas e armazenadas em freezer (-15°C).

As concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) e ácidos graxos de cadeia ramificada (isovalérico, isobutírico e valérico) foram determinadas por cromatografia gasosa (Finningan, modelo 9001, Finningan Corporation, San Jose, EUA) de acordo com ERWIN et al. (1961), sendo a coluna de vidro de 2 metros de comprimento, diâmetro de 1/8", empacotada com 80/120 Carbowax B-DA/4% Carbowax 20M. O cromatógrafo foi calibrado por meio da injeção de 1 µL de solução padrão misto e a curva pré-estabelecida no software BORWIN versão 1.21.60. Foi utilizado nitrogênio como gás de arraste (vazão de 25 mL/min.), oxigênio como gás comburente (vazão de 175 mL/min.) e hidrogênio como gás combustível (vazão de 15 mL/min.), com temperaturas de operação de 220°C no injetor, 210°C na coluna e 250°C no detector de ionização de chama.

Para a determinação de ácido láctico foram empregos cerca de três gramas de fezes colhidas como descrito para AGCC. Estas foram rapidamente homogeneizadas e misturadas à 9 mL de água destilada (1:3 p/v). Esta mistura foi mantida sob refrigeração por um dia, sendo, então, centrifugada por três vezes a 4.500 G à 15°C, por 15 minutos, aproveitando-se o sobrenadante e desprezando-se o sedimento. A análise foi realizada de acordo com Pryce (1969) pelo método espectrofotométrico com leitura a 565 nm (500 a 570nm). Foi utilizado branco reagente para calibrar o espectrofotômetro (QUICK - Lab marca DRAKE). As amostras foram quantificadas comparando-as com padrão de ácido láctico a 0.08%.

Para medir a concentração de NH₃ fecal foi adaptada a metodologia de Vieira (1980). Foram utilizados os extratos preparados para dosagem de AGCC. Os extratos foram descongelados à temperatura ambiente e em seguida alíquotas de 2 mL foram diluídas em 13 mL de água destilada (2:13 v/v) e submetidas à destilação em um destilador de nitrogênio (Tecnal TE - 036/1, Piracicaba, Brasil). A destilação

foi realizada com 5 mL de solução 0.2N de hidróxido de potássio e o nitrogênio recebido em um erlenmeyer com 10 mL de solução receptora (ácido bórico a 0.97 N). Ao atingir-se 50 mL de solução receptora mais material destilado foi interrompida a destilação. Em seguida foi realizada a titulação com ácido clorídrico 0.005N.

2.1.7. Avaliação da resposta pós prandial de ureia dos gatos

A avaliação da resposta pós prandial da uréia foi conduzida segundo Carciofi et al. (2009), com algumas modificações. Após jejum de 12 horas foi coletada amostra de sangue para determinação da uremia basal (tempo 0). Os gatos foram então alimentados e alíquotas de sangue foram colhidas 4, 8, 10 e 12 horas após o início da ingestão alimentar, ficando o alimento disponível continuamente aos animais. O consumo de ração durante as curvas foi registrado à cada horário de coleta de sangue. Foram coletados em cada tempo, por venopunção direta da veia jugular, 3 mL de amostra sanguínea, utilizando seringa e transferindo para tubo de vidro sem anticoagulante. O soro foi separado em até 15 minutos após a coleta e armazenado a -20°C. As amostras foram analisadas dentro de um período máximo de 24 horas após a coleta, usando analisador semi-automático (Labquest model BIO-2000, Labtest Diagnostica S.A., Lagoa Santa, Brasil). A concentração da uréia foi determinada pelo método de ultravioleta cinética (Uréia UV Liquiform, Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Brasil). As análises foram realizadas em duplicata e repetidas quando variavam acima de 5%.

2.1.8. Avaliação microbiológica das fezes

No 16º dia de cada bloco amostras de fezes frescas foram colhidas de forma asséptica até no máximo 10 min de eliminação, mantidas em pote coletor universal estéril e levadas para procedimento analítico com no máximo 30 minutos após sua coleta, de forma a se manter a viabilidade dos microrganismos. No Laboratório de Microbiologia Aplicada à Zootecnia, da FCAV Unesp, de cada amostra de fezes

foram pesadas 25 gramas, homogeneizadas, diluídas em série com água salina estéril até 10^{-6} e, logo após, semeadas para contagem dos microrganismos utilizando-se de meios e condições apropriadas para cada tipo de bactéria, conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Métodos empregados para cultura das bactérias em estudo.

Bactéria	Meio de cultura	Fabricante	Condições de incubação*
<i>Enterobacterium</i> sp.	Agar MacConkey	Acumedia	A, 37°C, 24h
<i>Bifidobacterium</i> sp.	Bifidobacterium Agar	Himedia	AN, 37°C, 24h
<i>Clostridium</i> sp.	Reinforced Clostridium Agar	Oxoid	AN, 37°C, 48h
<i>Lactobacillus</i> sp.	Man Ragosa Sharpe (MRS)	Acumedia	AN, 37°C, 72h

* Necessidade de oxigênio, temperatura e tempo de incubação. Legenda: A = aerobiose, AN = anaerobiose

A contagem total, em Unidades Formadoras de Colônia (UFC/g de fezes na matéria seca), de cada um dos gêneros em estudo foi realizada pela técnica de contagem padrão em placas. As diluições foram semeadas em duplicatas em placas de petri descartáveis pela técnica de pour plate e incubadas conforme a sua necessidade de oxigênio. As bactérias aeróbias (*Enterobacterium*), após semeadura foram incubadas a 37°C, em aerobiose, por 24 a 48 horas. As bactérias anaeróbias (*Lactobacillus* sp. e *Bifidobacterium* sp.) foram incubadas em jarras de anaerobiose com o sistema gás-pack a 37°C por 24 a 72 horas. Para o gênero *Clostridium* sp. as amostras, nas diluições 10^{-1} e 10^{-2} , foram submetidas a choque térmico prévio a semeadura, para ativar a germinação dos esporos e destruir contaminantes não esporulados, que consistiu em mantê-las em banho-maria a 80°C por 10 minutos, seguido por resfriamento em água com gelo por mais 10 minutos. Após este procedimento as amostras foram semeadas em placas e incubadas como descrito anteriormente. Após incubação foram realizadas a contagem das placas, e cinco colônias típicas foram submetidas a esfregaços corados pelo método de Gram para confirmação das características morfológicas de cada gênero.

2.1.9. *Teste de preferência do alimento*

O teste de preferência do alimento foi realizado na empresa Mogiana Alimentos S/A, em Campinas – SP, utilizando 45 gatos adultos, machos ou fêmeas, distribuídos em três gatis com quinze animais cada. Os alimentos foram oferecidos no período da manhã, em quantidade que excedia a capacidade de ingestão, ficando disponível até o dia seguinte. Os consumos dos alimentos foram mensurados e registrados no dia seguinte. O período experimental teve duração de 48 horas para cada um dos três painéis de preferência e as medidas de consumo de ração foram tomadas a cada 24 horas para cada uma das três salas de avaliação, totalizando seis observações por tratamento. As diferenças entre os tratamentos foram comparadas pelo Teste T pareado à 5% de significância.

Os painéis de preferência avaliados foram:

- ❖ Teste 1: foi comparada a dieta FVF com a FS.
- ❖ Teste 2: foi comparada a dieta FVF com a dieta SC115.
- ❖ Teste 3: foi comparada a dieta FS com a dieta SC115.

A avaliação da palatabilidade também foi feita pela razão de ingestão (RI), conforme a equação:

$$RI = \frac{\text{ingestão alimento A}}{(\text{ingestão alimento A} + \text{ingestão alimento B})}$$

A interpretação dos resultados considerou, arbitrariamente, a seguinte escala:

- ❖ RI menor ou igual a 0,40, preferência ao alimento B
- ❖ RI entre 0,41 a 0,59 não preferência ou alimentos de mesma palatabilidade
- ❖ RI= maior ou igual a 0,60, preferência ao alimento A

2.1.10. Análise estatística

O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados, sendo o tempo o fator de bloco. Foram atendidas as pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Os dados obtidos foram avaliados pela função GLM do programa estatístico SAS 8.0 (versão 8.0, SAS INSTITUTE INC., Cary, USA). O modelo empregado considerou os efeitos de bloco, tratamento e animal. Quando diferenças estatísticas foram verificadas na análise de variância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Foram realizados, adicionalmente, contrastes ortogonais predeterminados, sendo um entre o tratamento com fonte proteica de origem animal FVF versus as fontes proteicas vegetais (FS+SC115 +SC135) e outro entre a dieta com farelo de soja (FS) versus as dietas com soja crua (SC115 +SC135). Para interpretação da resposta pós-prandial de ureia, foram calculadas para cada animal as áreas abaixo da curva (AAC) dos valores absolutos e do incremento de ureia sérica. O incremento de ureia foi calculado subtraindo-se do valor observado em cada tempo o valor obtido no tempo zero (jejum). As AAC foram computadas por integrações numéricas pelo método trapezoidal, utilizando o programa GraphPad Prism 4.0 (GraphPad, La Jolla, USA). Análise de variância com medidas repetidas com dois fatores inter-animais (dieta e período) e um fator intra-animal (tempo de amostragem) foi o método estatístico escolhido para avaliar os efeitos das dietas e do tempo nas alterações das respostas pós-prandiais de ureia. Os resultados foram apresentados como média \pm erro padrão. Considerou-se significativo valor de $p < 0,05$.

2.2. EXPERIMENTO 2 - Avaliação da formação de complexos amido-lipídeos

Este estudo foi delineado para avaliar se a presença de óleo de soja durante a extrusão dos alimentos poderia acarretar na formação de complexos amido-lipídeos que reduzissem a digestibilidade aparente da gordura das rações. Este não estava originalmente previsto no delineamento experimental, esta hipótese surgiu como desdobramento do Experimento 1, em função da menor digestibilidade do extrato etéreo verificada para as duas rações com soja crua que apresentaram na ração farelada, antes da extrusão, 122g de extrato etéreo hidrólise ácida por kg de ração.

2.2.1. Animais e delineamento

Foram utilizados 18 gatos adultos, sem raça definida, com idade média de $6,3 \pm 1,06$ anos, machos ou fêmeas, com escore de condição corporal médio de $5,0 \pm 0,87$ (Laflamme, 1997), peso corporal médio de $4,7 \pm 0,93$ kg, vacinados, desverminados e clinicamente sadios. O experimento seguiu delineamento inteiramente casualizado, composto por três tratamentos (dietas) e seis repetições por tratamento (animais).

2.2.2. Dietas

Foi utilizada a mesma formulação da dieta FS do experimento 1 (Tabela 2). Esta formulação foi desdobrada em três rações, que variaram apenas quanto ao momento de adição de óleo degomado de soja, conforme apresentado a seguir:

- ❖ FSSO: ração FS sem óleo degomado de soja na massa, todo o óleo de soja (74,4 g/kg) foi adicionado por cobertura, após a extrusão;
- ❖ FSMO: ração FS com metade (37,2 g/kg) do total de óleo degomado de soja adicionado na massa e o restante (37,2 g/kg) adicionado em cobertura após a extrusão;

- ❖ FSTO: ração FS que recebeu a totalidade do óleo degomado de soja (74,4 g/kg) misturado à farinha, antes da extrusão.

Os parâmetros e procedimentos de extrusão foram os mesmos já descritos para o Experimento 1.

2.2.3. Determinação dos complexos amido-lipídeos, fatores antinutricionais, digestibilidade, produção e qualidade das fezes

Foram adotados os mesmos procedimentos descritos no experimento 1.

2.2.4. Análise estatística

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e seis repetições por tratamento. Foram atendidas as pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Os dados foram submetidos à análise de variância, quando diferenças foram obtidas no Teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Adotou-se como nível de significância 5%. Todas as análises foram realizados com auxílio do software Statistical Analysis System (Versão 8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA, 2004).

3. RESULTADOS

3.1. EXPERIMENTO 1 - Valor *nutricional da soja crua para gatos*

Os parâmetros obtidos durante o processamento das rações encontram-se na Tabela 4. As rações com soja crua apresentaram maiores densidades e menores índices de gelatinização do amido que as rações FVF e FS ($p < 0,05$).

Tabela 4. Parâmetros obtidos durante o processo de extrusão das dietas experimentais com diferentes fontes de proteína (Experimento 1).

Parâmetros de produção	Dietas ¹				EPM ²	Valor de p
	FVF	FS	SC115	SC135		
Condicionador						
Temperatura condicionador (°C)	93,6	89,5	94,0	94,7	1,24	0,071
Umidade saída condicionador (%)	36,1	36,9	34,9	34,9	0,65	0,129
Extrusor						
Amperagem (A)	19,6	20,2	15,7	19,7	0,64	0,124
Alimentação (Hz)	21,5 ^a	21,8 ^a	11,0 ^b	18,7 ^a	1,05	<,0001
Temperatura na extrusão (°C)	127,8 ^a	114,5 ^b	114,0 ^b	136,3 ^a	2,11	<,0001
Umidade na saída da extrusora (%)	21,7	20,8	23,1	21,5	0,52	0,153
Secador						
Temperatura esteira (°C)	110,4	105,0	104,6	102,0	1,17	0,082
Tempo de permanência (min)	31,0	27,0	35,0	30,0	0,74	0,105
Índice de gelatinização do amido (%)	83,2 ^a	75,8 ^b	68,1 ^c	69,9 ^c	0,33	<,0001
Densidade (g/L)	404 ^b	415 ^b	500 ^a	497 ^a	4,32	<,0001
Complexo amido-lipídio, entalpia de fusão (ΔH), J/g	3,5 ^a	0,9 ^b	0,5 ^b	0,7 ^b	0,26	0,013

¹ FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C;

² EPM – Erro padrão da média, n=4 rodadas de extrusão por dieta;

As dietas FVF e FS apresentaram reduzida atividade inibitória de tripsina e atividade hemaglutinante (Tabela 5), sendo estas provenientes, respectivamente, da casca de soja e do farelo de soja. Já os tratamentos SC115 e SC135 demonstraram elevados valores iniciais (farelo moído antes da extrusão), que se reduziram de forma importante após a passagem do alimento pelo condicionador (redução próxima a 50%) e foram quase totalmente eliminados após a extrusão da ração. Este efeito foi independente da temperatura de extrusão.

Tabela 5. Inibidores de tripsina e atividade hemaglutinante dos ingredientes e das dietas experimentais com diferentes fontes de proteína (Experimento 1). Média \pm erro padrão (n=4).

Produto	Inibidores da tripsina (UTI/mg de amostra desengordurada)	Atividade hemaglutinante (título hemaglutinante/mg de amostra desengordurada)
Farelo de Soja	0,0 \pm 0,0	32 \pm 0,0
Casca de soja	4,0 \pm 0,23	32 \pm 0,0
Soja grão	171,0 \pm 4,2	512 \pm 0,0
Dieta à base de farinha de vísceras (FVF)		
Farelada	0,4 \pm 0,02	32 \pm 0,0
Condicionador	0,04 \pm 0,0	4 \pm 0,0
Extrusora	0,0 \pm 0,0	0 \pm 0,0
Secadora	0,0 \pm 0,0	0 \pm 0,0
Dieta à base de farelo de soja (FS)		
Farelada	0,0 \pm 0,0	32 \pm 0,0
Condicionador	0,0 \pm 0,0	4 \pm 0,0
Extrusora	0,0 \pm 0,0	0 \pm 0,0
Secadora	0,0 \pm 0,0	0 \pm 0,0
Dieta à base de soja crua extrusada a 115°C (SC115)		
Farelada	100,5 \pm 3,70	512 \pm 0,0
Condicionador	53,8 \pm 1,84	256 \pm 0,0
Extrusora	1,7 \pm 0,07	0 \pm 0,0
Secadora	1,3 \pm 0,05	0 \pm 0,0
Dieta à base de soja crua extrusada a 135°C (SC135)		
Farelada	100,5 \pm 3,70	512 \pm 0,0
Condicionador	53,8 \pm 1,84	256 \pm 0,0
Extrusora	1,2 \pm 0,05	0 \pm 0,0
Secadora	0,6 \pm 0,03	0 \pm 0,0

Os alimentos foram adequadamente consumidos pelos gatos. Durante os 16 dias de experimento, não houve episódios de rejeição alimentar ou vômitos. Nenhum animal apresentou reação adversa ao consumir as dietas contendo soja crua, independentemente da temperatura de processamento empregada. O peso corporal dos gatos, assim como o consumo de matéria seca e a ingestão de energia metabolizável não variaram ao longo do estudo ou entre as dietas ($p > 0,05$; Tabela 6).

Informações pertinentes à ingestão de nutrientes e coeficientes de digestibilidade aparente e energia metabolizável das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 7. Os CDA dos nutrientes não diferiram entre os tratamentos (Tabela 7; $p > 0,05$), com exceção do EEHA que apresentou redução no seu CDA para os tratamentos com soja crua ($p < 0,001$).

Em relação à produção e características das fezes, não se verificaram diferenças, apenas tendência à menor teor de matéria seca ($p = 0,051$) e maior de ácido lático ($p = 0,053$) nas fezes dos gatos que consumiram rações com soja (FS, SC115 e SV135), como pode ser visto na Tabela 8. Na avaliação da composição microbiana das fezes dos gatos verificou-se apenas tendência à menor contagem de *Enterobactérias* ($p = 0,052$) nos animais alimentados com soja crua (Tabela 9).

Tabela 6. Peso corporal inicial e final e consumo de matéria seca e energia metabolizável (EM) dos gatos alimentados com dietas experimentais com diferentes fontes de proteína (Experimento 1).

Item	Dietas ¹				EPM ²	Valor de		Contrastes	
	FVF	FS	SC115	SC135		p	FVF x soja ³	FS x SC ⁴	
Peso corporal (kg)									
Inicial	4,44	4,00	4,07	4,10	0,36	0,958	ns	ns	
Final	4,32	3,96	4,07	4,04	0,33	0,966	ns	ns	
Diferença inicial e final, Valor de p	0,78	0,92	0,99	0,89	-	-	-	-	
Consumo (média dos 16 dias)									
MS, g/kg Peso corpora ^{0,67} /dia	22,56	21,46	22,93	23,67	1,61	0,957	ns	ns	
EM, kJ/kg peso corporal ^{0,67} /dia ⁵	370	330	380	390	25,98	0,706	ns	ns	

¹ FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C;

² EPM – Erro padrão da média, n=6 gatos por dieta;

³ FVF versus soja (FS+SC115 +SC135);

⁴ FS versus SC (SC115 +SC135);

⁵ O valor preconizado pelo NRC (2006) é 418 kJ/kg peso corporal^{0,67};

ns = não significativo à 5% de probabilidade.

Tabela 7. Ingestão de nutrientes, coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia metabolizável das dietas experimentais para gatos com diferentes fontes de proteína (Experimento 1).

Item	Dietas ¹				EPM ²	Valor de p		Contrastes	
	FVF	FS	SC115	SC135		FVF x soja ³	FS x SC ⁴		
Peso corporal (kg)	4,32	3,96	4,07	4,04	0,33	0,966	ns	ns	ns
Ingestão (g/gato/dia)									
Matéria seca	61,68	53,98	60,02	62,37	3,99	0,708	ns	ns	ns
Matéria orgânica	57,39	49,61	55,47	57,94	3,68	0,644	ns	ns	ns
Extrato etéreo hidrólise ácida	8,43	7,57	8,60	8,81	0,56	0,696	ns	ns	ns
Proteína bruta	21,99	20,18	21,66	21,71	1,44	0,942	ns	ns	ns
Fibra dietética total	5,30	4,66	4,80	5,17	0,30	0,810	ns	ns	ns
Amido	26,29	20,40	23,53	24,47	1,46	0,250	ns	ns	ns
Coefficientes de digestibilidade aparente									
Matéria seca	0,819	0,789	0,810	0,820	0,012	0,374	ns	ns	ns
Matéria orgânica	0,852	0,822	0,842	0,853	0,011	0,335	ns	ns	ns
Extrato etéreo hidrólise ácida	0,896 ^a	0,909 ^a	0,836 ^b	0,829 ^b	0,010	<,0001	0,005	<.0001	<.0001
Proteína bruta	0,834	0,853	0,842	0,848	0,014	0,572	ns	ns	ns
Fibra dietética total	0,251	0,217	0,230	0,269	0,055	0,429	ns	ns	ns
Amido	0,968	0,949	0,990	0,979	0,015	0,479	ns	ns	ns
Energia bruta	0,850	0,824	0,832	0,840	0,012	0,525	ns	ns	ns
Energia metabolizável (kJ/g MS)	16,5	16,4	16,7	16,6	0,036	0,598	ns	ns	ns

¹ FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C;

² EPM – Erro padrão da média, n=6 gatos por dieta;

³ FVF versus FS (FS+SC115 +SC135);

⁴ FS versus SC (SC115 +SC135);

^{a, b, c} Médias nas linhas seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05);

ns = não significativo à 5% de probabilidade.

Tabela 8. Produção, características, ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e de cadeia ramificada (AGCR), ácido láctico e amônia das fezes de gatos mediante consumo das dietas experimentais com diferentes fontes de proteína (Experimento 1).

Item	Dietas ¹				EPM ²	Valor de p	Contrastes	
	FVF	FS	SC115	SC135			FVF x soja ³	FS x SC ⁴
Matéria seca fecal (g/kg)	311	286	265	280	0.015	0.051	ns	ns
Score fecal	3.3	3.7	3.7	3.6	0.002	0.271	ns	ns
pH fecal	6.0	5.7	5.8	5.9	0.002	0.713	ns	ns
g fezes MN gato/dia ⁵	37.1	42.9	43.3	42.6	0.062	0.824	ns	ns
g fezes MS gato/dia ⁶	11.2	11.4	11.4	11.4	0.013	0.996	ns	ns
(mMol/Kg de MS)								
Ácido acético	220.2	289.8	204.2	290.7	48.8	0.309	ns	ns
Ácido propiônico	84.3	69.1	59.2	70.2	7.0	0.315	ns	ns
Ácido butírico	74.6	69.1	51.5	65.1	13.7	0.495	ns	ns
AGCC totais	379.0	428.0	314.9	426.0	60.6	0.479	ns	ns
Ácido isovalérico	11.3	13.2	10.5	7.0	2.1	0.248	ns	ns
Ácido isobutírico	5.3	4.9	6.1	3.0	1.1	0.448	ns	ns
Ácido valérico	27.1	24.9	24.1	21.1	3.3	0.837	ns	ns
AGCR totais	43.7	43.0	40.7	31.1	7.2	0.604	ns	ns
Ácidos graxos voláteis totais	422.7	471.1	355.6	457.1	62.5	0.440	ns	ns
Ácido láctico ⁷	10.8	15.1	13.4	12.3	0.011	0.053	0,051	ns
(mMol de NH3/g de MS fecal)								
Amônia fecal ⁷	167.2 ^a	53.5 ^b	59.4 ^b	33.4 ^b	11.94	<.0001	<.0001	ns

¹ FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C; ² EPM - Erro padrão da média, n=6 gatos por dieta; ³ FVF versus FS (FS+SC115 +SC135); ⁴ FS versus SC (SC115 +SC135); ⁵ Produção de fezes na matéria natural a cada 100 gramas de dieta experimental consumida na matéria natural; ⁶ Produção de fezes na matéria seca a cada 100 gramas de dieta experimental consumida na matéria seca; ⁷ Valores convertidos para log+1 para análise estatística; ^{a, b} Médias nas linhas seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05); ns = não significativo à 5% de probabilidade.

Tabela 9. Contagem de bactérias nas fezes de gatos mediante consumo de dietas experimentais com diferentes fontes de proteína (Experimento 1).

Item	Dietas ¹				EPM ²	Valor de p	Contrastes	
	FVF	FS	SC115	SC135			FVF x soja ³	FS x SC ⁴
	(Log UFC/g fezes na MS)							
<i>Enterobacterium</i> sp.	6,08	6,02	5,25	5,31	0,33	0,052	ns	ns
<i>Clostridium</i> sp.	3,44	3,65	3,29	4,17	0,30	0,421	ns	ns
<i>Lactobacillus</i> sp.	7,64	8,29	7,60	6,87	0,52	0,195	ns	ns
<i>Bifidobacterium</i> sp.	6,88	7,44	6,91	7,11	0,30	0,818	ns	ns

¹ FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C;

² EPM – Erro padrão da média, n=6 gatos por dieta;

³ FVF versus FS (FS+SC115 +SC135);

⁴ FS versus SC (SC115 +SC135);

ns = não significativo à 5% de probabilidade.

Na Tabela 10 é possível observar os resultados de incremento de ureia sérica pós-prandial dos gatos após a alimentação com as dietas do Experimento 1, assim como o balanço de nitrogênio dos animais. Os resultados do incremento de ureia e ingestão de proteína dos gatos alimentados com as dietas experimentais com diferentes fontes de proteína estão ilustrados nas Figuras 1 e 2.

Verifica-se que não houve influência da inclusão da soja crua nos teores da uréia sérica pós-prandial ($p > 0,05$), assim como não se detectou diferença entre o emprego de soja e farinha de vísceras de frango. Os picos de incremento de uréia plasmática ocorreram em uma estreita faixa de concentração, variando entre 6,3 e 9,0 mg/dL. O balanço de nitrogênio também resultou em valores semelhantes para todas as dietas ($p > 0,05$).

Tabela 10. Resposta pós-prandial de ureia e balanço de nitrogênio de gatos mediante consumo das dietas experimentais com diferentes fontes de proteína (Experimento 1).

Item	Dietas ¹				EPM ²	Valor de p	Contrastes	
	FVF	FS	SC115	SC135			FVF x soja ³	FS x SC ⁴
Ingestão de proteína	16,23	17,84	17,16	14,71	0,48	0,513	ns	ns
Incremento de ureia sérica (mg/dL)								
4 horas	9,0	4,0	4,7	6,3	2,57	0,605	ns	ns
8 horas	7,9	7,4	5,5	5,0	2,04	0,325	ns	ns
10 horas	4,3	4,0	8,9	4,3	1,76	0,556	ns	ns
12 horas	5,0	3,5	6,6	2,0	0,82	0,540	ns	ns
Média	5,3	3,8	5,1	3,5	2,23	0,492	ns	ns
Área abaixo da curva (AAC) do incremento de uréia sérica, mg/dL/hora								
AAC total	73,3	49,5	59,9	50,9	4,47	0,722	ns	ns
Pico do incremento de ureia (mg/dL)	9,0	7,4	8,9	6,3	0,53	0,903	ns	ns
Pico do incremento de ureia (tempo)	5h 33min	7h 23min	10h 09min	4h 37min	1,00	0,570	ns	ns
Balanço nitrogênio (mg N/kgPC/dia)	-54,1	93,7	230,4	131,1	101,96	0,407	ns	ns

¹ FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C;

² EPM – Erro padrão da média, n=6 gatos por dieta;

³ FVF versus FS (FS+SC115 +SC135);

⁴ FS versus SC (SC115 +SC135);

PC – peso corporal;

ns = não significativo a 5% de probabilidade.

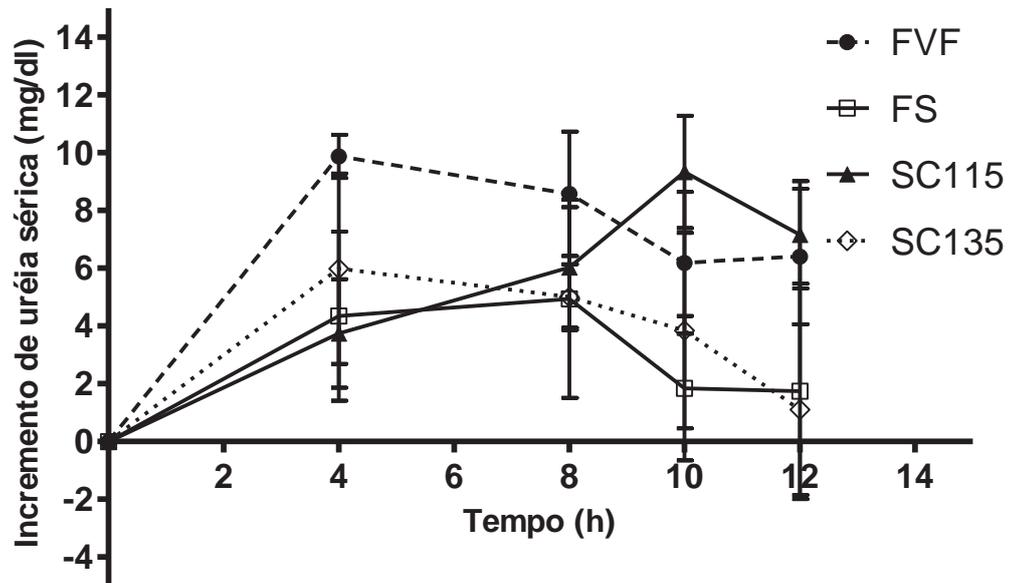


Figura 1: Incrementos de ureia sérica pós-prandial de gatos alimentados com as dietas experimentais com diferentes fontes de proteína. FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C

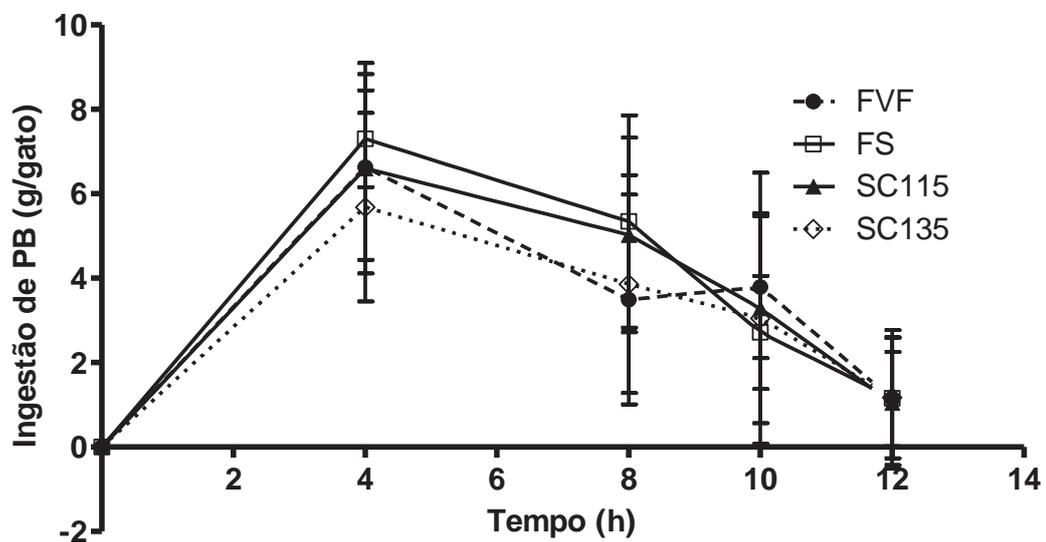


Figura 2: Ingestão de proteína de gatos alimentados com as dietas experimentais com diferentes fontes de proteína. FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C.

Na tabela 11 são apresentadas as concentrações de aminoácidos das rações experimentais. As concentrações dos aminoácidos essenciais estiveram superiores às recomendações para felinos adultos da FEDIAF (2011). Dentre os aminoácidos essenciais, a Metionina foi a que mais diferiu entre os tratamentos (Tabela 11).

Tabela 11 - Aminograma das rações empregadas no experimento¹. Valores sobre a matéria natural.

Aminoácido, g/kg	Diets experimentais ²			
	FVF	FS	SC115	SC135
Essenciais				
Arginina	17,1	18,7	15,2	15,2
Fenilalanina	15,2	17,7	15,1	14,1
Histidina	06,5	7,4	6,3	6,0
Isoleucina	11,7	13,2	11,3	10,8
Leucina	31,9	32,9	28,9	27,2
Lisina	13,8	15,0	12,6	11,6
Metionina	8,2	6,2	5,2	4,8
Treonina	11,5	11,9	10,1	9,5
Valina	14,7	14,9	12,8	12,2
Total	130,6	138,0	117,3	111,3
Não essenciais				
Ácido aspártico	23,5	28,5	24,0	13,0
Acido glutâmico	50,5	59,2	51,0	48,0
Alanina	21,1	19,2	16,9	15,7
Cisteína	4,1	4,3	4,0	3,7
Glicina	19,2	14,1	11,7	11,2
Serina	15,1	16,3	13,9	13,1
Tirosina	11,7	13,2	11,6	10,6
Total	145,2	154,9	132,9	115,1

¹ analisadas em duplicada (CV<5%)

² FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C;

Atendidas as necessidades energéticas do animal, o que definirá sua escolha será sua preferência, que é determinada pela palatabilidade do alimento. A recusa de um ingrediente pelos animais acarreta no insucesso deste. Neste sentido, painéis de preferência foram realizados para avaliar a aceitabilidade de dietas com soja crua por gatos adultos. A Figura 3 ilustra os resultados de consumo de alimentos verificados durante os testes.

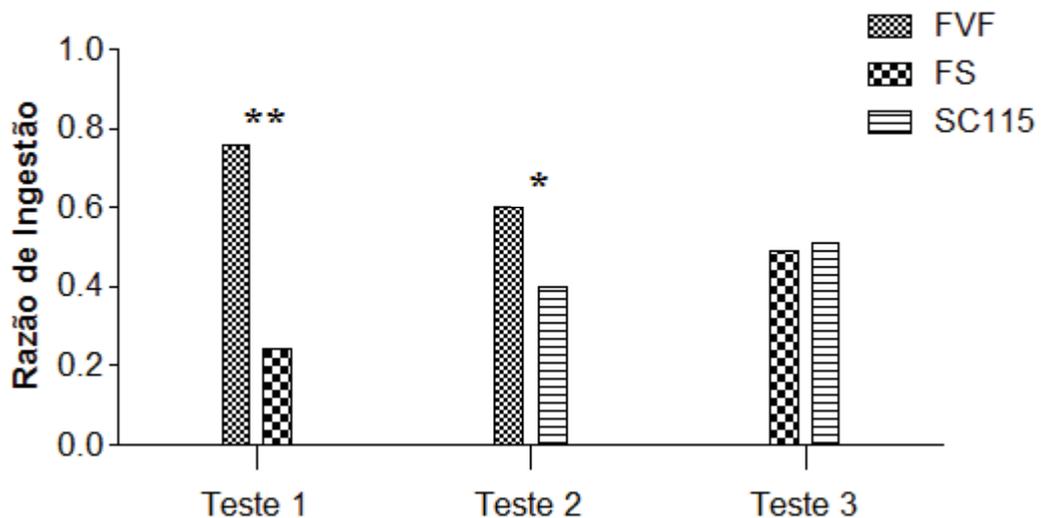


Figura 3: Comparações das razões de ingestão das dietas experimentais para gatos com diferentes fontes de proteína (Experimento 1). FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC - Soja crua extrusada a 115°C; ** diferença entre razões ($p < 0,01$), * diferença entre razões ($p < 0,05$).

No primeiro painel de preferência (Teste 1) comparou-se a dieta que utilizou fonte proteica de origem animal (FVF) com aquela contendo fonte proteica vegetal comumente utilizada em *pet food* (FS). Verificou-se razão de ingestão de 0,76 para o alimento FVF, indicando preferência pela proteína de origem animal ($p < 0,01$). A dieta contendo FVF continuou sendo a preferida entre os gatos no Teste 2, quando foi comparada a dieta FVF com a dieta com soja crua (SC115), com razão de ingestão de 0,61 ($p < 0,05$). Já no terceiro teste não foi observada diferença ($p = 0,77$) para a razão de ingestão das dietas contendo farelo de soja ou soja crua (razão de ingestão de 0,49 e 0,51, respectivamente).

3.2. EXPERIMENTO 2 - Avaliação da formação de complexos amido-lipídeos

Avaliações adicionais foram realizadas para se investigar as possíveis causas da menor digestibilidade do EEHA nas rações com soja crua do primeiro experimento (SC115 e SC135). Assim, foi conduzido o Experimento 2 para avaliar se a extrusão com elevado teor de lípides pode ter resultado em complexação e menor digestibilidade deste nutriente. Os parâmetros de produção das rações bem como os coeficiente de digestibilidade verificados no Experimento 2 encontram-se nas Tabelas 12 e 13, respectivamente.

Tabela 12. Parâmetros obtidos durante o processo de extrusão das dietas formuladas com farelo de soja e diferentes inclusões de óleo degomado de soja antes da extrusão (Experimento 2).

Parâmetros de produção	Dietas ¹			EPM ²	Valor de p
	FSSO	FSMO	FSTO		
Condicionador					
Temperatura condicionador (°C)	92,1	92,5	93,1	0,66	0,059
Umidade saída condicionador (%)	33,8	35,2	34,6	0,72	0,381
Extrusor					
Amperagem (A)	18,7	20,1	19,4	1,24	0,502
Alimentação (Hz)	20,7	17,8	17,7	0,69	0,065
Temperatura na extrusão (°C)	117,3	114,0	115,2	1,02	0,106
Umidade na saída da extrusora (%)	22,9	21,2	23,1	0,82	0,148
Secador					
Temperatura esteira (°C)	106,9	108,9	105,9	0,61	0,113
Tempo de permanência (min)	29,0	27,4	32,1	0,91	0,664
Índice de gelatinização do amido (%)	91,7 ^a	85,7 ^b	83,1 ^b	0,26	0,019
Densidade (g/L)	412,2 ^c	466,9 ^b	507,8 ^a	3,65	<,0001
Complexo amido-lipídio, entalpia de fusão (ΔH), J/g	0,5 ^{ab}	0,7 ^a	0,2 ^b	0,09	0,036

¹ FSSO - sem óleo degomado de soja na massa; FSMO - com metade do conteúdo total de óleo degomado de soja adicionado na massa e o restante adicionado em cobertura; FSTO - com a quantidade total de óleo degomado de soja a ser acrescida, adicionada na massa;

² EPM – Erro padrão da média, n=4 - rodadas de extrusão por dieta.

Tabela 13. Ingestão de nutrientes, coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia metabolizável das dietas experimentais para gatos formuladas com farelo de soja e diferentes inclusões de óleo degomado de soja antes da extrusão (Experimento 2).

Item	Dietas ¹		EPM ²	Valor de p	Contrastes		
	FSSO	FSMO			FSTO	Efeito Linear ³	Efeito Quadrático ⁴
Peso corporal (kg)	4,92	4,33	4,33	0,36	0,425	ns	ns
Ingestão (g/gato/dia)							
Matéria seca	46,9	53,9	54,6	7,26	0,714	ns	ns
Matéria orgânica	42,7	49,2	49,9	6,63	0,702	ns	ns
Extrato etéreo hidrólise ácida	7,6	10,2	10,1	1,28	0,267	ns	ns
Proteína bruta	17,3	19,7	20,0	2,67	0,744	ns	ns
Coefficientes de digestibilidade aparente							
Matéria seca	0,782	0,766	0,764	0,014	0,619	ns	ns
Matéria orgânica	0,832	0,805	0,807	0,013	0,284	ns	ns
Extrato etéreo hidrólise ácida	0,870	0,891	0,857	0,015	0,284	ns	ns
Proteína bruta	0,834	0,804	0,817	0,012	0,203	ns	ns
Energia metabolizável (kJ/g MS)	16,1	16,7	16,5	0,69	0,488	ns	ns

¹ FSSO - sem óleo degomado de soja na massa; FSMO - com metade do conteúdo total de óleo degomado de soja adicionado na massa e o restante adicionado em cobertura; FSTO - com a quantidade total de óleo degomado de soja a ser acrescida, adicionada na massa;

² EPM – Erro padrão da média, n=6 gatos por dieta;

³ Efeito linear para inclusão de óleo degomado de soja na massa;

⁴ Efeito quadrático para inclusão de óleo degomado de soja na massa;

^{a, b} - Médias nas linhas seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05);

ns = não significativo à 5% de probabilidade.

Ainda no sentido de explicar a menor digestibilidade do EEHA das dietas com soja crua, foi avaliada a formação de complexos amido-lipídeos por DSC nas rações tanto do Experimento 1 como 2 (Tabelas 5 e 12). Por fim, foram comparadas a recuperação de lipídeos pelo método de extrato etéreo convencional e extrato etéreo precedido por hidrólise ácida em amostras de ração do Experimento 1 e 2 antes e após o processamento (Tabela 14).

Tabela 14. Teores de extrato etéreo e extrato etéreo hidrólise ácida das rações com diferentes fontes de proteína (Experimento 1) e diferentes inclusões de óleo degomado de soja antes da extrusão (Experimento 2). Média \pm erro padrão (n=6).

Item	Dietas ¹			
	FVF	FS	SC115	SC135
Experimento 1	g/kg, matéria seca			
Extrato etéreo				
Farelo antes da extrusão	32,6 \pm 1,3 ^a	17,4 \pm 1,4 ^a	70,5 \pm 2,6 ^a	70,5 \pm 2,6 ^a
Extrusão	15,3 \pm 0,7 ^b	8,6 \pm 0,7 ^b	49,0 \pm 2,4 ^b	45,4 \pm 0,7 ^b
Secador ²	9,9 \pm 0,7 ^c	6,0 \pm 0,5 ^b	37,6 \pm 0,7 ^c	36,7 \pm 1,3 ^c
Extrato etéreo hidrólise ácida				
Farelo antes da extrusão	80,0 \pm 1,2 ^a	61,7 \pm 0,8 ^a	126,5 \pm 3,4 ^a	126,5 \pm 3,4 ^a
Extrusão	73,0 \pm 1,6 ^{ab}	58,8 \pm 1,7 ^a	114,8 \pm 2,4 ^b	111,5 \pm 1,3 ^b
Secador ²	68,3 \pm 1,3 ^b	58,4 \pm 1,4 ^a	109,3 \pm 1,7 ^b	100,3 \pm 1,6 ^c
Experimento 2	FS SO	FSMO	FSTO	
Extrato etéreo				
Farelo antes da extrusão	30,6 \pm 0,4 ^a	56,3 \pm 0,8 ^a	94,9 \pm 1,3 ^a	---
Extrusão	18,8 \pm 0,2 ^{ab}	47,4 \pm 0,4 ^{ab}	99,3 \pm 2,0 ^a	---
Secador ²	12,4 \pm 0,2 ^b	40,9 \pm 0,8 ^b	89,2 \pm 0,6 ^a	---
Extrato etéreo hidrólise ácida				---
Farelo antes da extrusão	61,9 \pm 0,5 ^a	99,8 \pm 1,2 ^a	148,9 \pm 1,5 ^a	---
Extrusão	62,3 \pm 0,2 ^a	113,6 \pm 1,7 ^a	148,4 \pm 1,3 ^a	---
Secador ²	62,7 \pm 0,4 ^a	108,1 \pm 2,1 ^a	149,4 \pm 0,6 ^a	---

¹ FVF - Farinha de vísceras de frango; FS - Farelo de soja; SC115 - Soja crua extrusada a 115°C; SC135 - Soja crua extrusada a 135°C; FSSO - sem óleo degomado de soja na massa; FSMO - com metade do conteúdo total de óleo degomado de soja adicionado na massa e o restante adicionado em cobertura; FSTO - com a quantidade total de óleo degomado de soja a ser acrescida, adicionada na massa;

² Analisada antes do recobrimento com gordura e palatilizante;

^{a, b, c} Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Comparação válida dentro da análise de extrato etéreo ou extrato etéreo em hidrólise ácida.

4. DISCUSSÃO

As maiores valores de densidades e os menores índices de gelatinização do amido para as rações contendo soja crua quando comparado às rações FVF e FS ($p < 0,05$; Tabela 4) podem ser explicados pelo maior teor de EEHA da massa no interior da extrusora durante o processamento destas rações, resultante da inclusão de soja crua. Resultados similares foram descritos por Lin et al. (1997) ao avaliarem o índice de gelatinização do amido de rações *pet food* com diferentes adições de lipídeos e por Félix et al. (2010), ao utilizarem 30% de soja crua em dietas para cães. Quando existe aumento do conteúdo de lipídios na massa durante a extrusão, o óleo acaba por lubrificar a rosca e a camisa da extrusora, diminuindo a resistência ao fluxo da massa e a transferência de energia da rosca para o produto. Com isto, se reduz a pressão, temperatura e o cisalhamento da massa, resultando em menor expansão e cozimento dos extrusados (Riaz and Rokey, 2012).

A rotação (Hz) da rosca alimentadora de produto no canhão da extrusora foi reduzida no tratamento SC115 com o objetivo de gerar menos pressão e atrito da rosca com as camisas do canhão do extrusor e desta forma manter a temperatura de extrusão em 115°C. Consequentemente, observou-se redução na amperagem (A) para o mesmo tratamento, que representa a necessidade de menor potência no motor de acionamento do eixo e roscas.

Os baixos valores iniciais encontrados nas dietas FVF e FS e as reduções significativas nos tratamentos SC115 e SC135 para atividade inibitória de tripsina e atividade hemaglutinante (Tabela 5), durante o processo de extrusão, corroboram com os dados de Purushotham et al. (2007) para os inibidores da tripsina e com o estudo de Carvalho e Stech (1997) para os valores de atividade hemaglutinante da soja crua.

No estudo de Purushotham et al. (2007), a extrusão promoveu inativação eficiente dos inibidores de tripsina em dietas para cães contendo 15% de soja crua, inclusive com efeitos positivos na inativação de lipoxigenases, avaliado pela adequada estabilidade de prateleira do produto. Perilla et al (1997), em estudo do efeito da temperatura do processo de extrusão (118°C, 120°C, 122°C, 126°C e 140°C, com tempo de residência de 20 segundos) sobre a qualidade da proteína e a

eficiência alimentar em frangos, constataram que a temperatura de 126 °C reduziu o conteúdo em fatores anti-trípticos em 96,7%, resultados também semelhantes aos encontrados no presente estudo. No entanto, Félix et al (2010) verificaram inativação incompleta de fatores antinutricionais da soja em ração para cães com 30% de soja crua, atribuindo esta fato à interferência do elevado teor de gordura do ingrediente na qualidade da extrusão das dietas. Os autores, no entanto, não apresentam dados relativos ao processamento da extrusão em si, dificultando a comparação dos resultados. Considerando-se que a formulação que empregaram era para cães, com elevada inclusão de amido (56% de extrativos não nitrogenados), a densidade dos extrusados da ração com soja crua foi muito elevada (491 g/L), tornando possível que a configuração do equipamento empregado não tenha sido eficiente em transferir energia suficiente para a massa e com isto promover a desnaturação dos fatores antinutricionais da soja, fato este, possível de ocorrer quando pensamos em escala industrial uma vez que os parâmetros ideais de extrusão podem não ser alcançados devido a fatores externos à formulação como limitação do equipamento ou operadores com informação técnica insuficiente. Com isto verifica-se que as condições de processamento, especialmente o emprego de vapor no condicionador e a temperatura de processo no canhão da extrusora, são fundamentais para que os fatores antinutricionais da soja sejam eficientemente inativados durante a extrusão (Purushotham et al, 2007).

Verificou-se que o processamento de extrusão foi não só eficiente em inativar os princípios antinutricionais nas avaliações químicas dos mesmos como permitiu aos gatos aproveitamento das dietas com soja crua comparável tanto à dieta controle negativo, à base de farinha de vísceras de frango, como controle positivo, à base de farelo de soja (Tabelas 6 e 7). Esta perspectiva torna-se interessante do ponto de vista das formulações, que podem incluir este ingrediente a um custo relativo mais baixo.

Os teores de amônia das fezes reduziram nos gatos que receberam os tratamentos que utilizaram fonte proteica de origem vegetal em relação à FVF ($p < 0,001$; Tabela 8). A amônia é formada no intestino quando a proteína alimentar é degradada pela microbiota intestinal. De acordo com Strauss (2006), sua produção é aumentada a partir da digestão de alimentos compostos por coprodutos cárneos,

seguidos pelos lácteos e proteínas vegetais, o que explica os resultados do presente estudo.

O menor valor de amônia fecal encontrado nas fezes dos animais que receberam as dietas com soja, associado à tendência de maior ácido láctico das mesmas pode estar relacionado à fermentação da fibra do farelo de soja e da soja crua, rica em polissacárides não amiláceos como estaquiose, rafinose e verbascose (Banaszkiewicz, 2011). Assim, apesar das dietas terem teores semelhantes de fibra dietética (Tabela 2), na dieta FVF a maior parte da fibra se constituiu por casca de soja, reconhecida por apresentar baixa fermentação no intestino (Sunvold et al., 1995a; Cole et al., 1999). Da mesma forma, esta maior atividade fermentativa explica a tendência de menor teor de MS das fezes nos animais que consumiram as dietas contendo soja. O grão de soja possui fração de fibras alimentares solúveis que incluem a pectina, gomas, β -glucanas, mucilagens e algumas hemiceluloses (Sunvold et al., 1995b; Faturi et al., 2006), compostos mais suscetíveis à fermentação microbiana.

Verificou-se tendência à menor contagem de *Enterobactérias* ($p=0,052$) na composição microbiana das fezes dos gatos alimentados com soja crua (Tabela 9), porém devido método utilizado em meio Agar MacConkey, meio este não seletivo e que nos permite obter apenas uma contagem geral, não foi possível verificar a que tipo de bactéria está associada a menor contagem de *Enterobactérias* em SC115 e SC135. A família Enterobacteriaceae inclui uma grande variedade de bactérias patogênicas e, no entanto, não é correto associarmos a menor contagem de *Enterobactérias* tão somente à bactéria *Escherichia coli* que, apesar desta ser o representante clássico deste grupo, outras bactérias como *Salmonella* sp e *Pseudomonas* sp podem influenciar na contagem final.

A uréia é o principal produto final nitrogenado proveniente do catabolismo de proteínas. É sintetizada no fígado e rins e excretada na urina. Sua concentração plasmática torna-se elevada quando o animal consome dietas deficientes ou desbalanceadas, com concentrações proteicas abaixo ou acima de sua necessidade (Eggum, 1970; Pond et al. 1995).

Diferenças entre a formação de ureia pós-prandial e balanço de nitrogênio não foram verificados entre os tratamentos (Tabela 10), apesar de as rações com

soja crua terem apresentado quase 40% menos do aminoácido Metionina que a dieta FVF. Isto ocorreu pelo fato das dietas com soja crua ainda possuírem 2,5 vezes mais metionina que a recomendação do FEDIAF (2011). Contudo, isto sugere que as proteínas em estudo sejam aparentemente semelhantes, na proporção de inclusão aqui empregadas, mas métodos mais acurados de avaliação de proteínas e seu valor biológico, bem como seu consumo a longo prazo seriam indicados para se confirmar este fato.

As preferências alimentares carnívoras pelos gatos, descritas por outros autores (Case et al., 2000; Crane et al., 2000), foram comprovadas no presente estudo com a preferência pela dieta FVF quando comparado as dietas que levaram soja em sua formulação ($p < 0,05$, Figura 3). Sendo que, a palatabilidade dos alimentos para gatos está positivamente correlacionada com a quantidade de proteína e, em especial, com os ingredientes de origem animal (Zaghini e Biagi, 2005). Não foi observada diferença para a preferência alimentar dos gatos que consumiram as dietas contendo farelo de soja ou soja crua ($p = 0,77$) e este achado nos remete inferir que o processo de extrusão foi eficaz em eliminar possíveis fatores olfativos e gustativos indesejáveis das fontes proteicas vegetais, melhorando a palatabilidade dos tratamentos ricos em ingredientes vegetais como descrito por Hullar et al. (1998) e Hullar et al. (2001).

No segundo experimento observou-se que a inclusão gradativa de óleo degomado de soja antes da extrusão prejudicou o processamento (Tabela 12). A densidade do produto aumentou gradativamente e menores valores de índice de gelatinização foram encontrados conforme a inclusão de óleo na massa, gerando maiores densidades dos extrusados no tratamento FSTO, resultado da menor expansão devido à ação lubrificante do óleo no sistema (Riaz and Rokey, 2012), assim como observado no Experimento 1.

Os gatos consumiram adequadamente as rações do Experimento 2, sem diferenças entre tratamentos, assim como no primeiro experimento. As fezes foram adequadas, sem episódios de produção de fezes amolecidas ou diarreicas (dados não apresentados). Não foram observadas, também, diferenças estatísticas nos CDA dos nutrientes das dietas (Tabela 13; $p > 0,05$). Desta forma, apesar da interferência importante verificada no processamento das rações, a inclusão de óleo

não resultou, nas condições de processamento aqui empregadas, em alterações na digestibilidade dos nutrientes, o que demonstra a necessidade de mais estudos para se caracterizar mais adequadamente dos requisitos de processamento de extrusão necessários para alimentos para felinos.

A avaliação dos complexos amido-lipídeos por DSC nas rações tanto do Experimento 1 como 2 (Tabelas 5 e 12) não demonstram formação de complexos, sendo inclusive no Experimento 1, na ração FVF, o maior valor de DSC encontrado. Os picos endotérmicos foram encontrados entre as temperaturas médias iniciais de 98,4°C e temperaturas médias finais de 121,9°C. Considera-se formação importante de complexos amido-lipídeos quando o alimento apresenta ΔH maior do que 5,0 J/g (Liu, et al., 1997; De Pilli, et al., 2011), o que não foi verificado para nenhuma dieta. No entanto, ainda são controversos os fatores que influenciam a transição entálpica durante a gelatinização do amido em alimentos (Eliasson and Krog, 1985; Liu, et al., 1997).

Verificou-se redução significativa nos teores de extrato etéreo do farelo antes da extrusão em comparação às etapas pós-extrusão e secador ($p < 0,05$) na recuperação de lipídeos pelo método de extrato etéreo convencional e extrato etéreo precedido por hidrólise ácida em amostras de ração do Experimento 1 e 2 antes e após o processamento (Tabela 14). Isto se deve à complexação entre os carboidratos e os lipídeos, formando os complexos amido-lipídeos durante o processamento. Nesta forma complexada os lipídeos não são extraídos pelo éter sem antes receberem hidrólise ácida (Lumley and Colwell, 1991; Bhatnagar and Hanna, 1994).

Apesar de este efeito ter sido verificado no Experimento 1 e 2, ele foi muito mais importante quando se tratava de lipídeos internos ao ingrediente, como nas quatro rações do Experimento 1 e na ração FSSO do Experimento 2. Nestas dietas a diferença entre extrato etéreo após o secador e no farelo antes da extrusão foi superior a 50%. No entanto, quando havia óleo livre adicionado à mistura como um ingrediente, como nas rações FSMO e FSTO do Experimento 2 a diferença entre o extrato etéreo após secagem e do farelo foi menor ou mesmo não existiu ($p > 0,05$). No Experimento 1, a complexação dos lipídeos internos durante a extrusão e a secagem foi intensa o suficiente para que a hidrólise ácida prévia não o liberasse

para quantificação, assim, diferenças entre os teores de extrato etéreo hidrólise ácida do farelo e dos extrusados após a secagem foram detectadas ($p < 0,05$). Estas diferenças, no entanto, só ocorreram para tratamentos com elevada gordura interna, como as dietas FVF e com soja crua. As dietas com farelo de soja, tanto do Experimento 1 como 2, apresentaram baixos teores de gordura interna e não demonstraram diferença entre o extrato etéreo hidrólise ácida ao longo do processamento.

Estes achados se revestem de importância pois os complexos amido-lipídeos podem apresentar características funcionais (De Pilli et al., 2008; De Pilli et al., 2011). Sua formação pode explicar a redução do CDA do EEHA das rações com soja crua, pois Murray et al. (1998) observaram menor digestibilidade aparente ileal da gordura em cães alimentados com dietas contendo complexo amido-lipídico.

Diferentemente da dieta FVF, nas rações com soja crua maior fração dos lípides totais referia-se a gordura interna intracelular, o que pode explicar o porquê apenas para estas dietas houve redução do CDA do EEHA. No entanto, deve-se considerar que a avaliação de formação de complexos amido-lípides por DSC, considerado método mais atual e específico para identificação destes compostos (Muoki et al., 2012), não identificaram diferenças que explicassem os resultados de digestibilidade. Mais estudos são necessários para a compreensão destes resultados, mas algumas hipóteses para explicar os mesmos seriam: a diferença entre o extrato etéreo inicial e final seria mais sensível que o DSC na avaliação da ligação entre amido e lípides e da indisponibilização dos mesmos para absorção no trato gastrointestinal; a complexação amido-lípides avaliada pelo DSC refere-se à formação de estruturas químicas diferentes da verificada pela diferença entre o extrato etéreo inicial e final; outros fatores, que não uma complexação verdadeira entre amido e lípides seriam responsáveis pela menor digestibilidade dos lípides da soja crua.

De qualquer forma, a menor disponibilidade nutricional dos lípides da soja crua extrusada já havia sido verificada por White et al. (1967), que observaram pior desempenho de frangos com a utilização de soja extrusada em substituição ao farelo de soja acrescido de óleo degomado de soja, e por Opalinski (2006), que observou melhora no ganho de peso de frangos alimentados com dieta a base de

farelo de soja mais óleo, em relação à dieta contendo soja extrusada.

Contudo, mais estudos são necessários para o melhor entendimento da forma como a qual os lipídeos estão ligados às moléculas do ingrediente e sua influência na formação de complexos entre o isto sugere que as proteínas em estudo sejam aparentemente semelhantes, na proporção de inclusão aqui empregadas, mas métodos mais acurados de avaliação de proteínas e seu valor biológico, bem como seu consumo a longo prazo seriam indicados para se confirmar este fato.

5. CONCLUSÕES

O processo de extrusão das dietas é eficaz na inativação dos fatores antinutricionais inibidores de tripsina e hemaglutininas da soja crua, tanto a extrusão ocorrendo a 115°C como a 135°C. A inclusão de soja crua não interfere nos CDA dos nutrientes, com exceção de redução do CDA do EEHA. O consumo de soja crua também não interfere de maneira pronunciada na produção e qualidade das fezes dos gatos. A soja crua se mostrou ingrediente adequado quanto ao aproveitamento proteico e balanço de nitrogênio. Perante os resultados encontrados no presente estudo, pode-se concluir que a soja crua é opção viável para uso em alimentos completos extrusados para gatos adultos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of American Feed Control Officials, 2010. Dog and Cat Nutrient Profiles. Official Publication of the Association of American Feed Control Officials Incorporated, AAFCO, Oxford, IN, USA.

Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação, 2012, ABINPET. <http://anfalpet.org.br>.

Association of Official Analytical Chemists, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Washington, DC, USA.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal - SINDIRAÇÕES; Associação Nacional dos

Fabricantes de Rações - ANFAR; Colégio Brasileiro de Nutrição Animal – CBNA, pp. 204, 2005. *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal*, São Paulo, SP, BRAZIL.

Banaszkiewicz, T., 2011. Nutritional value of soybean meal. In El-Shemy, H. (Eds) *Soybean and nutrition*. Publisher: InTech, 476 p.

Bhatnagar, S.; Hanna, M. A., 1994. Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn starches. *Cereal Chem.* 71, 582-587.

Brenes, A., Jansman, A.J.M. and Marquardt, R.R., 2004. Recent progress on research on the effects of antinutritional factors in legume and oil seeds in monogastric animals. In: Muzquiz, M., Hill, G.D., Pedrosa, M.M. and Burbano, C. (eds) *Proceedings of the Fourth International Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds*. EAAP Publication No. 110, Wageningen, The Netherlands, pp. 195–217.

Carciofi, A.C., Pontieri, R., Ferreira, C.F., Prada, F., 2006. Avaliação de dietas com diferentes fontes protéicas para cães adultos. *Rev. Bras. Zootecn.* 35, 754–760

Carciofi, A.C., Takakura, F.S., de-Oliveira, L.D., Teshima, E., Jeremias, J.T., Brunetto, M.A., Prada, F., 2008. Effects of six carbohydrate sources on dog diet digestibility and post-prandial glucose and insulin response. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 92, 326–336

Carciofi, A.C., 2008. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. *Rev. Bras. Zootecn.* 37, *suplemento especial*, 28-41.

Carciofi, A.C., De-Oliveira, L.D., Valério, A.G., Borges, L.L., Carvalho, F.M., Brunetto, M.A., Vasconcellos, R.S., 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151, 251–260

Café, M. B.; Sakomura, N. K.; Junqueira, O. M.; Carvalho, M. R. B.; Del Bianchi, M., 2000. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. *Rev. Bras. Zootecn.* 2, 67-74.

Carvalho, M. R. B.; Stech, M. R., 1997. Avaliação da composição centesimal e das atividades dos fatores antinutricionais em diferentes cultivares de soja. *Boletim do Instituto de Pesca.* 24, 139-145.

Case, L.P., Carey, D.P., Hirakawa, D.A., Daristotle, L., 2000. *Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals*, 2nd ed. Mosby, St.Louis

Clapper, G. M., C. M. Grieshop, N. R. Merchen, J. C. Russet, J. L. Brent, and G. C. Fahey. 2001. Ileal and total tract digestibilities and fecal characteristics of dogs as

affected by soybean protein inclusion in dry, extruded diets. *J. Anim. Sci.* 79, 1523–1532.

Cole, J. T., Fahey, G. C., Jr., Merchen, N. R., Patil, A. R., Murray, S. M., Hussein H. S. & Brent, J. L., Jr., 1999. Soybean hulls as a dietary fiber source for dogs. *J. Anim. Sci.* 77: 917–924

Crane, S.W., Griffin, R.W., Messent, P.R., 2000. Introduction to commercial pet foods. In: M.S. Hand, C.D. Thatcher, R.L. Remillard and P. Roudebush (eds), *Small Animal Clinical Nutrition*, 4th edition (Mark Morris Institute, Topeka, Kansas, USA)

De-Oliveira, L D.; Takakura, F. S.; Vasconcellos, R. S. Et Al., 2006. Digestibility of starch sources for dogs and cats In: *Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition*, 10, 101-101, Nantes, France.

De Pilli, T.; Jouppila, K.; Ikonen, J.; Kansikas, J.; Derossi, A.; Severini, C., 2008. Study on formation of starch–lipid complexes during extrusion-cooking of almond flour. *J. Food Eng.* 87, 495–504.

De Pilli, T., Derossi, A., Talja, R. A., Jouppila, K., Severini, C., 2011. Study of starch-lipid complexes in model system and real food produced using extrusion-cooking technology. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.* 12, 610–616.

De Pilli, T.; Derossi, A.; Talja, R. A.; Jouppila, K.; Severini, C., 2012. Starch–lipid complex formation during extrusion-cooking of model system (rice starch and oleic acid) and real food (rice starch and pistachio nut flour). *Eur. Food Res. Technol.* 234, 517–525.

Dersjant-Li, Y.; Hill, D.A., 2005. Why soy? The use of soy protein concentrate in pet foods. *Pet food Industry*, 47, 16-18.

Eggum, B. O., 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Br. J. Nutr.* 24, 983–988.

Eliasson, A. C., Krog, N., 1985. Physical properties of amylose-monoglycerides complexes. *J. Cereal Sci.* 3, 239-243.

Erwin, E.S.; Marco, G.J.; Emery, E.M., 1961. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.*, 44, 1768-1771.

European Pet Food Industry Federation, 2012. Nutritional guidelines for completed and complementary pet food for cats and dogs, FEDIAF. <http://www.fediaf.org/self-regulation/>.

Fahey Jr., G. C., 2007. Soybean use – companion animals. *Soybean Meal Information Center Fact Sheet*, United Soybean Board, p. 4.

Faturi, C.; Ezequiel, J. M. B.; Fontes, N. A.; Stiaque, M. G.; Cruz E Silva, O. G.,

2006. Fibra solúvel e amido como fontes de carboidratos para terminação de novilhos em confinamento. Rev. Bras. Zootecn. 35, 2110-2117.

Feldman, A., 2004. Soja – A História não é bem assim. http://www.ecologiacelular.com.br/content/soja_a_historia_nao_e_bem_assim.htm.

Félix, A. P.; Brito, C. B. M.; Ferrarini, H. Rodriguez, M. I. G., Oliveira, S. G., Maiorka, A., 2010. Características físico-químicas de derivados proteicos de soja em dietas extrusadas para cães. Cienc. Rural 40, 2568-2573.

Francis, G.; Makkar, H. P. S.; Becker, K., 2002a. Dietary supplementation with a Quillaja saponin mixture improves growth performance and metabolic efficiency in common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture. 203, 311-320.

Grant, G., Watt, W.B., Stewart, J.C., Bardocz, S., Pusztai, A., 1988. Intestinal and pancreatic responses to dietary soyabean (*Glycine max*) proteins. Biochem. Soc. Trans. 16, 610-611.

Grant, G., 1989. Anti-nutritional effects of soybean: a review. Prog. Food Nutr. Sci. 13, 317-348.

Grant, G., 1991. Lectins. In: D'mello, F. J. P.; Duffus, C. M.; Duffus, J. H. (Eds.). Toxic substances in crop plants. Cambridge: Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, p. 49-67.

Hendrix, D.L., 1993. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. Crop Sci. 25, 1306–1311.

Hendriks, W.H.; Moughan, P.J.; Tartelin, M.F., 1997. Urinary excretion of endogenous nitrogen metabolites in adult domestic cats using a protein-free diet and the regression technique. J. Nutr. 127, 623-629.

Hullar, I., Fekete, S. and Szöcs, Z., 1998. Effect of extrusion on the quality of soybean-based cat food. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 80, 201–206

Hullar, I., Fekete, S., Andrasofszky, E., Szöcs, Z. and Berkenyi, T., 2001. Factors influencing the food preference of cats. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 85, 205–211

Junqueira, R. G.; Sgarbieri, V. C., 1981. Isolation and general properties of lectins from the bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. Rosinha G2). J. Food Biochem. 5, p. 165-179.

Kaankuka, F. G.; Balogun, T. F.; Tegbe, T. S. B., 1996. Effects of duration of cooking of full-fat soya beans on proclavate analysis, levels of antinutritional factors, and digestibility by weanling pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 62, 229-237.

- Kakade, M. L.; Simons, N.; Liener, E., 1969. Anevaluation of natural vs. Synthetic substract for measuring the anti tryptic activity of soy bean samples. *Cereal Chem.* 46, 518-526.
- Kendall, P.T.; Holme, D.W., 1982. Studies on the digestibility of soya bean products, cereals, cereal and plant by-products in diets of dogs. *J. Sci. Food Agric.* 33, 813-822.
- Kendall, P.T.; Holme, D.W.; Smith, P.M., 1982. Comparative evaluation of net digestive and absorptive efficiency in dogs and cats fed a variety of contrasting diet types. *J. Small Anim. Pract.* 23, 577-587.
- Laflamme, D. P., 1997. Development and validation of a body condition score system for dogs. *Canine Pract.* 22, 10-15.
- Liener, I. E., 1981. Factors affecting the nutritional quality of soya products. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 58, 406-415.
- Lin, S., Hsieh, F., Huff, H.E., 1997. Effects of lipids and processing conditions on degree of starch gelatinisation of extruded dry pet food. *Food Sci. Technol.* 30, 754–761
- Liu, H., Arntfield, S. D., Holley, R. A., Aime, D. B., 1997 Amylose-Lipid Complex Formation in Acetylated Pea Starch-Lipid Systems. *Cereal Chem.* 74(2):159–162.
- Lumley, I.D.; Colwell, R.K., 1991. Extraction of fats from fatty foods and determination of fat content. In: Rossel, J.B.; Pritchard, J.L.R. (Eds) *Analysis of oilseeds, fats and fatty foods* New York: Elsevier Applied Science.
- Mateos, G.G., Latorre, M.A., Lázaro, R., 2002. *Processing Soybeans*, American Soybean Association, Missouri, St. Louis, USA.
- Mathias, C., 2011. Processo de Extrusão. In *Revista Pet Food Brasil*, n. 3, ed. 14, p. 50-51.
- Miller, G.L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31, 426-428.
- Moore, M.L., Fottler, H.J., Fahey Jr., G.C., Corbin, J.E., 1980. Utilization of corn-soybean meal-substituted diets by dogs. *J. Ani. Sci.* 50, 892–896.
- Muoki, P. N.; De Kock, L. H. And Emmambux M. N., 2012. Effect of soy flour addition and heat-processing method on nutritional quality and consumer acceptability of cassava complementary porridges. *J. Sci. Food Agric.* 92, 1771-1779.
- Murray, S. M., Patil, A. R., Fahey, G. C., Jr, Merchen, N. R., Wolf, B. W., Lai, C.-S. & Garleb, K. A., 1998. Apparent digestibility of a debranched amylopectin-lipid complex and resistant starch incorporated into enteral formulas fed to ileal-cannulated dogs. *J.*

Nutr. 128, 2032-2035.

National Research Council, 2006. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. Natl. Academy Press, Washington, DC, USA

Opalinski, M., 2006. Utilização de enzima e soja integral em rações para frangos formuladas com ingredientes alternativos com base em aminoácidos digestíveis e totais. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 105p.

Perilla, N.S.; Cruz, M.P.; De Belalcazar, F.; Diaz, G.J., 1997. Effect of temperature of wet extrusion on the nutritional value of full-fat soybeans for broiler chickens. Br. Poul. Sci. 38, 412- 416.

Pond, W.G.; Church, D.C.; Pond, K.R., 1995. Basic Animal Nutrition and Feeding. 4^a ed. New York, John Wiley, 615p.

Prosky, L.; Asp, N. G.; Furda, I.; Devries, J. W.; Schweizer, T. F.; Harland, B. F., 1992. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. J. AOAC 75, 360-367.

Pryce, J.D., 19669. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. Analyst. 94, 1151-1152.

Purushotham, B.; Radhakrishna, P.M.; Sherigara, B.S., 2007. Effects of steam conditioning and extrusion temperature on some anti-nutritional factors of soyabean (*Glycine max*) for pet food applications. Am. J. Anim. Vet. Sci. 2, 1-5.

Qin, G., Elst, E.R., Ter Bosch, M.W., Van Der Poe, A.F.B., 1996. Thermal processing of whole soya beans: Studies on the inactivation of antinutritional factors and effects on ileal digestibility in piglets. Anim. Feed Sci. Technol. 57, 313-324.

Riaz, M. N.; Rokey, G. J., 2012. Problems Solved: Food, Pet Food and Feed. Woodhead Publishing Limited, Swaston, Cambridge, USA.

SAS . Statistical Analysis Systems, 2004. In: *SAS/STAT User's Guide, Version 8*. Cary, NC: Statistical Analysis Systems Institute Inc, 801-858.

Silva, M. R.; Silva, M. A. A. P., 2000. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. Rev. Nutr. 13, 3-9.

Strauss, E., 2006. Encefalopatia hepática - atualização terapêutica. G. M. Bahia, 76, 43-45.

Sunvold, G. D.; Fahey, Jr., G. C.; Merchen, N. R.; Reinhart, G. A., 1995a. In vitro fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat fecal inoculum: Influence of diet composition on substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production. J. Anim. Sci. 73, 1110.

Sunvold, G. D.; Hussein, H. S.; Fahey, G. C.; Merchen, N. R. Jr.; Reinhart, G. A., 1995b. In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 3639-3648.

Vieira, P. F., 1980. Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 98p.

Waldroup, P.W.; Hazen, F.R., 1978. An evaluation of roasted extruded and raw unextracted soybeans in the diet of laying hens. *Nutr. Rep. Int.*, 18, 99-103.

Watson, A.D.; Church, D.B.; Fairburn, A.J., 1981. Postprandial changes in plasma urea and creatinine concentrations in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 42, 1878-80.

White, C.L.; Greene, D.E.; Waldroup, P.W., et al. 1967. The use of unextracted soybeans for chicks. 1. Comparison of infra-red cooked, autoclaved and extruded soybeans. *Poultry Sci.* 46, 1180-1185.

Yamka, R. M.; Jamikorn, U.; True, A. D., Harmon, D. L., 2003. Evaluation of soybean meal as a protein source in canine foods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 109, 121–132.

Yamka, R.M.; Harmom, D.L.; Schoenherr, W.D., Khoo, C., Gross, K. L., Davidson, S. J., Joshi, D. K., 2006. In vivo measurement of flatulence and nutrient digestibility in dogs fed poultry by-product meal, conventional soybean meal, and low-oligosaccharide low-phytate soybean meal. *Am. Vet. Med. Assoc.* 67, 88-94.

Zaghini G & Biagi G (2005) Nutritional peculiarities and diet palatability in the cat. *Vet Res Commun* 29, 39–44.

Zarkadas, L. N., Wiseman, J., 2005. Influence of processing of full fat soya beans included in diets for piglets: II. Digestibility and intestinal morphology . *Anim. Feed Sci. Technol.* 118, 121–137.

Zuo, Y., Fahey Jr., G.F., Merchen, N.R., Bajjalieh, N.L., 1996. Digestion response to low oligosaccharide soybean meal by ileally-cannulated dogs. *J. Anim. Sci.* 74, 2441–2449.