

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

**VALOR NUTRICIONAL E PARÂMETROS DE QUALIDADE  
DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL PARA CÃES**

**Iris Mayumi Kawauchi**

Zootecnista

**2012**

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

**VALOR NUTRICIONAL E PARÂMETROS DE QUALIDADE  
DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL PARA CÃES**

**Iris Mayumi Kawauchi**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nilva Kazue Sakomura**

**Coorientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi**

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias – Unesp, *Campus* de  
Jaboticabal, como parte das exigências para  
obtenção do título de Doutor em Zootecnia.**

**2012**

K22v Kawauchi, Iris Mayumi  
Valor nutricional e parâmetros de qualidade de subprodutos de origem animal para cães / Iris Mayumi Kawauchi. – – Jaboticabal, 2012  
xiv, 100 f. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012  
Orientadora: Nilva Kazue Sakomura  
Coorientador: Aulus Cavalieri Carciofi  
Banca examinadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel, Euclides Braga Malheiros, Ricardo Souza Vasconcellos, Cristiana Fonseca Ferreira Pontieri  
Bibliografia

1. Energia metabolizável. 2. Farinha de carne e ossos. 3. Farinha de vísceras de aves. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 619:636.087.6:636.7

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

## DADOS CURRICULARES DA AUTORA

**IRIS MAYUMI KAWAUCHI** – filha de Roberto Keiji Kawauchi e Ivone Sakurai Kawauchi, nasceu em 12 de janeiro de 1982, na cidade de São Paulo, SP. Em março de 2002 ingressou no curso de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), *Câmpus* de Jaboticabal, durante o qual foi bolsista de Iniciação Científica sob orientação da Professora Dr<sup>a</sup>. Nilva Kazue Sakomura. Graduou-se em julho de 2006 e em agosto do mesmo ano ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na mesma Instituição, sob orientação da Professora Dr<sup>a</sup>. Nilva Kazue Sakomura e co-orientação do Professor Dr. Aulus Cavaliere Carciofi. Concluiu o curso de Mestrado em agosto de 2008 e em março de 2009 iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, *Câmpus* de Jaboticabal, atuando no mesmo grupo de pesquisa no qual desenvolveu o Mestrado. De setembro de 2011 a janeiro de 2012 realizou estágio financiado pelo Programa de Doutorado no País com Estágio no Exterior (PDEE) da CAPES, no Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos da Facultad de Veterinaria da Universidad de Zaragoza (Espanha) sob co-orientação do Professor Dr. Carlos Castrillo. Atualmente, é Pesquisadora do Centro de Desenvolvimento Nutricional da Premier Pet, Dourado-SP.

## DEDICO

*Aos meus pais, Roberto Keiji Kawauchi e Ivone Sakurai Kawauchi, pelo amor incondicional, dedicação, proteção, paciência, exemplo, por investirem em minha formação pessoal e profissional e por me apoiarem e incentivarem sempre.*

*Ao meu irmão, Rodrigo Kenji Kawauchi, pelo incentivo e por estar sempre ao meu lado.*

## OFEREÇO

*Aos Professores Nilva Kazue Sakomura, Aulus Cavalieri Carciofi e Carlos Castrillo, por compartilharem seus conhecimentos, me incentivarem, pelo exemplo e por todas as oportunidades que me proporcionaram.*

## AGRADECIMENTOS

À Professora Nilva Kazue Sakomura, por acreditar e investir em minha formação acadêmica, por aceitar orientar-me com nutrição de cães, conceder-me inúmeras oportunidades no decorrer destes 9 anos de orientação, pela paciência, por me incentivar e apoiar sempre, por estar disposta a ajudar-me sempre que precisei e por todos os valiosos ensinamentos, conselhos, pelo exemplo e pela amizade. Agradeço, também, pela fundamental participação na elaboração e discussão da presente tese. Muito obrigada, Professora!!!

Ao Professor Aulus Cavalieri Carciofi por aceitar coorientar-me e fazê-lo de forma sempre participativa e presente, por disponibilizar as instalações, animais e todos os recursos de seu laboratório, pelas inúmeras oportunidades que me proporcionou e por todos os valiosos ensinamentos, conselhos, pelo exemplo e pela amizade. Muito obrigada por me incentivar e tornar possível a realização do estágio na Universidad de Zaragoza, oportunidade única e inesquecível em minha vida acadêmica e, principalmente, pessoal. Agradeço, também, pela fundamental participação na elaboração e discussão da presente tese. Muito obrigada, Professor!!!

Ao Professor Carlos Castrillo da Universidad de Zaragoza e toda sua equipe, por receberem-me de braços abertos em seu Departamento, estarem sempre dispostos a ajudar e pela grande amizade. Agradeço especialmente ao Professor Castrillo, por dedicar-me sempre atenção e orientação e proporcionar-me grande aprendizado não somente acadêmico mas também ensinamentos que guardarei e recordarei com muito carinho por toda minha vida. Muito obrigada, Professor Castrillo!!!!

À Universidade Estadual Paulista e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e seu corpo docente, por proporcionarem-me formação completa e de extrema qualidade, além de inúmeras oportunidades.

Aos Professores que participaram de minha banca de qualificação, Jane Maria Bertocco Ezequiel, Euclides Braga Malheiros, Izabelle A. M. de Almeida Teixeira e o Pós-Doutorando Edney Pereira da Silva, pela enorme contribuição.

Muito obrigada por proporcionarem maior entendimento e melhor discussão da presente tese.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Programa PDEE, pela concessão de bolsa de estudo para realização de estágio na Universidad de Zaragoza.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da presente tese.

À Grandfood Indústria e Comércio Ltda. (Premier Pet), em especial, à Cristiana Fonseca F. Pontieri, por realizar parte das análises apresentadas na presente tese, sem as quais não seria possível obter todas informações desejadas sobre os alimentos avaliados. Agradeço também à Premier pela oportunidade em integrar sua equipe e por toda compreensão e auxílio, sem os quais seria extremamente difícil conciliar as atividades em Jaboticabal e Dourado.

Às empresas que doaram os alimentos objeto de estudo da presente tese, os quais foram fundamentais na obtenção de amostra representativa do mercado de fornecedores de farinhas de origem animal para a indústria *petfood*.

À Mogiana Alimentos S.A. (Guabi) pelo suporte ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos no qual foi desenvolvida a presente pesquisa.

Ao pós-doutorando Edney Pereira da Silva do Departamento de Zootecnia pelos valiosos ensinamentos, conselhos e colaboração direta na condução e interpretação dos resultados da presente tese.

Aos pós-graduandos do Laboratório de Pesquisa em Nutrição de Cães e Gatos, Márcia, Juliana, Danilo, Bruna, Ana, Thaila, Márcio, Fernando, Clara, Raquel, Fabiano, Flávio, Chayanne, Leandro, Mariana, Mayara, Michele, Fernanda, Dóris, por me acolherem de forma a me sentir parte do grupo, pela amizade, pelos ensinamentos, conselhos, pela agradável convivência e grande aprendizado que me proporcionaram.

Aos pós-graduandos do Setor de Avicultura, Mel, Dani, Edney, Anchieta, Joyce, Nayara, Juliano, Giuliana, Hilda, Katiane, Luciano, Carol, Roberto, Inez,

Cléber, Allan, Gabriel, Camila, pela agradável convivência, amizade, valiosos ensinamentos e conselhos.

À Aline Rebelato, estagiária do Laboratório de Pesquisa em Nutrição de Cães e Gatos e ao estagiário do Setor de Avicultura, Danilo, pelo fundamental auxílio na produção das rações e nas análises laboratoriais deste estudo.

À técnica do Laboratório de Nutrição de Cães e Gatos, Cláudia Aparecida Nogueira pelo grande auxílio na realização das análises laboratoriais.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição de Cães e Gatos, Elaine e Diego, pela agradável convivência e colaboração imprescindível neste estudo.

Aos funcionários do Setor de Avicultura, Vicente, Robson, Izildo pela agradável convivência e colaboração na produção das rações experimentais.

Aos funcionários da Fábrica de Rações, Helinho, Sr. Oswaldo e Sandra pelo empenho e dedicação na produção das rações experimentais.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação pela atenção, paciência e presteza.

À minha família por me incentivarem e apoiarem sempre, pelos esforços para que concluísse esta importante etapa de minha vida, por todo o carinho e pelas orações que me proporcionaram calma e tranquilidade, principalmente, nos momentos difíceis. Aos meus familiares, em especial, batiam e tia Irene pelas visitas, incentivo e carinho.

Aos meus cães, Ju, Yuka, Toddy, Sharon, Pluto e Mel por me proporcionarem momentos de muita alegria e paz, pelo companheirismo e lealdade.

Aos amigos Márcia, Bruna, Thaila, Jú, Danilo, Ana, Fabrício e Joseli pela amizade, pela paciência, companheirismo e pelos momentos de descontração. Obrigada por estarem sempre ao meu lado!!!

Ao Daniel, pela paciência e apoio, espero que seja feliz.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram e viabilizaram a conclusão desta importante etapa de minha vida.

Muito obrigada!!!

## SUMÁRIO

	Página
Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais .....	xiv
RESUMO.....	1
ABSTRACT .....	2
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>3</b>
INTRODUÇÃO.....	3
REVISÃO DE LITERATURA.....	6
Estatísticas do mercado “petfood” .....	6
Características qualitativas do processamento e das farinhas de origem animal .....	7
Farinha de carne e ossos na alimentação de monogástricos .....	12
Farinha de vísceras de aves na alimentação de monogástricos.....	14
Equações de predição em estudos de avaliação de ingredientes .....	15
Avaliação de ingredientes por meio de metodologias de solubilidade <i>in vitro</i>	17
REFERÊNCIAS .....	19
<b>CAPÍTULO 2 – FARINHA DE CARNE E OSSOS NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES .....</b>	<b>24</b>
RESUMO .....	24
ABSTRACT .....	25
1. INTRODUÇÃO .....	26
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	27
2.1 Avaliação da composição química e das características qualitativas da farinha de carne e ossos produzida no Estado de São Paulo – Brasil .....	27
2.2 Ensaio de digestibilidade .....	28
3. RESULTADOS.....	32
3.1 Composição química da farinha de carne e ossos .....	32
3.2 Características qualitativas da farinha de carne e ossos.....	32
3.3 Digestibilidade e energia metabolizável da farinha de carne e ossos	33

4. DISCUSSÃO.....	34
5. CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS .....	43
<b>Tabela 1.</b> Composição química (g/kg de produto) das farinhas de carne e ossos produzidas por sete fabricantes do Estado de São Paulo – Brasil .....	47
<b>Tabela 2.</b> Características qualitativas das farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de São Paulo – Brasil (valores sobre a matéria natural).....	49
<b>Tabela 3.</b> Concentrações (mg/100g de matéria natural) de putrescina (PUT), cadaverina (CAD), histamina (HIM), tiramina (TIM), serotonina (SRT), agmatina (AGM), espermidina (EPD), feniletilamina (FEM), espermina (EPM), triptamina (TRM) e aminas totais nas farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de São Paulo – Brasil.....	50
<b>Figura 1.</b> Relação entre teores de colágeno expresso com base na proteína bruta (g/kg) e de matéria mineral (g/kg de matéria seca) entre oito farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de São Paulo – Brasil .....	51
<b>Figura 2.</b> Regressão entre valores de solubilidade da proteína da farinha de carne e ossos em pepsina a 0,0002% e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta determinados em ensaio de digestibilidade com cães .....	51
<b>Tabela 4.</b> Ingestão de nutrientes e de energia bruta (g/dia e MJ/dia, respectivamente, com base na matéria natural), coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, energia digestível e energia metabolizável (ED e EM, MJ/kg, com base na matéria natural) das farinhas de carne e ossos avaliadas no ensaio de digestibilidade.....	52
<b>Tabela 5.</b> Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta das farinhas de carne e ossos determinadas em ensaio de digestibilidade e solubilidade da proteína bruta das referidas matérias-primas determinadas por meio de método <i>in vitro</i> de solubilidade em pepsina em três concentrações e respectivos coeficientes de correlação de Pearson (r) com os valores obtidos <i>in vivo</i> .....	53

<b>CAPÍTULO 3 – FARINHA DE VÍSCERAS DE AVES NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES .....</b>	<b>54</b>
RESUMO .....	54
ABSTRACT .....	55
1. INTRODUÇÃO .....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	57
2.1 <i>Avaliação da composição química e das características qualitativas da farinha de vísceras de aves produzida no Estado de São Paulo – Brasil.....</i>	<i>57</i>
2.2 <i>Ensaio de digestibilidade .....</i>	<i>58</i>
3. RESULTADOS.....	62
3.1 <i>Composição química da farinha de vísceras de aves.....</i>	<i>62</i>
3.2 <i>Características qualitativas da farinha de vísceras de aves .....</i>	<i>62</i>
3.3 <i>Digestibilidade e energia metabolizável da farinha de vísceras de aves.....</i>	<i>63</i>
4. DISCUSSÃO .....	64
5. CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS .....	70
<b>Tabela 1.</b> Composição química (g/kg de produto) das farinhas de vísceras de aves produzidas por oito fabricantes do Estado de São Paulo – Brasil ....	73
<b>Tabela 2.</b> Características qualitativas das farinhas de vísceras de aves produzidas no Estado de São Paulo – Brasil (valores sobre a matéria natural).....	75
<b>Tabela 3.</b> Concentrações (mg/100g de matéria natural) de putrescina (PUT), cadaverina (CAD), histamina (HIM), tiramina (TIM), serotonina (SRT), agmatina (AGM), espermidina (EPD), feniletilamina (FEM), espermina (EPM), triptamina (TRM) e aminas totais nas farinhas de vísceras de aves produzidas no Estado de São Paulo – Brasil .....	76
<b>Tabela 4.</b> Ingestão de nutrientes e de energia bruta (g/dia e MJ/dia, respectivamente, com base na matéria natural), coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, energia digestível e energia	

metabolizável (ED e EM, MJ/kg, com base na matéria natural) das farinhas de vísceras de aves avaliadas no ensaio de digestibilidade ..... 77

**Figura 1.** Regressão entre valores de solubilidade da proteína da farinha de vísceras de aves em pepsina a 0,02% e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta determinados em ensaio de digestibilidade com cães ..... 78

**Tabela 5.** Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta das farinhas de vísceras de aves determinadas em ensaio de digestibilidade e solubilidade da proteína bruta das referidas matérias-primas determinadas por meio de método *in vitro* de solubilidade em pepsina em três concentrações e respectivos coeficientes de correlação de Pearson (*r*) com os valores obtidos *in vivo* ..... 79

<b>CAPÍTULO 4 – EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DA FARINHA DE CARNE E OSSOS E DA FARINHA DE VÍSCERAS DE AVES PARA CÃES.....</b>	<b>80</b>
RESUMO .....	80
ABSTRACT .....	81
1. INTRODUÇÃO .....	82
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	83
2.1 <i>Conjunto de dados para estimativa das equações de predição da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves.....</i>	<i>83</i>
2.2 <i>Estimativa das equações de predição.....</i>	<i>84</i>
2.3 <i>Análises estatísticas.....</i>	<i>84</i>
2.4 <i>Estimativa da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves com base na adaptação do sistema de equações do NRC (2006).....</i>	<i>85</i>
3. RESULTADOS .....	86
3.1 <i>Equações de predição da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves com base em seus</i>	

<i>constituintes químicos e no coeficiente de solubilidade da proteína em pepsina.....</i>	<i>86</i>
<i>3.2 Sistema de equações adaptado do NRC (2006) para estimativa da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves.....</i>	<i>87</i>
<i>3.3 Estimativa da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves por meio de equações de predição e pelo sistema de equações adaptado do NRC (2006).....</i>	<i>88</i>
4. DISCUSSÃO .....	89
5. CONCLUSÕES .....	93
REFERÊNCIAS .....	93
<b>Tabela 1.</b> Composição química analisada (g/kg e energia bruta em MJ/kg de alimento), coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia, solubilidade da proteína em pepsina e valores de energia metabolizável (MJ/kg de alimento) da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves para cães .....	95
<b>Tabela 2.</b> Equações de regressão linear múltipla para predizer a energia metabolizável (MJ/kg de alimento) da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves em função dos constituintes químicos dos alimentos (g/kg de alimento) e do coeficiente de solubilidade da proteína em pepsina .	96
<b>Tabela 3.</b> Energia metabolizável aparente (EM, MJ/kg de alimento) da farinha de carne e ossos (FCO) para cães determinada em ensaio de digestibilidade e estimada por meio de equações de predição em função dos constituintes químicos do alimento (g/kg de alimento) e da solubilidade da proteína em pepsina a 0,0002% e por meio do sistema de equações adaptado do NRC (2006).....	97
<b>Tabela 4.</b> Energia metabolizável aparente (EM, MJ/kg de alimento) da farinha de vísceras de aves (FVA) para cães determinada em ensaio de digestibilidade e estimada por meio de equações de predição em função dos constituintes químicos do alimento (g/kg de alimento) e da solubilidade da proteína em pepsina a 0,02% e por meio do sistema de equações adaptado do NRC (2006).....	98

**Tabela 5.** Energia metabolizável aparente (EM, MJ/kg de alimento) da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves para cães determinada em ensaio de digestibilidade e estimada por meio de equações de predição em função dos constituintes químicos do alimento (g/kg de alimento) e da solubilidade da proteína em pepsina a 0,02% e por meio do sistema de equações adaptado do NRC (2006)..... 99

**Figura 1.** Energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves observada em ensaio de digestibilidade e estimada por equações de predição..... 100

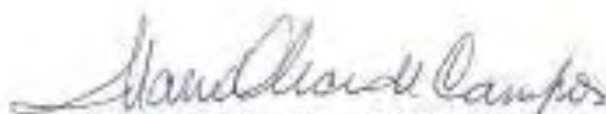
**CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS****CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo nº 027570/10 do trabalho de pesquisa intitulado "**Estabelecimento de critérios de qualidade e equações de predição da energia metabolizável e proteína digestível de subprodutos de origem animal para cães**", sob a responsabilidade da Profª Drª Nilva Kazue Sakomura 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 17 de dezembro de 2010.

Jaboticabal, 20 de dezembro de 2010.



**Prof. Dr. Jeffrey Frederico Lui**  
Presidente - CEUA



**Med. Vet. Maria Alice de Campos**  
Secretária - CEUA

## VALOR NUTRICIONAL E PARÂMETROS DE QUALIDADE DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL PARA CÃES

**RESUMO** – Os objetivos da presente tese foram avaliar o panorama qualitativo e determinar, por meio de métodos *in vivo* e *in vitro*, o valor nutricional da farinha de carne e ossos (FCO) e da farinha de vísceras de aves (FVA) para cães, além de estabelecer equações para predição da energia metabolizável (EM) destes alimentos com base em seus respectivos constituintes químicos e na solubilidade em pepsina. Objetivou-se ademais padronizar para cães a metodologia de solubilidade em pepsina da FCO e da FVA. Procedeu-se à ampla amostragem das FCO e FVA comercializadas no Estado de São Paulo - Brasil, sendo avaliadas 15 FCO e 15 FVA em relação às suas características qualitativas e, destas, oito farinhas de cada tipo foram avaliadas também em ensaio de digestibilidade com cães. Foram realizados dois ensaios de digestibilidade pelo método de coleta total de fezes e urina e a digestibilidade dos nutrientes e EM dos alimentos determinados pelo método de substituição. Em cada ensaio foram utilizados 18 cães adultos da raça beagle, distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com três blocos (período), nove dietas e duas repetições por dieta. Formulou-se uma dieta basal e dietas teste foram obtidas pela mistura de 700 g/kg da dieta basal e 300 g/kg de cada uma das farinhas avaliadas. Foi determinada a solubilidade da proteína dos ingredientes em pepsina nas concentrações de 0,02%, 0,002% e 0,0002%. Tanto a FCO como a FVA apresentaram características qualitativas adequadas, com exceção de contaminação por *Salmonella spp.* por algumas amostras. A FCO apresentou reduzidos valores de digestibilidade e de EM, ao contrário da FVA, para a qual verificaram-se bons resultados. A solubilidade da proteína da FCO e da FVA em pepsina a 0,0002% e a 0,02%, respectivamente, são métodos qualitativos válidos. A EM em MJ/kg de FCO e de FVA pode ser estimada pelas equações:  $EM_1 = -3,048 + (0,016 * g PB) + (-0,021 * g \text{ colágeno/kg PB}) + (0,027 * g EEA) + (9,309 * \text{Solubilidade em pepsina } 0,02\%)$ ,  $R^2 = 0,898$ ,  $QM_{res.} = 1,149$ ;  $EM_2 = -8,410 + (0,032 * g PB) + (0,032 * g EEA)$ ,  $R^2 = 0,894$ ,  $QM_{res.} = 1,170$ ;  $EM_3 = -4,713 + (0,027 * g PB) + (0,030 * g EEA) + (-0,009 * g Ca)$ ,  $R^2 = 0,895$ ,  $QM_{res.} = 1,166$ .

**Palavras-chave:** animais de companhia, energia metabolizável, farinha de carne e ossos, farinha de vísceras de aves.

## NUTRITIONAL VALUE AND QUALITY PARAMETERS OF ANIMAL BY-PRODUCTS FOR DOGS

**ABSTRACT** – This study aimed to evaluate the quality and to determine by *in vivo* and *in vitro* methods the nutritional value of meat and bone meal (MBM) and poultry by-product meal (PM) for dogs, and to establish prediction equations for metabolizable energy (ME) of these foods based on their chemical composition and on the protein solubility in pepsin. Moreover this study aimed to standardize the protein solubility in pepsin methodology of MBM and PM for dogs. MBM and PM marketed in Sao Paulo State – Brazil were sampled and it were evaluated 15 MBM samples and 15 PM samples to assess their qualitative characteristics and eight of each type of meal were evaluated in the digestibility trial with dogs. It were carried out two digestibility trials by the total collection of feces and urine method and nutrient digestibility and energy values of foods it were determined by the substitution method. In each trial, 18 adult beagle dogs were distributed in a randomized block design with three blocks (period), nine diets and two replicates per diet. It was formulated a basal diet and test diets were obtained by blending 700 g/kg of the basal diet and 300 g/kg of each of the meals evaluated. It was determined the protein solubility in pepsin at 0.02%, 0.002% and 0.0002%. Both the MBM as PM presented appropriate qualitative characteristics, except for *Salmonella spp.* contamination by some samples. The MBM presented reduced digestibility and ME values for dogs, as opposed to PM, which presented good results. The protein solubility in pepsin at 0.0002% and 0.02% for MBM and PM respectively, are valuable qualitative methods. ME in MJ/kg of both MBM and PM could be estimated by the equations:  $ME_1 = -3.048 + (0.016 * g CP) + (-0.021 * g collagen/kg CP) + (0.027 * g fat) + (9.309 * Protein solubility in pepsin 0.02\%)$ ,  $R^2 = 0.898$ ,  $QM_{res} = 1.149$ ;  $ME_2 = -8.410 + (0.032 * g CP) + (0.032 * g fat)$ ,  $R^2 = 0.894$ ,  $QM_{res} = 1.170$ ;  $EM_3 = -4.713 + (0.027 * g CP) + (0.030 * g fat) + (-0.009 * g calcium)$ ,  $R^2 = 0.895$ ,  $QM_{res} = 1.166$ .

**Keywords:** companion animals, meat and bone meal, metabolizable energy, poultry by-product meal.

## **CAPÍTULO 1 – Considerações gerais**

### **Introdução**

Após grande expansão inicial em volume produzido, com crescimento de mais de 8% em produção ao ano, o mercado “petfood” encontra-se hoje mais amadurecido e com maior competitividade entre as empresas. Nos últimos anos, em função da dificuldade de expansão em volume de vendas, as empresas têm sido obrigadas a direcionar seus esforços de crescimento em faturamento por meio da criação e diferenciação de novos produtos, que tenham maior valor agregado. A recente implantação de Boas Práticas de Fabricação e a especialização e competitividade do mercado têm proporcionado, também, resultados positivos sobre as características nutricionais das rações. Neste cenário, a demanda por matérias-primas de qualidade tem crescido e como alimentos industrializados para cães e gatos utilizam como base ingredientes de origem animal, o conhecimento da qualidade e do valor nutricional da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves é crucial para a indústria “petfood”.

Além disso, nos últimos anos, têm-se tornado cada vez mais importante que o incremento da produção científica esteja vinculado ao desenvolvimento de tecnologias capazes de minimizar o impacto ambiental causado pelo desenvolvimento, muitas vezes desordenado. Os subprodutos oriundos da indústria de processamento animal são um exemplo deste descompasso entre desenvolvimento científico e econômico e geração de resíduos considerados potenciais agentes poluentes. Por muitos anos, compunham parte do elo da cadeia produtiva, reciclando-se dentro do processo fabril. Entretanto, com o veto à utilização de subprodutos de origem animal na alimentação de ruminantes, houve grande interesse na busca por alternativas que possibilitassem o uso racional destes ingredientes. Neste contexto, a indústria de alimentos para animais de companhia é uma grande consumidora de tais matérias-primas, o que minimiza os efeitos

negativos da utilização e/ou descarte inapropriados que estes materiais poderiam causar ao meio ambiente.

De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação (ANFALPET, 2012b), em 2011, a indústria brasileira produziu 1,98 milhões de toneladas de alimentos para cães e gatos, proporcionando faturamento de R\$ 8,209 bilhões. Considerando que pelo menos 30% a 35% das rações para cães e gatos são constituídas por derivados de origem animal, estima-se consumo de, aproximadamente, 600.000 toneladas de farinhas animais pelo setor “petfood”, o que insere de forma importante este segmento na cadeia produtiva de proteína animal do país.

Em contrapartida, é importante considerar, também, que cães e gatos são exigentes em relação à quantidade e qualidade das fontes proteicas utilizadas em suas dietas. Características nutricionais como teor de proteína, sua digestibilidade e composição ou perfil em aminoácidos essenciais biodisponíveis são determinantes na eficiência de utilização proteica do alimento (CASE et al., 2000). Assim, os principais aspectos que devem ser considerados na avaliação qualitativa de um ingrediente proteico incluem: sua digestibilidade e perfil de aminoácidos, que remetem ao seu valor biológico (POND et al., 1995); sua relação proteína/matéria mineral, a qual é estreita em ingredientes de origem animal e mais favorável em matérias-primas vegetais (COWELL et al., 2000) e sua palatabilidade.

Para cães e gatos, de forma geral, ingredientes proteicos de origem animal possuem melhor balanço de aminoácidos essenciais quando comparados às matérias-primas de origem vegetal (NEIRINCK et al., 1991; CLAPPER et al., 2001). Contudo, a literatura revela que existe divergência quanto à qualidade e digestibilidade de farinhas de subprodutos de origem animal (PARSONS et al., 1997; JOHNSON et al., 1998; SHIRLEY e PARSONS, 2001; RAVINDRAN et al., 2002). Tal fato pode ocorrer em virtude de diferenças nas concentrações de proteína, minerais e gordura, além do processamento a que o ingrediente foi submetido (SKURRAY e HERBERT, 1974; JOHNSON e PARSONS, 1997; HENDRIKS et al., 2002).

Assim, a maior dificuldade relacionada à utilização dos ingredientes de origem animal vem sendo a diversidade de produtos, que apresentam padrões nutricionais e de qualidade bastante distintos. Variações nas proporções empregadas de

diferentes tecidos animais e na qualidade destes, bem como no processamento adotado na indústria de farinhas, tornam bastante distintas a qualidade sanitária e o valor nutricional dos ingredientes. Grandes variações de qualidade podem ser verificadas entre diferentes produtores e mesmo entre partidas de uma mesma empresa.

Por outro lado, o conhecimento da composição química e a precisão dos valores energéticos dos alimentos são de grande importância na formulação econômica de rações. Assim, quando se deseja prever a qualidade nutricional dos alimentos, informações sobre a digestibilidade de seus nutrientes são imprescindíveis. Neste contexto, é importante ressaltar que as determinações *in vivo* requerem mais tempo, são mais dispendiosas e exigem maior empenho em relação aos procedimentos *in vitro*. Por outro lado, a validação dos métodos *in vitro* deve estar baseada no grau de relacionamento entre os resultados obtidos por meio de procedimentos *in vitro* e *in vivo*, quando considerados materiais idênticos (BOISEN e EGGUM, 1991).

A indústria de alimentos para cães e gatos utiliza em sua rotina a metodologia *in vitro* de solubilidade da proteína em pepsina como critério para controle de qualidade e recebimento de lotes, porém, ainda existe controvérsia com relação à melhor concentração de pepsina. Assim, a padronização desta ferramenta seria importante para definir de forma precisa e prática a qualidade da proteína dos ingredientes empregados.

Outro aspecto importante relacionado ao potencial de utilização de um ingrediente refere-se à determinação de sua energia metabolizável, que por sua vez envolve a realização de ensaios de metabolismo e análises laboratoriais, que são procedimentos que exigem instalações, equipamentos e materiais específicos, dificultando sua determinação, principalmente, em nível de indústria. Desta forma, a utilização de tabelas e/ou equações de predição são alternativas para se estimar o valor energético dos ingredientes. As equações de predição baseadas em parâmetros físicos e químicos dos alimentos podem aumentar a precisão no processo de formulação de rações, por meio da correção dos valores energéticos. Conseqüentemente, a utilização desta ferramenta é mais apropriada quando a

composição química do alimento apresenta grande variabilidade (ALBINO e SILVA, 1996), como no caso da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves.

Diante do exposto, os objetivos da presente tese foram:

1. Fornecer informações acerca das características qualitativas da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves comercializadas no Estado de São Paulo – Brasil e determinar o valor nutricional destes ingredientes para cães;
2. Padronizar para cães o método *in vitro* de solubilidade da proteína da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves em pepsina;
3. Estabelecer equações de predição da energia metabolizável para cães da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves a partir de seus constituintes químicos e da solubilidade da proteína dos alimentos em pepsina.

## **Revisão de literatura**

### *Estatísticas do mercado “petfood”*

Existem, no Brasil, 34,3 milhões de cães e 18,3 milhões de gatos, o que permite ao país ocupar a segunda posição mundial em população de tais espécies e o posiciona como sexto maior em faturamento pela comercialização de produtos destinados ao mercado “pet” (ANFALPET, 2012a). Em 2011 foram produzidas 1,98 milhões de toneladas de alimentos industrializados para cães e gatos, o que correspondeu a faturamento de R\$ 8,209 bilhões (ANFALPET, 2012b). A demanda por matérias-primas de qualidade capazes de abastecer a indústria “petfood” acompanha a ascensão do segmento. Neste contexto, a formulação de alimentos para cães e gatos utiliza como base ingredientes de origem animal, dentre estes, os mais empregados são a farinha de carne e ossos e a farinha de vísceras de aves.

Considerando que em 2010 foram produzidas, aproximadamente, 24,5 milhões de toneladas de carne bovina, suína e de aves (MAPA, 2012) e assumindo que há perda de cerca de 35% no abate, na forma de resíduos não comestíveis, chega-se a, aproximadamente, 8,5 milhões de toneladas em produtos não comestíveis e/ou recicláveis, como farinhas e gordura animal. Todo este grande volume de co-produtos do processamento de aves, bovinos e suínos necessita de destinação adequada, evitando-se contaminação ambiental e agregando valor e

renda às integrações e frigoríficos, que hoje processam e destinam parte destes ingredientes ao mercado “petfood”.

Assim, é cada vez mais importante que os subprodutos da indústria de farinhas animais sejam adequadamente trabalhados e apresentem a qualidade necessária para que possam destinar-se às rações animais, estimulando ações que conduzam à emissão zero, ou seja, que os resíduos de uma indústria se constituam em matéria-prima para a indústria seguinte da cadeia (BELLAYER, 2002).

#### *Características qualitativas do processamento e das farinhas de origem animal*

O processo básico para produção de farinhas animais inicia-se com a separação, em frigoríficos, ou com a coleta em casas de carne e açougues, de resíduos provenientes de abate animal que são impróprios para serem utilizados na alimentação humana, mas que sejam isentos de microorganismos patogênicos e de materiais estranhos à sua composição. A seguir, é feita retirada do excesso de água e os materiais coletados que tenham tamanho superior a cinco centímetros devem ser triturados e, então, processados em digestores para cocção com ou sem pressão, por tempo variável dependendo do método considerado. A gordura deve ser drenada, prensada ou centrifugada e o resíduo sólido moído na forma de farinha com especificações de granulometria variáveis (BELLAYER, 2010).

Porém, existem vários pontos nos quais a qualidade das farinhas pode ser prejudicada: a) umidade; b) textura; c) contaminações no processo; d) contaminações com materiais estranhos ao processo; e) tempo decorrido entre abate e processamento, que deve ser o mais breve possível, ocorrendo preferencialmente, em intervalo de até 24 horas. Além disso, é importante identificar pontos críticos desde a coleta da matéria-prima, até a utilização das rações contendo as farinhas e que serão destinadas às diferentes espécies (BELLAYER, 2002).

Ao avaliar de forma individual cada um dos aspectos acima mencionados, observa-se que a umidade pode ser indicativa da qualidade do processamento a que a matéria-prima foi submetida, uma vez que teores muito baixos podem sugerir superprocessamento, com queima do ingrediente e conseqüente perda de nutrientes. Tal efeito pode resultar de desgaste do digestor, excessivo tempo de

retenção no equipamento e/ou defeitos ou má regulagem de manômetros e termômetros. Por outro lado, se o teor de umidade for superior a 8% pode predispor a farinha à contaminação bacteriana e suas eventuais consequências (BELLAYER, 2002).

No processo de obtenção das farinhas, é permitida inclusão de quantidades variáveis de ossos, os quais, por serem de difícil trituração, podem ser segregadas partículas maiores para posterior remoagem, visando manutenção de granulometria adequada. Portanto, uma farinha com boa textura não deve apresentar retenção em peneira Tyler 6 (3,36mm), máximo de 3% de retenção na Tyler 8 (2,38mm) e máximo de 10% de retenção na peneira Tyler 10 (1,68mm) (BELLAYER, 2002).

Ainda de acordo com Bellaver (2002) são considerados contaminantes do processo de obtenção das farinhas de origem animal, a inclusão de sangue, penas, resíduos de incubatório, cascos, chifres, pêlos e conteúdo digestivo. A adição de tais frações deve ser minimizada em função da definição de cada produto, visando manter os padrões de qualidade e repetibilidade do ingrediente comercializado. Já os contaminantes estranhos ao processo, em geral, estão associados à falta de equipamentos adequados ou até mesmo às ações fraudulentas que visam elevar, a baixo custo, principalmente o teor de proteína do ingrediente. É importante destacar que é proibido utilizar animais mortos, qualquer que seja sua procedência, para produção de farinhas.

Assim, fica evidente a importância do estabelecimento de uma rotina de verificação da qualidade, embasada em especificações de qualidade, tanto de matérias-primas como de dietas. As especificações dos ingredientes dependem de disponibilidade no mercado e da natureza da matéria-prima com seus padrões conhecidos. Por exemplo, na recepção de ingredientes existem três classes de avaliação que servem de referência para aceitar ou devolver o embarque, a saber: a) provas sensoriais, b) provas rápidas e c) provas de laboratório (BELLAYER, 2005).

Observa-se, portanto, que determinadas características físicas, químicas e sensoriais podem ser avaliadas para auxiliar a verificar a qualidade de farinhas de origem animal, como por exemplo, sua coloração, odor, granulometria, contaminação por material estranho ao processo de obtenção do ingrediente,

empedramento, umidade, teor de peróxidos, acidez, presença de aminas, avaliação bacteriológica para *Salmonella spp.*, bem como teores de matéria mineral, proteína e gordura.

Neste contexto, é importante ressaltar que a fração de lipídeos dos ingredientes de origem animal apresenta elevada susceptibilidade aos processos deteriorativos, como autooxidação, a qual está associada à reação do oxigênio com ácidos graxos. A oxidação é um processo autocatalítico que, uma vez iniciada, se desenvolve em aceleração crescente. Fatores como temperatura, enzimas, luz e íons metálicos podem favorecer a formação de radicais livres que, em contato com oxigênio molecular, forma peróxido. Quando tal composto reage com outra molécula oxidável, induz a formação de hidroperóxido e outro radical livre. Os hidroperóxidos dão origem a dois radicais livres, capazes de atacar outras moléculas e formar mais radicais livres, originando assim uma progressão geométrica. As moléculas formadas, contendo o radical livre, ao se romperem formam produtos de peso molecular mais baixo (aldeídos, cetonas, álcoois e ésteres), os quais são voláteis e responsáveis pelos odores da rancificação (ADAMS, 1999).

O índice de peróxido é a forma usual para detectar rancidez da fração de gordura dos alimentos. Baseia-se na quantificação do cátion de uma base, necessário para neutralizar compostos oxidados, sendo o resultado expresso em mili-equivalentes/kg e, tradicionalmente os valores situam-se entre 0 e 20 mEq/kg (BELLAVAR e ZANOTTO, 2004).

A ocorrência de possíveis processos oxidativos também pode ser detectada pela análise de TBA, sigla em inglês que remete ao ácido tiobarbitúrico. O teste de TBA baseia-se na reação do ácido tiobarbitúrico com produtos de decomposição dos hidroperóxidos, que são peróxidos cujo radical é o hidrogênio. Torna-se importante esclarecer que peróxidos são produtos intermediários instáveis, sobretudo a temperaturas elevadas ou em presença de metais de transição. No decurso de sua decomposição produzem-se compostos de natureza diversa, como aldeídos, cetonas, hidroxíácidos, hidrocarbonetos, polímeros, entre outros, os quais são genericamente designados produtos secundários. Dentre estes, um dos principais é o malonaldeído, um aldeído com três átomos de carbono (SILVA et al., 1999).

Outra forma de avaliar a qualidade de farinhas de origem animal é por meio da determinação de seu teor de acidez, que baseia-se na reação entre um álcali e o ácido graxo livre, ou seja, são os miligramas de uma base (KOH ou NaOH) requeridos para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em um grama de amostra (BELLAVÉR e ZANOTTO, 2004).

Outro indicativo da qualidade sanitária e nutricional de ingredientes de origem animal corresponde à concentração destes em aminas biogênicas, que são produtos da descarboxilação de aminoácidos originados, em geral, por decomposição bacteriana ou por processos putrefativos de proteínas de origem animal. Armazenamento inadequado de materiais crus ou de produtos processados que apresentam contaminação bacteriana são fontes usuais de aminas dietéticas (BARNES et al., 2001). Podem ser classificadas em função do número de grupamentos amina, da estrutura química, da via biossintética e ainda quanto ao grau de substituição do hidrogênio da amônia (ROSSATO, 2005).

Existe ainda um subgrupo denominado de poliaminas, o qual é composto por putrescina, espermidina e espermina. Poliaminas são compostos de baixo peso molecular, de característica catiônica e que são sintetizados a partir de metionina e ornitina por meio de mecanismo altamente específico (SMITH et al., 2000). Embora a real importância das poliaminas sobre o metabolismo seja ainda incerta, acredita-se que estas sejam substâncias anabólicas que possuem propriedades hormonais e podem contribuir tanto para manutenção da homeostase celular como estarem relacionadas às atividades relevantes como proliferação e diferenciação celular e ao desenvolvimento de neoplasias (SEILER, 1996).

Smith (1990) observou que frangos alimentados com dieta suplementada com 0,2% de putrescina apresentaram taxa de crescimento mais acelerado em relação ao grupo controle, ou seja, sem suplementação. Porém, constataram, também, que a partir de 0,8% de putrescina, esta se torna tóxica. Observa-se que o limiar entre os efeitos benéficos e aqueles indesejáveis decorrentes do consumo de aminas biogênicas e poliaminas é muito estreito. Portanto, a presença de tais compostos na dieta em quantidades adequadas é importante para a saúde do animal, mas, por outro lado, podem causar efeitos tóxicos quando em altas concentrações (GLORIA, 2006).

É importante, portanto, determinar o perfil e concentração de aminas biogênicas e poliaminas em alimentos, uma vez que estas substâncias podem causar desnaturação ou efeitos tóxicos quando consumidas em grande quantidade. Exemplificando, em humanos, pode provocar enxaqueca e crise hipertensiva. Além disso, a intoxicação alimentar causada por ingestão de histamina provoca efeitos cutâneos, gastrintestinais, hemodinâmicos e neurológicos. Em compostos não fermentáveis, a presença de aminas em alta concentração é considerado indicativo de atividade de bactérias indesejáveis.

De forma geral, uma ferramenta bastante eficiente no controle do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis em alimentos é por meio da manutenção de sua atividade de água a valores reduzidos. Atividade de água ( $a_w$ ) é um parâmetro que representa a “água disponível” de determinado material, sendo definida pela relação  $p/p_0$ , onde  $p$  representa a pressão parcial atual do vapor de água e  $p_0$  a pressão máxima possível de água pura (pressão de saturação) à uma mesma temperatura. A  $a_w$  é um valor adimensional, sendo que água pura possui  $a_w$  de 1,0 e materiais totalmente livres de água possuem  $a_w$  igual a 0. A  $a_w$  pode também ser representada como ERH/100, onde ERH é a umidade relativa de equilíbrio no material, expresso como porcentagem (SCOTT, 1957).

Interessante notar que cada microrganismo possui uma  $a_w$  mínima necessária para seu crescimento. Por exemplo, para desenvolvimento bacteriano (*Halobacterium*, *Halococcus*) é necessária uma  $a_w$  mínima de 0,75; para leveduras (*Saccharomyces*) de 0,62 e para fungos (*Monascus*),  $a_w$  mínima de 0,61 (LEISTNER et al., 1981). Porém, existem muitos fatores que interagem com a  $a_w$  do material, sendo os principais seu teor de umidade e sua composição, pois estes irão definir a propensão do material à deterioração, independente da  $a_w$  (LOWE e KERSHAW, 1995).

Além disso, um dos principais problemas relacionados aos alimentos de origem animal é a elevada susceptibilidade destes à contaminação por bactérias do gênero *Salmonella spp.* Os níveis de contaminação por *Salmonella spp.* verificados em insumos de origem animal, permitem presumir que esteja havendo autoreciclagem dessa enterobactéria em empresas avícolas, já que a maioria destas transformam em farinha, vísceras e penas resultantes do abate de aves, para

posteriormente utilizá-las como componentes das rações. Portanto, na produção de farinhas de origem animal, é imprescindível que se atente ao controle de pontos críticos e eliminação das causas de variação para dar certificação de garantia do processo.

Por outro lado, é igualmente importante a manutenção de condições que inviabilizem a recontaminação das farinhas em todo processo produtivo, ou seja, desde sua concepção até sua utilização em dietas destinadas às distintas espécies. Considerando que a recontaminação de farinhas por *Salmonella spp.* é muito frequente, deve-se monitorar todo processo produtivo ao longo do ano, o que evitaria perda de qualidade por recontaminação. Além disso, é importante ressaltar que as temperaturas de processamento para produção de farinhas eliminam grande parte, senão toda contaminação bacteriana dos subprodutos, porém, a recontaminação é algo que tem grande chance de acontecer devido aos erros no manuseio, transporte, armazenagem, entre outros (BELLAVÉR, 2001).

Na tentativa de reduzir o risco de colonização bacteriana em farinhas de origem animal, tem sido prática comum em graxarias adição de substâncias a base de formaldeído, que impedem o crescimento bacteriano. Embora este seja um efeito desejável, existe também a hipótese de tais compostos reduzirem a digestibilidade dos aminoácidos e da energia das farinhas, apresentar resíduos na carne e na gordura de produtos destinados à alimentação humana, além de serem potenciais causadores de tumorações em animais de estimação. Todos estes possíveis efeitos indesejáveis fazem com que haja necessidade de maior embasamento científico sobre as reais implicações de tais substâncias no metabolismo dos animais (BELLAVÉR, 2001). Além disso, é importante destacar que as boas práticas de fabricação devem anteceder ao uso de aditivos.

#### *Farinha de carne e ossos na alimentação de monogástricos*

Para melhor entendimento do processo de produção de farinhas de origem animal, é importante definir determinados termos, apresentados no Guia Técnico Ambiental de Graxarias – Série P+L, da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2006):

- Abatedouros (ou Matadouros): realizam abate de animais, produzindo carcaças (carne com ossos) e vísceras comestíveis. Algumas unidades também fazem desossa das carcaças e produzem os chamados “cortes de açougue”, porém, não industrializam a carne;
- Frigoríficos: podem ser divididos em dois tipos – aqueles que abatem animais, separam sua carne e suas vísceras e as industrializam, gerando seus derivados e subprodutos, ou seja, fazem todo processo dos abatedouros/matadouros, além de industrializarem a carne; e aqueles que não abatem animais, porém compram a carne em carcaças ou cortes, bem como vísceras, de matadouros ou de outros frigoríficos para seu processamento e geração de derivados e subprodutos, ou seja, somente industrializam a carne;
- Graxarias: processam subprodutos e/ou resíduos de abatedouros ou frigoríficos e de casas de comercialização de carnes (açougues), produzindo, principalmente, sebo ou gordura animal (para indústria de sabões/sabonetes, rações animais e para indústria química) e farinhas de origem animal (para rações animais). Há graxarias que também produzem sebo ou gordura e/ou o chamado adubo organo-mineral somente a partir de ossos. Podem ser anexas aos abatedouros e frigoríficos ou unidades de negócio independentes.

Assim sendo, os materiais que compõem a farinha de carne e ossos têm origem na coleta de resíduos de abate em frigoríficos, abatedouros e açougues a partir de ossos e tecidos, após desossa completa da carcaça de bovinos. O processo inicia-se com a moagem, quando necessária em virtude do tamanho das peças, seguindo-se o cozimento em digestores, prensagem para extração de gordura e novamente moagem com especificações de granulometria pré-estabelecidas. Ao produto não se deve adicionar sangue, cascos, chifres, pêlos e conteúdo estomacal a não ser aqueles incluídos involuntariamente dentro dos princípios de boas práticas de fabricação. Além disso, não deve conter matérias estranhas ao processamento (BELLAYER, 2005). Supõe-se, assim, que a composição do material bruto terá significativo efeito na qualidade do produto obtido, sendo que alguns aspectos do processo podem, também, influir sobre o resultado final, como por exemplo, o sobreaquecimento pode prejudicar a palatabilidade e qualidade da farinha de carne e ossos (BELLAYER, 2005).

Garcia e Phillips (2009) ao caracterizarem farinhas de carne e ossos produzidas a partir de bovinos, suínos e de aves em combinação ou não, observaram que quando não há mistura entre espécies para obtenção da matéria-prima, a farinha de origem bovina apresentou maior proporção de ossos em relação à suína e de aves. Os autores consideraram que a relação alométrica entre massa corpórea e do esqueleto justifica, ao menos em parte, tal diferença, uma vez que a razão entre massa óssea e corpórea total é maior em grandes animais, como bovinos, do que em animais pequenos, como aves e suínos. Já quando a farinha de carne e ossos é obtida a partir da mistura de materiais de duas ou mais espécies, a tendência é de que se adicione menor proporção de ossos.

Estudos em aves têm demonstrado que ao se avaliar a farinha de carne e ossos por meio da metodologia de substituição, na qual se utiliza uma dieta basal e uma dieta teste composta por proporções conhecidas e pré-determinadas da dieta basal e do alimento a ser estudado, existe influência do teor de inclusão do ingrediente sobre os resultados de energia metabolizável obtidos (DEGROOT e KETEKES, 1988; MARTOSISWOYO e JENSEN, 1988; DALE, 1989). Assim, Dale (1997) verificou relação inversa entre teor de inclusão da farinha de carne e ossos e valores de energia metabolizável resultantes. Segundo o autor, tal efeito pode ser consequência da influência negativa do elevado teor de minerais, sobretudo cálcio e fósforo, sobre o aproveitamento dos nutrientes da farinha de carne e ossos.

#### *Farinha de vísceras de aves na alimentação de monogástricos*

A farinha de vísceras de aves corresponde a uma fonte proteica comum para frangos de corte. Em tempos remotos, era possível considerar sua composição química razoavelmente constante, com níveis nutricionais semelhantes aqueles apresentados no NRC (1994). Porém, nos últimos anos, a indústria de alimentos para animais de companhia, tem-se mostrado disposta a pagar valores diferenciados para farinhas com determinados padrões de qualidade, favorecendo a segmentação do mercado e disponibilizando produtos de qualidade distinta (DOZIER et al., 2003).

Segundo Bellaver (2005), a farinha de vísceras de aves é o produto resultante da cocção, prensagem e moagem de vísceras de aves, sendo permitida inclusão de cabeças e pés. Não deve conter, porém, penas, exceto aquelas que podem ocorrer não intencionalmente, e, tampouco, é permitida utilização de resíduos de

incubatórios e de outras matérias estranhas à sua composição, como cascas de ovos.

A farinha de vísceras de aves é uma fonte proteica de valor considerável em dietas para cães, porém, informações sobre a composição química e a digestibilidade de seus nutrientes indicam que esta é um produto extremamente variável (HAN e PARSONS, 1990; JOHNSON et al., 1998, DOZIER et al., 2003).

Com base em amostras de dez indústrias que produzem farinha de vísceras de aves destinada ao mercado “petfood” no sudeste dos Estados Unidos, Dozier et al. (2003) verificaram que o teor de proteína bruta variou de 63,0% a 69,3%, de extrato etéreo de 10,9% a 15,1% e de matéria mineral de 10,7% a 18,5%.

Cramer et al. (2007) ao avaliarem diferentes fontes proteicas de origem animal, verificaram que a farinha de vísceras de aves com baixo teor de matéria mineral possuía, 954 g/kg de matéria seca e 719 g/kg de proteína bruta, 149 g/kg de extrato etéreo e 111 g/kg de matéria mineral, valores expressos com base na matéria seca. Já a farinha de vísceras convencional apresentou 951 g/kg de matéria seca, 726 g/kg de proteína, 129 g/kg de gordura e 125 g/kg de matéria mineral. Verificaram também, correlação negativa entre teor de matéria mineral e taxa de eficiência proteica e digestibilidade de aminoácidos essenciais e não essenciais. Entretanto, os autores sugeriram que o efeito negativo sobre a digestibilidade dos aminoácidos resultou, ao menos em parte, do processamento a que estas farinhas foram submetidas e não da sua composição em matéria mineral.

#### *Equações de predição em estudos de avaliação de ingredientes*

Vários métodos diretos (ensaios biológicos) e indiretos (equações de predição) têm sido aplicados no intuito de se determinar a energia metabolizável dos alimentos para monogástricos (NUNES et al., 2001; RODRIGUES et al., 2001; SÁ-FORTES, 2005; CAVALARI et al., 2006). A equação de predição que utiliza como base as características químicas e físicas dos alimentos corresponde a um método indireto para se estimar a energia metabolizável destes. Representa uma importante ferramenta para formular rações, já que o ensaio biológico depende de metodologias de difícil execução pela indústria, além do maior tempo necessário para obterem-se os resultados (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

De acordo com SAKOMURA e ROSTAGNO (2007) para a indústria de rações, o uso de equações é de extrema importância, não somente por estimar o valor energético dos alimentos, mas também por possibilitar a realização de ajustes necessários de acordo com a variação na composição dos ingredientes, principalmente com relação ao teor de proteína, gordura e fibra. Assim, as equações de predição da energia permitem maximizar a utilização dos dados de composição obtidos mediante análises laboratoriais de rotina.

A construção de equações de predição da energia metabolizável de ingredientes comumente utilizados pela indústria é uma ferramenta bastante utilizada na formulação de alimentos para animais de produção, em especial aves e suínos. No caso das indústrias de alimentos para animais de companhia, a escassez de informações relacionadas ao aproveitamento de nutrientes e da energia de ingredientes e não de dietas, dificulta e, de certa forma, limita o estabelecimento de equações de predição. Considerando a grande variabilidade na composição nutricional e no teor de energia metabolizável dos subprodutos de origem animal, a elaboração de equações de predição que possibilitem estimar a digestibilidade e aproveitamento da energia de tais matérias-primas, proporcionaria informações que seriam de grande valia para a indústria pet. Permitiria ao nutricionista, por exemplo, utilizar tais ingredientes de forma mais criteriosa, segura e possibilitaria um controle de qualidade mais eficiente, estimulando a produção de matérias-primas de melhor qualidade, com maior potencial à exportação.

Diversos estudos foram realizados com aves e suínos com intuito de determinar equações para predição da energia metabolizável de subprodutos. Rodrigues et al. (2001), em estudo com pintos em crescimento e galos adultos, verificaram forte correlação negativa entre a estimativa, por meio de equações, da energia metabolizável do milho, milho e seus subprodutos e suas respectivas concentrações em matéria mineral. Nunes (1999) concluiu que as equações que consideravam a composição em proteína bruta e fibra em detergente neutro foram melhores na estimativa da energia metabolizável do grão de trigo e seus subprodutos para aves. No entanto, o referido autor também observou que matéria mineral e extrato etéreo foram bons preditores do conteúdo energético dos alimentos.

Dolz e de-Blas (1992) obtiveram boas estimativas da energia metabolizável aparente e verdadeira corrigidas pelo balanço de nitrogênio da farinha de carne e ossos para aves, quando utilizaram teores de extrato etéreo e de proteína bruta no modelo. Já Azevedo (1996) verificou melhor predição da energia ao considerar proteína bruta e proteína digestível em pepsina a 0,02%. No entanto, observou que os parâmetros que compunham o modelo variavam em função da origem e da composição do alimento, ou grupo de alimentos, para o qual as equações foram estimadas.

É importante considerar que equações com grande número de variáveis, apesar de mais precisas nas estimativas, podem se tornar inviabilizadas, já que a determinação de certos componentes, como diâmetro geométrico médio e densidade dos alimentos, em condições práticas, muitas vezes não é possível. Assim, o uso de equações com menor número de variáveis, sendo estas baseadas em análises que fazem parte da rotina de laboratórios, facilita e estimula sua adoção (NUNES, 1999).

O uso de equações de predição da digestibilidade dos nutrientes com base na composição química dos alimentos, além de tornar prática a avaliação das matérias-primas utilizadas na indústria de alimentação animal, possibilita emprego de resultados de digestibilidade obtidos em ensaios *in vitro*.

Já equações de predição da energia metabolizável que atribuem fatores para estimar o conteúdo energético dos nutrientes, em geral, refletem o calor gerado pela combustão da matéria orgânica, a digestibilidade de seus constituintes nutritivos e a correção da estimativa de perdas de energia pela urina como resultado do metabolismo das proteínas. Portanto, uma equação será capaz de predizer de forma precisa o teor de energia metabolizável de um alimento quando a digestibilidade deste for semelhante àquela apresentada pelas dietas/ingredientes que deram origem à equação (NRC, 2006).

#### *Avaliação de ingredientes por meio de metodologias de solubilidade in vitro*

Para Boisen e Eggum (1991) métodos *in vitro* que empregam incubações devem estar acompanhados de sistemas enzimáticos que tenham características semelhantes àsquelas do trato gastrintestinal. De maneira geral, tais métodos aferem

a taxa inicial de hidrólise e determinam valores de digestibilidade dos alimentos que predizem aquela verificada em ensaios *in vivo*.

Entretanto, uma das maiores críticas ao método enzimático relaciona-se ao fato de este corresponder a uma técnica laboratorial que pretende simular um complexo mecanismo de digestão que acontece dentro do trato digestório dos animais, sendo que existem muitos aspectos que são limitantes para obtenção de tal objetivo. Uma das consequências de tais limitações é que, de modo geral, grande parte dos resultados obtidos por meio de métodos de solubilidade *in vitro* são contraditórios (SWAISGOOD e CATIGNANI, 1991).

Dentre os métodos enzimáticos, o da solubilidade da proteína em pepsina é o mais utilizado quando se deseja avaliar a qualidade da proteína dos alimentos de origem animal, sendo o único reconhecido pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1984). Além disso, é amplamente aceito pela indústria de alimentos por ser relativamente simples, de baixo custo, rápido e por possibilitar comparações entre grande número de amostras ao mesmo tempo (RAVINDRAN e BRYDEN, 1999).

A concentração de pepsina parece ser o fator crítico na adoção deste método. Parsons et al. (1997) verificaram que o teor de 0,002% de enzima foi mais eficiente em prever a qualidade da proteína da farinha de carne e ossos em relação à 0,2% de pepsina recomendada pela AOAC (1984). Os autores concluíram que 0,2% de pepsina foi uma concentração excessiva, o que dificultou a detecção de diferenças de qualidade entre as amostras de ingredientes. Johnston e Coon (1979) verificaram, de modo semelhante, que ensaios que utilizaram 0,2% de pepsina não foram eficientes em distinguir entre uma farinha de peixes de boa qualidade e uma que sofreu super-processamento por ação do calor. Todavia, as concentrações de 0,02% e 0,002% de pepsina indicaram melhor as diferenças qualitativas entre subprodutos.

Na prática, cada laboratório de controle de qualidade, após grande número de análises, estabelece valores-referência que são usados para classificar os alimentos como de boa ou baixa qualidade. Porém, é possível constatar que ainda não está suficientemente esclarecido o valor nutricional que deve ser atribuído a um alimento classificado como de baixa qualidade. Assim, maior volume de pesquisas nesta área

contribuiria sobremaneira para integrar os resultados laboratoriais com o valor nutritivo atribuído aos ingredientes que serão usados nas rações dos animais monogástricos (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

## Referências

ADAMS, C.A. Oxidations and antioxidants. In.: **Nutricines. Food components in Health and Nutrition**. Nottingham Univ. Press. Chapter 2. 1999. p.11-34.

ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: Simpósio Internacional Sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos. Viçosa, **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p.303-318.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (ANFALPET). **Perfil Pet 2011**. Disponível em: [http://anfalpet.org.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=60&Itemid=136](http://anfalpet.org.br/portal/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=60&Itemid=136). Acesso em 01 de março de 2012a.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (ANFALPET). **As perspectivas do mercado pet brasileiro em 2012**. Disponível em: [http://anfalpet.org.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1163:as-perspectivas-do-mercado-pet-brasileiro-em-2012&catid=16:noticias-externas&Itemid=1](http://anfalpet.org.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1163:as-perspectivas-do-mercado-pet-brasileiro-em-2012&catid=16:noticias-externas&Itemid=1). Acesso em 01 de março de 2012b.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. Washington, DC: AOAC International, 14.ed., 1984.

AZEVEDO, D.M.S. **Fatores que afetam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 68p. (Dissertação de Mestrado).

BARNES, D.M.; KIRBY, Y.K.; OLIVER, K.G. Effects of biogenic amines on growth and the incidence of proventricular lesions in broiler chickens. **Poultry Science**, v.80, p.906-911, 2001.

BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. In.: Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal, Campinas-SP. **Palestra**, 2001.

BELLAVER, C. Resíduos industriais (farinhas, óleos e sebos), onde colocá-los frente as restrições de mercado? In.: IV Seminário Internacional da Industrialização da Carne, Mercoagro 2002, **Anais...** Chapecó-SC. Palestra, 2002.

BELLAVER, C. Limitações e vantagens do uso de farinhas de origem animal na alimentação de suínos e de aves. In.: 2º Simpósio Brasileiro Alltech da Indústria de Alimentação Animal, **Anais...** Curitiba-PR. Palestra, 2005.

BELLAVER, C. Processamento de farinhas de origem animal e sua relação com digestibilidade e palatabilidade do produto final. In.: II Congresso Internacional sobre Nutrição de Animais de Estimação e IX Simpósio sobre Nutrição de Animais de Estimação, **Anais...**Campinas-SP., 2010.

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D. Parâmetros de qualidade em gorduras e subprodutos proteicos de origem animal. In.: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, Santos-SP. **Palestra**, 2004.

BOISEN, S.; EGGUM, B.O. Critical evaluation of in vitro methods for estimating digestibility in simple-stomach animals. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p.141-162, 1991.

CASE, L.P.; CAREY, D.P.; HIRAKAWA, D.A. Carbohydrates. In: CASE, L.P.; CAREY, D.P.; HIRAKAWA, D.A. **Canine and feline nutrition: a resource for companion animal professionals**. St. Louis: Mosby-Year Book, 2000. p. 17-94.

CAVALARI, A.P.M.; DONZELE, J.L.; VIANA, J.A.; ABREU, M.L.T.; OLIVEIRA, A.L.S.; FREITAS, L.S.; PEREIRA, A.A.; CARCIOFI, A.C. Determinação do valor nutritivo de alimentos energéticos e protéicos utilizados em rações para cães adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.1985-1991, 2006.

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

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) - **Guia Técnico Ambiental de Graxarias – Série P+L**. São Paulo. 2006, 79p.

COWELL, C.S.; STOUT, N.P.; BRINKMANN, M.F.; MOSER, E.A.; CRANE, S.W.. Making commercial pet foods. In.:**Small Animal Clinical Nutrition**, fourth ed. Walsworth Publishing Company, Maceline, MO, p.127-146, 2000.

CRAMER, K.R.; GREENWOOD, M.W.; MORITZ, J.S.; BEYER, R.S.; PARSONS, C.M. Protein quality of various raw and rendered by-product meals commonly incorporated into companion animal diets. **Journal of Animal Science**, v.85, p.3285-3293, 2007.

DALE, N.M. Metabolizable energy of rendered products at low levels of dietary inclusion. **Poultry Science**, v.68(Suppl):36 (Abs). 1989.

DALE, N. Metabolizable energy of meat and bone meal. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.6, p.169-173, 1997.

DEGROOT, G.; KETEKES, E. The metabolizable energy content of different meat and meat and bone meals as influenced by dietary inclusion level and age of the chick. In.: **Proceedings of 18<sup>th</sup> World's Poultry Congress**, Nagoya, Japan, 1988.

DOLZ, S.; DE BLAS, C. Metabolizable energy of meat and bone meal from Spanish rendering plants as influenced by level of substitution and method of determination. **Poultry Science**, v.71, n.2, p.316-322, 1992.

DOZIER, W.A.; DALE, N.M.; DOVE, C.R. Nutrient composition of feed-grade and pet-food-grade poultry by-product meal. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.526-530, 2003.

GARCIA, R.A.; PHILLIPS, J.G. Physical distribution and characteristics of meat and bone meal protein. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.89, p.329-336, 2009.

GLORIA, M.B.A. Poliaminas e aminos biogénicas em ração para pequenos animais. In: FORUM PET FOOD DA AMÉRICA LATINA, 5<sup>o</sup>, 2006, São Paulo. **Anais...** 2006, p.14.

HAN, Y.; PARSONS, C.M. Determination of available amino acids and energy in alfalfa meal, feather meal, and poultry byproduct meal by various methods. **Poultry Science**, v.69, p.1544-1552, 1990.

HENDRIKS, W.H.; BUTTS, C.A.; THOMAS, D.V.; JAMES, K.A.C.; MOREL, P.C.A.; VERSTEGEN, M.W.A. Nutritional quality and variation of meat and bone meal. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.15, n.10, p.1507-1516, 2002.

JOHNSON, M.L.; PARSONS, C.M. Effects of raw material source, ash content, and assay length on protein efficiency ratio and net protein ratio values for animal protein meals. **Poultry Science**, v.76, p 1722-1727, 1997.

JOHNSON, M.L.; PARSONS, C.M.; FAHEY Jr., G.C.; MERCHEN, N.R.; ALDRICH, C.G. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1112-1122, 1998.

JOHNSTON, J.; COON, C.N. The use of varying levels of pepsin for pepsin digestion studies with animal proteins. **Poultry Science**, v.58, p.1271-1273, 1979.

LEISTNER, L.; RODEL, W.; KRISPIEN, K. Microbiology of meat products in high and intermediate-moisture ranges. In.: L.B. Rockland and G.F. Stewart (Editors), **Water Activity: Influences on Food Quality**. Academic, NY, p.855-916. 1981.

LOWE, J.A.; KERSHAW, S.J. Water activity – moisture content relationship as a predictive indicator for control of spoilage in commercial pet diet components. **Animal Feed Science and Technology**, v.56, p.187-194, 1995.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Mercado interno**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/mercado-interno>. Acesso em 26 de fevereiro de 2012.

MARTOSISWOYO, A.W.; JENSEN, L.S. Available energy in meat and bone meal as measured by different methods. **Poultry Science**, v.67, p.280-293, 1988.

NEIRINCK, K.; ISTASSE, L.; GABRIEL, A.; EENEEME, C.V.; BIENFAIT, J.M. Amino acid composition and digestibility of four protein sources for dogs. **Journal of Nutrition**, v.121, p.S64-S65, 1991.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1994. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. National Academy Press, Washington, DC., USA.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 2006. **Nutrient requirements of dogs and cats**. National Academy Press, Washington, DC, USA.

NUNES, R.V. **Valores energéticos e de aminoácidos digestíveis do grão de trigo e seus subprodutos para aves**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 71p. (Dissertação de Mestrado).

NUNES, R.V.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; TOLEDO, R.S. Composição bromatológica, energia metabolizável e equações de predição da energia do grão e de subprodutos do trigo para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.785-793, 2001.

PARSONS, C.M.; CASTANON, F.; HAN, Y. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. **Poultry Science**, v.76, p.361-368, 1997.

POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. **Basic animal nutrition and feeding**. 4. ed. New York: John Wiley, 1995. 615p.

RAVINDRAN, V.; HENDRIKS, W.H.; CAMDEN, B.J.; THOMAS, D.V.; MOREL, P.C.H.; BUTTS, C.A. Amino acid digestibility of meat and bone meals for broiler chickens. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.11, p.1257-1264, 2002.

RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L. Amino acid availability in poultry – *in vitro* and *in vivo* measurements. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.889-908, 1999.

RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; BARBOZA, W.A.; SANTANA, R.T. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1767-1778, 2001.

ROSSATO, S.B. **Níveis de histamina em diferentes vinificações**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Centros de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SÁ-FORTES, C.M.L. **Valor nutricional de ingredientes energéticos e protéicos para cães**. Jaboticabal, SP. FCAV, 2005. 74p. (Tese de Doutorado).

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283 p.

SCOTT, W.J. Water relations of food spoilage microorganisms. In.: E.M. Mrazk and G.F. Stewart (Editors), **Advances in Food Research**, vol.7, Academic Press, NY, p.83-127. 1957.

SEILER, N. Roles of Polyamines in Cell Biology. **Principles of Medical Biology – Cell Chemistry and Physiology**, v.4, p.329-348, 1996.

SHIRLEY, R.B.; PARSONS, C.M. Effect of ash content on protein quality of meat and bone meal. **Poultry Science**, v.80, p.626-632, 2001.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

SKURRAY, G.R.; HERBERT, L.S. Batch dry rendering: influence of raw materials and processing conditions on meat meal quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.25, n.9, p.1071-1079, 1974.

SMITH, T.K. Effect of dietary putrescine on whole body growth and polyamine metabolism. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v.194, p.332-336, 1990.

SMITH, T.K.; TAPIA-SALAZAR, M.; CRUZ-SUAREZ, L.E.; RICQUE-MARIE, D. Feed-borne biogenic amines: Natural toxicants or growth promoters? In.: Avances en Nutrición Acuícola, Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, **Proceedings...**Mérida, Yucatán-México, 2000.

SWAISGOOD, H.E.; CATIGNANI, G.L. Protein digestibility: in vitro methods of assessment. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.35, p.185-236, 1991.

## CAPÍTULO 2 – Farinha de carne e ossos na alimentação de cães

**RESUMO** – A farinha de carne e ossos (FCO) representa uma importante fonte de proteína em dietas para cães, porém, apresenta características qualitativas e nutricionais bastante variáveis. Objetivou-se avaliar as características qualitativas e determinar a composição química média e valor nutricional da FCO produzida no Estado de São Paulo – Brasil na alimentação de cães por meio de ensaios *in vivo* e *in vitro*. Foi determinada a composição química de 31 amostras de FCO e destas 15 farinhas foram avaliadas quanto as suas características qualitativas. O valor nutricional para cães de oito destas amostras foi determinado em ensaio de digestibilidade por meio do método de substituição. Formulou-se uma dieta basal e oito dietas teste foram obtidas pela mistura de 700 g/kg da dieta basal e 300 g/kg de cada uma das oito FCO. Dezoito cães adultos da raça beagle foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com três blocos (períodos), nove dietas e duas repetições por dieta. A solubilidade da proteína das FCO foi determinada nas concentrações de 0,02%, 0,002%, e 0,0002% de pepsina. Correlações de Pearson e regressões lineares simples foram determinadas entre os resultados *in vivo* e solubilidade da proteína em pepsina. Os teores médios e desvios em g/kg de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), colágeno na PB, extrato etéreo hidrólise ácida (EEA) e energia bruta (EB) em MJ/kg da FCO foram, respectivamente:  $934 \pm 14,1$ ;  $547 \pm 36,5$ ;  $437 \pm 27,5$ ;  $297 \pm 33,2$ ;  $125 \pm 20,7$  e  $13,86 \pm 1,47$ . As FCO apresentaram, em média,  $0,44 \pm 0,22$  mg NaOH/g de acidez, ausência de peróxido,  $0,497 \pm 0,048$  de atividade de água, presença de *Salmonella spp.* em 13% das amostras,  $3,27 \pm 1,99$  mg tmp/kg de TBA e  $10,89 \pm 4,49$  mg/100 g de aminas totais. Os coeficientes médios de digestibilidade da MS, MO, PB, EEA e EB da FCO foram, respectivamente:  $0,453 \pm 0,0535$ ;  $0,723 \pm 0,0428$ ;  $0,760 \pm 0,0235$ ;  $0,842 \pm 0,0505$  e  $0,777 \pm 0,0187$ . A energia digestível e metabolizável média da FCO foi de, respectivamente,  $11,27 \pm 1,317$  e  $10,17 \pm 1,316$  MJ/kg. A solubilidade em pepsina a 0,0002% apresentou correlação com a digestibilidade da PB e da EB determinadas *in vivo*. A FCO apresenta reduzidos valores de digestibilidade dos nutrientes e baixa densidade energética para cães. A solubilidade em pepsina a 0,0002% é um método qualitativo válido para avaliar o aproveitamento da proteína entre distintas FCO.

**Palavras chave:** cão, digestibilidade, método *in vitro*, subprodutos de origem animal.

## Meat and bone meal in the feed of dogs

**ABSTRACT** – Meat and bone meal (MBM) is an important protein source in dog diets, however, presents qualitative and nutritional characteristics quite variable. This study aimed to evaluate the qualitative characteristics and to determine the average chemical composition and nutritional value of MBM produced in São Paulo State - Brazil on feeding dogs by *in vivo* and *in vitro* tests. It was determined the chemical composition of 31 samples and 15 MBM were evaluated by their qualitative characteristics. The nutritional value for dogs of eight from these samples was determined in digestibility trial by substitution method. It was formulated a basal diet and eight test diets were obtained by mixing 700 g/kg of the basal diet and 300 g/kg of each of the eight MBM. Eighteen adult beagle dogs were distributed in a randomized block design with three blocks (periods), nine diets and two replications per diet. The MBM protein solubility was determined at 0.02%, 0.002% and 0.0002% pepsin concentrations. Pearson correlations and linear regressions were fitted from the *in vivo* and protein solubility in pepsin results. The average and standard deviations levels in g/kg of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), collagen in CP and fat and gross energy (GE) in MJ/kg of MBM were, respectively: 934±14.1; 547±36.5; 437±27.5; 297±33.2; 125±20.7 e 13.86±1.47. The MBM presented, on average, 0.44 mg NaOH/g of acidity, absence of peroxide, 0.497 water activity, presence of *Salmonella spp.* in 13% of samples, 3.27 mg tmp/kg of TBA and 10.89 mg/100g of total amines. The average of total tract apparent digestibility of DM, OM, CP, fat and GE of MBM were: 0.453±0.0535; 0.723±0.0428; 0.760±0.0235; 0.842±0.0505 and 0.777±0.0187. The average of digestible and metabolizable energy of MBM were, respectively, 11.27±1.317 and 10.17±1.316 MJ/kg. The protein solubility at 0.0002% pepsin was correlated with CP and GE digestibility determined *in vivo*. The MBM presents reduced digestibility and low energy density for dogs. The protein solubility at 0.0002% pepsin is a valuable qualitative method to evaluate the protein digestibility between different MBM.

**Keywords:** animal by-products, digestibility, dog, *in vitro* method.

## 1. Introdução

Farinha de carne e ossos é o produto resultante do processamento de tecidos de mamíferos e contêm, genericamente, ossos, vísceras, músculos e gordura (KIRSTEIN, 1999; NARODOLAWSKY, 2003).

Devido à natureza heterogênea das fontes de farinha de carne e ossos e das inúmeras causas de variação em seu processamento, o valor nutricional do ingrediente pode variar bastante (ADEDOKUN e ADEOLA, 2005). Portanto, aspectos como tempo decorrido entre coleta e processamento do material, ocorrência de contaminação química, física ou microbiológica, origem da matéria-prima, ou seja, a partir de qual ou quais espécies o ingrediente foi obtido e quais partes da carcaça e/ou órgãos foram incluídos no digestor, entre outras fontes de variação, irão impactar de forma decisiva a qualidade sanitária, composição química e valor nutricional do ingrediente.

O grande número de causas de variação dificulta a utilização racional e eficaz da farinha de carne e ossos em alimentos industrializados para cães. O conhecimento da qualidade sanitária, composição química e valor nutricional médio do ingrediente possibilitaria sua inclusão em dietas de forma a ponderar a adição de proteína, gordura e minerais e, conseqüentemente, de energia proveniente de tal combinação, sem deixar de considerar a segurança alimentar do ingrediente.

Diversos estudos determinaram o valor nutricional da farinha de carne e ossos para aves (MARTOSISWOYO e JENSEN, 1988; DOLZ e de BLAS, 1992) e suínos (ADEDOKUN e ADEOLA, 2005; OLUKOSI e ADEOLA, 2009), porém, não foi localizado na literatura estudos com cães. É importante considerar, entretanto, que a infraestrutura e necessidade de material biológico para construção e manutenção de laboratório que permita avaliações *in vivo* em animais de companhia é bem mais onerosa do que a necessária para estudos em animais de produção.

Uma alternativa prática e viável, tanto do ponto de vista econômico como de tempo requerido para obtenção de resultados, são as avaliações *in vitro*. No caso de subprodutos de origem animal, a solubilidade da proteína em pepsina é uma ferramenta usual na indústria petfood, sendo utilizada como critério para controle de qualidade e recebimento de lotes. Porém, a concentração de pepsina que melhor representa os achados *in vivo* em cães ainda não está bem definida. Assim, a

padronização desta ferramenta seria importante para determinar de forma precisa, prática e acurada o aproveitamento da proteína da farinha de carne e ossos por cães.

Apesar da escassez de estudos e das inúmeras causas de variação qualitativa e nutricional da farinha de carne e ossos, esta corresponde a um dos principais ingredientes utilizados na formulação de alimentos industrializados para cães, principalmente, quando se busca redução no custo de produção.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a farinha de carne e ossos produzida no Estado de São Paulo – Brasil, por meio da avaliação de suas características qualitativas e de composição química e determinar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e sua energia digestível e metabolizável para cães. Além disso, padronizar a metodologia de solubilidade da proteína em pepsina da farinha de carne e ossos para avaliar a qualidade deste ingrediente para cães.

## **2. Material e métodos**

### *2.1 Avaliação da composição química e das características qualitativas da farinha de carne e ossos produzida no Estado de São Paulo – Brasil*

Foram obtidas 31 amostras de farinhas de carne e ossos (FCO) fabricadas por sete empresas processadoras de subprodutos de origem animal e que atendem à indústria *petfood*, localizadas no Estado de São Paulo – Brasil (Tabela 1). Nestas foram determinadas a composição em matéria seca (MS) por secagem da amostra em estufa (método 934.01), cinzas (MM) por incineração em forno mufla (método 942.05), nitrogênio de acordo com método de Kjeldahl (método 954.01), sendo a proteína bruta (PB) calculada como  $N \times 6,25$ . O extrato etéreo (EE) foi mensurado após extração com éter de petróleo pelo método de Soxhlet (método 920.39). Tais procedimentos analíticos foram realizados de acordo com as recomendações da Association of Official Analytical Chemists (1995). Estimou-se o conteúdo de matéria orgânica (MO) por diferença entre o teor de MS e de MM.

Com base na composição química e procedência (fabricante/fornecedor) das amostras coletadas, foram selecionadas 15 farinhas (A1, A4, A5, B2, C1, C2, D3, D5, D6, E2, E4, F1, G2, G6 e G7) com as quais objetivou-se estabelecer um

panorama qualitativo das FCO comercializadas no Estado de São Paulo – Brasil. Neste contexto, foram eleitas amostras de distintos fabricantes/fornecedores e que fossem representativas da indústria de FCO do Estado de São Paulo – Brasil.

As FCO selecionadas foram avaliadas quanto a ocorrência de processo oxidativo, com base na determinação do índice de peróxido, acidez e na quantificação de malonaldeído por meio do ácido tiobarbitúrico (TBA), segundo método descrito por Pikul et al. (1989), o qual quantifica o malonaldeído utilizando ácido tricloroacético e reagente de TBA, seguido de aquecimento para desenvolvimento máximo de cor e mensuração espectrofotométrica a 538 nm.

A qualidade microbiológica das FCO foi avaliada por meio da determinação da atividade de água, presença/ausência de *Salmonella spp.* em 25g de amostra pelo método ELFA (Enzyme Linked Fluorescent Assay) de acordo com recomendações da AOAC (método 996.08, 2005). Para tanto, utilizou-se o sistema automatizado VIDAS<sup>®</sup> que corresponde a um teste imunoenzimático que permite a detecção de antígenos de *Salmonella spp.*

Além disso, foi feita dosagem das aminas putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, serotonina, agmatina, espermidina, feniletilamina, espermina e triptamina. Para tanto, as amostras foram homogeneizadas em ácido tricloroacético a 5%, agitadas e centrifugadas (Modelo RC 5C plus, Sorvall Products, Newtown, CT, EUA) para obtenção do sobrenadante, o qual foi lido por cromatografia líquida de alta performance (HPLC, Shimadzu modelo LC-10AD, Kyoto, Japão) por par iônico, derivação pós-coluna com o-ftalaldeído e detecção fluorimétrica, seguindo a metodologia descrita por Vale e Gloria (1997).

As FCO foram avaliadas também em relação aos teores de cálcio, fósforo e ferro por meio da digestão úmida das amostras, utilizando-se solução nitroperclórica. O fósforo foi mensurado por espectrofotometria visível (Labquest Bio 2000. Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Brasil) e o cálcio e o ferro por espectrofotometria de absorção atômica (GBC-932 AA, Scientific Equipment PTY LTD, Melbourne-Austrália) de acordo com metodologias descritas na AOAC (1995).

## 2.2 Ensaio de digestibilidade

### 2.2.1 Animais e protocolo experimental

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil).

Foram utilizados dezoito cães da raça Beagle adultos saudáveis, com  $3,6 \pm 0,3$  anos de idade e  $12,04 \pm 0,20$  kg de peso corporal. Dentre as 15 FCO anteriormente mencionadas foram selecionadas oito (A4, A5, B2, C1, C2, D6, F1 e G2) para as quais foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (CDA) e valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM). Para que fosse possível determinar o valor nutricional médio da FCO comercializada no Estado de São Paulo – Brasil, adotou-se como critério de seleção a composição química das amostras, sendo eleitas aquelas que apresentassem distintos teores de nutrientes.

Os cães foram mantidos em gaiolas de metabolismo individuais (100 x 100 x 100 cm) equipadas com sistema para separar fezes de urina. O período experimental foi de 10 dias, sendo cinco de adaptação e cinco de coleta total de fezes e urina, conforme recomendações da AAFCO (2009). Os cães foram alimentados duas vezes ao dia (0800 e 1600) e a água foi disponibilizada *ad libitum*. Estimou-se a EM das dietas com base na composição química destas e a quantidade fornecida foi calculada como  $397 \text{ kJ EM por kg}^{0,75}$  (National Research Council, 2006). Decorridos 30 min do fornecimento de alimento, os comedouros foram retirados e o alimento não consumido foi pesado e registrado.

No primeiro dia de coleta as gaiolas de metabolismo foram higienizadas, sendo removidas e descartadas fezes e urina. A partir deste ponto e pelos cinco dias seguintes, todas as fezes e urina produzidas por cada cão foram coletadas. As amostras de fezes foram pesadas e congeladas ( $-15^\circ \text{C}$ ) e a urina foi coletada em recipientes contendo 1 mL de solução de ácido sulfúrico (1 Eq/L) e após mensuração do volume foi congelada.

### 2.2.2 Dietas

Os CDA, ED e EM das FCO foram determinados pelo método de substituição, conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2007). Para tanto, foi formulada uma dieta basal com 382,3 g/kg de milho, 180,0 g/kg de quirera de arroz, 172,3 g/kg de farelo de soja, 92,1 g/kg de glúten de milho 60%, 71,5 g/kg de gordura de aves, 50,0

g/kg de farinha de vísceras de aves e 51,80 g/kg de microingredientes, basicamente fontes de vitaminas, minerais e aminoácidos. A composição química da dieta basal atendeu as recomendações da AAFCO (2009) para cães adultos, apresentando 851,2 g/kg de MO, 122,8 g/kg de extrato etéreo hidrólise ácida, 237,8 g/kg de PB e 18,46 MJ/kg de energia bruta. A partir da dieta basal foram obtidas oito dietas teste, as quais corresponderam a proporção de 700 g/kg da dieta basal e 300 g/kg, com base na matéria natural, de cada uma das oito FCO selecionadas.

As dietas experimentais foram misturadas e moídas em moinho de martelos (Modelo 4, D'Andrea, Limeira, Brasil) com peneira de 0,8 mm antes de serem processadas em extrusora de rosca simples (Mab 400S, Extrucenter, Monte Alto, Brasil). Aferiu-se a densidade do extrusado, a qual foi mantida entre 420 e 455 g/L (densidade úmida). O pré-condicionador foi mantido a 95° C e a temperatura de extrusão variou de 107-119° C.

### *2.2.3 Desenho experimental*

O estudo foi delineado em blocos casualizados, com duas repetições dentro de bloco, sendo que cada bloco correspondeu ao período experimental em um total de três períodos. Foram avaliadas nove dietas experimentais (dieta basal e oito dietas teste), totalizando 18 cães por bloco. Ao final do estudo, obtiveram-se um total de seis observações para cada dieta. A distribuição dos animais foi feita de forma a evitar que o mesmo cão consumisse a mesma dieta em blocos distintos.

### *2.2.4 Análises laboratoriais*

Ao final de cada período de coleta, o total de fezes de cada cão foi homogeneizado de forma a compor uma única amostra por animal, sendo esta seca em estufa de ventilação forçada a 55° C por 72 h. As amostras de fezes, das dietas e das FCO foram moídas em moinho de faca (Mod MA-350, Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneira de 1 mm. A urina foi seca no mesmo equipamento e nas mesmas condições descritas para secagem das fezes.

Dietas e fezes foram analisadas quanto a MS, MM e PB seguindo as respectivas metodologias anteriormente mencionadas para avaliação das FCO. Foi determinado o extrato etéreo hidrólise ácida (EEA) das dietas, fezes e das oito FCO

avaliadas no ensaio de digestibilidade em extrator Soxhlet precedido de hidrólise ácida (método 954.02) de acordo com procedimentos descritos na AOAC (1995). A energia bruta (EB) das dietas, fezes, urina e das FCO foi determinada em bomba calorimétrica (IKA WORKS, C-200, EUA).

A qualidade da proteína das FCO foi avaliada por meio da quantificação, por método colorimétrico (AOAC, 2005), da hidroxiprolina (método 990.26), com intuito de estimar o conteúdo de colágeno. Para tanto, as amostras foram submetidas à digestão com ácido sulfúrico e a absorbância aferida em espectrofotômetro (Ultrospec 1000, Pharmacia Biotech, Reino Unido) a 558 nm. Os cálculos para estimativa do teor de colágeno foram realizados de acordo com AOAC (2005).

Foi determinada a solubilidade da proteína das FCO em pepsina por método de filtração, conforme AOAC (1995, método 971.09), porém, foram avaliadas concentrações de 0,02%, 0,002% e 0,0002% de pepsina, uma vez que estudos de diversas fontes proteicas de origem animal em outras espécies já demonstraram que o teor de 0,2% proposto pela AOAC (1995), por ser muito elevado, não é capaz de discriminar de forma eficiente diferenças qualitativas entre farinhas (BIELORAI et al., 1982; BELLAVAR et al., 2000).

Todas as análises foram realizadas em duplicata, com coeficiente de variação inferior a 5%.

#### *2.2.5 Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos*

Os CDA, ED e EM das dietas experimentais foram calculados pelo método de coleta total de fezes e urina de acordo com procedimentos descritos pela AAFCO (2009). Os CDA, ED e EM das FCO foram calculados pelo método de substituição (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007; SÁ-FORTES et al., 2010; KAWAUCHI et al., 2011) que utiliza como base os valores dos CDA, ED e EM da dieta basal e das dietas teste e a proporção de inclusão das FCO, corrigida para MS, conforme equação proposta por Matterson et al. (1965):

$$CDA_{FCO} = CDA_{db} + \frac{CDA_{dt} - CDA_{db}}{\text{proporção de inclusão do ingrediente teste na dieta basal (g/kg)/1000}}$$

onde  $CDA_{FCO}$  é o coeficiente de digestibilidade aparente da FCO,  $CDA_{db}$  é o coeficiente de digestibilidade aparente da dieta basal e  $CDA_{dt}$  é o coeficiente de digestibilidade aparente da dieta teste.

#### 2.2.6 Análises estatísticas

Foi atendida a pressuposição de normalidade dos erros, sendo os dados analisados em delineamento em blocos casualizados pelo procedimento GLM do SAS (2004). Foram determinados os coeficientes de correlação linear de Pearson e, quando significativos, procedeu-se a análise de regressão linear simples entre os valores de digestibilidade da proteína e da energia obtidos *in vivo* (método de substituição) e aqueles estimados pelo método da solubilidade da proteína em pepsina. Valores de  $p < 0,05$  foram considerados significativos.

### 3. Resultados

#### 3.1 Composição química da farinha de carne e ossos

As FCO apresentaram variações, principalmente, em relação aos teores de gordura, colágeno, minerais e EB (Tabela 1). A quantificação da gordura por método de extração com éter de petróleo resultou em valores de extrato etéreo inferiores quando comparado ao método que realiza hidrólise ácida anteriormente à extração.

Destacou-se, também, o elevado teor de MM das amostras e, conseqüentemente, a concentração de PB foi reduzida, com valores entre 386,3 e 487,1 g/kg de amostra. Por outro lado, a composição em gordura das farinhas foi relativamente elevada, com valores de até 167,1 g/kg de amostra, quando considerado método de extração com prévia hidrólise ácida. Este balanço entre alto teor de minerais e de gordura fez com que os ingredientes apresentassem densidade energética mediana de 13,86 MJ/kg de amostra.

Apesar do colágeno constituir parte da fração proteica das FCO, este apresentou elevada correlação positiva com a MM (Figura 1).

#### 3.2 Características qualitativas da farinha de carne e ossos

Aparentemente, o processamento das matérias-primas para produção de FCO possibilitou relativo controle sobre a ocorrência de processos oxidativos e inibiu

o crescimento microbiano, o que pode ser verificado pelos baixos índices de acidez, atividade de água, ausência de peróxido e reduzido teor de aminas totais (Tabelas 2 e 3).

Foi constatada presença de *Salmonella spp.* em duas amostras, o que em situações práticas inviabiliza a utilização da farinha na produção de alimentos. Entretanto, no presente estudo, uma das FCO contaminadas com *Salmonella spp.* foi avaliada no ensaio de digestibilidade em virtude deste ter ocorrido anteriormente à análise para detecção do patógeno.

Observou-se que determinadas características apresentaram maior variação, como índice de acidez, número de TBA e teores de aminas. Além disso, nas 15 farinhas avaliadas, as concentrações de serotonina e de feniletilamina não puderam ser determinadas ( $< 0,04$  mg/100g de amostra).

### 3.3 Digestibilidade e energia metabolizável da farinha de carne e ossos

Observou-se variabilidade entre as FCO avaliadas em relação aos valores de digestibilidade da MS, MO, EEA e nas densidades energéticas ( $P < 0,05$ ) dos alimentos. A digestibilidade da FCO variou de 0,381 a 0,503 (Tabela 4).

Os resultados médios de digestibilidade aparente dos nutrientes da FCO indicaram que o alimento apresenta reduzido aproveitamento e, conseqüentemente, baixa ED e EM. A digestibilidade da MS apresentou média de 0,453, o que significa que menos da metade do ingrediente foi digerido e absorvido pelos animais. Além disso, considerando que cães, por possuírem ancestralidade carnívora e, portanto, elevada capacidade de digerir proteína e gordura, isto torna os valores médios de 0,760 e de 0,842 de digestibilidade dos respectivos nutrientes também abaixo do esperado. Tais achados resultaram em reduzidos valores médios de ED e EM da FCO.

Com intuito de melhor compreender os resultados verificados para digestibilidade dos nutrientes e densidades energéticas das FCO procedeu-se à avaliação dos coeficientes de correlação de Pearson entre o teor de colágeno presente na fração proteica das farinhas e seus respectivos coeficientes de digestibilidade da proteína e energia, os quais, porém, não foram significativos ( $P > 0,05$ ).

Somente a concentração de 0,0002% de pepsina apresentou discreta, porém significativa, correlação com os valores de digestibilidade tanto da PB como da EB determinados *in vivo* (Tabela 5). A relação entre digestibilidade da PB (CDAP) da FCO e solubilidade em pepsina a 0,0002% foi expressa pela equação:  $CDAP = 0,617 + (0,264 * \text{Solub. pepsina } 0,0002\%)$ ;  $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,126$ , a qual apresentou coeficiente de determinação marcadamente baixo (Figura 2).

#### 4. Discussão

Apesar da elevada variação no número de TBA das FCO o que dificultou a interpretação dos resultados, destacou-se o fato de que o processamento para produção das farinhas, aparentemente, foi eficiente em controlar processos oxidativos, uma vez que os alimentos apresentaram índice de peróxido abaixo de 10,0 mEq/kg de amostra, conforme recomendado em tabela de referência nacional (COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2009). O atendimento a tal limite é utilizado como critério imprescindível para que a farinha possa ser utilizada na fabricação de alimentos para nutrição animal.

É possível que o relativo controle sobre o avanço de processos oxidativos nas FCO seja consequência, ao menos em parte, da rica composição destas em ácidos graxos saturados (SMET et al., 2004), uma vez que a susceptibilidade ao processo oxidativo aumenta com a elevação do número de duplas ligações presentes na cadeia de ácidos graxos (ALLEN e FOEGEDING, 1981).

A escassez de informações em relação ao número de TBA em amostras de farinhas de origem animal dificultou a interpretação dos resultados obtidos. É possível, contudo, que os valores determinados no presente estudo tenham sofrido certa influência da etapa de cozimento a que as matérias-primas são submetidas durante seu processo de fabricação. Wilson et al. (1976) ao avaliarem o número de TBA no músculo de bovinos em três situações – músculo “in natura”, imediatamente após cozimento e 48 horas após cozimento, sendo a amostra conservada à 4°C durante este período – verificaram que o número de TBA aumentou após o processamento do músculo, sendo este efeito ainda mais pronunciado em amostras cozidas e que permaneceram 48 horas em ambiente refrigerado. O valor de TBA verificado pelos referidos autores na amostra de músculo cozido e conservado por

48 horas foi similar à média observada no presente estudo, 3,71 mg tep/kg e 3,27 mg tmp/kg, respectivamente. É importante considerar, porém, que o malonaldeído utilizado como padrão para obtenção de curva de calibração nos estudos foi distinto, como pode ser observado pelas unidades apresentadas.

Subprodutos de origem animal apresentam predisposição a deterioração não somente por processos oxidativos mas também como resultado da contaminação por microorganismos patógenos. Uma das alternativas para inibir tal processo refere-se a manutenção da atividade de água inferior a 0,60, sendo que valores acima deste torna o produto instável e, conseqüentemente, susceptível ao desenvolvimento de microrganismos patógenos (LOWE e KERSHAW, 1995). Porém, materiais armazenados à granel, ou seja, em grande quantidade, possuem maior potencial de distribuição heterogênea de umidade, o que aumenta a possibilidade de deterioração localizada, exigindo, assim, maior margem de segurança (LOWE e KERSHAW, 1995).

Apesar dos valores reduzidos de atividade de água das FCO avaliadas no presente estudo (máximo de 0,543), duas amostras (13%) apresentaram contaminação por *Salmonella spp.*, o que, a princípio, pode ser considerada baixa incidência visto que Sartorelli et al. (2003) constataram presença do patógeno em nove de dez amostras de FCO analisadas. Porém, é de suma importância considerar que farinhas de origem animal são constantemente mencionadas na literatura como a principal fonte de transmissão de *Salmonella spp.* para dietas (CRUMP et al., 2002; WALES et al., 2010), o que a torna uma importante preocupação para a saúde pública.

A presença de *Salmonella spp.* em dietas para cães e gatos é particularmente importante pois estes podem atuar como portadores assintomáticos do patógeno e, portanto, possíveis agentes transmissores de salmoneloses para proprietários e meio ambiente (SANCHEZ et al., 2002). Isto pode ocorrer quando do fornecimento tanto de dietas cruas como de alimentos secos (extrusados) para cães (FINLEY et al., 2007; BEHRAVESH et al., 2010). Assim, como já mencionado, a farinha C2 avaliada no ensaio de digestibilidade no presente estudo foi positiva para *Salmonella spp.* e apesar dos cães não apresentarem sinais clínicos de salmonelose, como diarreia, isto não exclui a possibilidade dos animais serem portadores assintomáticos

da bactéria. Por outro lado, há que se considerar que o processo de extrusão e até mesmo a temperatura utilizada no digestor para fabricação de farinhas de origem animal é capaz de eliminar grande parte, senão a totalidade do patógeno. Portanto, há necessidade de maior controle microbiológico, principalmente, nas etapas de armazenamento e transporte das matérias-primas.

A presença de aminas biogênicas também pode ser indicativa de atividade microbiológica, uma vez que estas correspondem ao produto da descarboxilação de aminoácidos originados, em geral, por decomposição bacteriana. Entretanto, a interpretação dos resultados obtidos no presente estudo é de certa forma limitada em virtude da escassez e inconsistência nos achados apresentados na literatura. Neste contexto, infere-se que as FCO avaliadas no presente estudo apresentaram reduzida concentração de aminas, sendo inferior, com exceção de espermidina, à observada por Barnes et al. (2001), que ao avaliarem 16 farinhas de carne e ossos verificaram em 100 g de amostra teor médio de 5,7 mg de putrescina, 12,0 mg de cadaverina, 2,1 mg de histamina, 1,6 mg de espermidina e 3,1 mg de espermina. Tais resultados sugerem, portanto, que as farinhas avaliadas no presente estudo, exceto aquelas positivas para *Salmonella spp.*, correspondem a ingredientes “seguros”, uma vez que conjectura-se que teores elevados de certas aminas, tais como histamina, cadaverina e putrescina, poderiam predispor ao desenvolvimento de patologias similares à síndrome da má absorção em aves (STUART et al., 1986). Porém, no estudo de Barnes et al. (2001) os autores concluíram que as concentrações de aminas apresentadas pela FCO não foram suficientes para resultar em danos ao epitélio do trato gastrointestinal de aves.

Friday e Firman (1999) ao adicionarem em 100 g de dieta para frangos de corte teores extremamente elevados de determinadas aminas, a saber, 0,96 mg de feniletilamina, 9,8 mg de putrescina, 21,4 mg de cadaverina e 26,2 mg de histamina verificaram que não houve prejuízo na eficiência alimentar, tampouco nas características de desempenho das aves. Além disso, não foram observados sinais de lesão à mucosa do trato gastrointestinal decorrentes de qualquer tipo de patologia, sendo que a avaliação histopatológica de vários segmentos e órgãos do trato gastrointestinal confirmou ausência de efeitos deletérios. Tais informações reforçam a necessidade de maior conhecimento acerca dos reais efeitos das aminas

sobre a digestibilidade dos nutrientes e saúde do trato gastrointestinal dos animais. Além disso, faz-se necessária padronização de metodologias de mensuração destes compostos, assim como, determinação de seus efeitos sobre as diferentes espécies animais e maior conhecimento dos mecanismos de ação das aminas, uma vez que estes parecem atuar de maneira aditiva e/ou sinérgica (BARNES et al., 2001).

Considerando as discrepâncias verificadas entre os resultados de gordura nas FCO determinados pelos métodos de extração com éter de petróleo e quando esta é precedida por hidrólise ácida, é possível inferir que a extração da gordura presente na FCO quando não precedida de hidrólise ácida pode não ser completamente eficiente. Tal fato pode resultar da etapa de aquecimento a que a farinha é submetida no processo de fabricação, o que pode complexar e dificultar a liberação da molécula de gordura.

As FCO avaliadas na presente pesquisa apresentaram menor teor de PB e maior de umidade, gordura, MM e Ca quando comparadas às tabelas (NRC, 1994; SAUVANT et al., 2004; NRC, 2006) e estudos (PARSONS et al., 1997; ADEDOKUN e ADEOLA, 2005) internacionais. Tais variações são, em parte, reflexo de diferenças legislativas tanto nas exigências para produção e comercialização de matérias-primas como de dietas para as diversas espécies animais. Além disso, a variabilidade na composição química entre FCO pode ser resultado de distintos métodos de processamento e/ou da proporção de partes da carcaça e vísceras incluídas, os quais influem sobre a digestibilidade e, conseqüentemente, valor energético do ingrediente. Porém, quando comparado aos valores apresentados em tabelas de composição de alimentos (ROSTAGNO et al., 2005) e estudos (CAIRES et al., 2010) nacionais, observou-se que a composição química média das FCO avaliadas na presente pesquisa apresentou valores similares.

Considerando que a concentração de Fe nas farinhas foi relativamente baixa (ROSTAGNO et al., 2005), possivelmente não houve contaminação destas por sangue, prática comum na indústria que objetiva elevar o conteúdo de proteína das FCO a um baixo custo.

As amostras A4, C1, C2, D1, D4 e D6 apresentaram teor de umidade acima do limite de 8% estabelecido em tabela de referência nacional (COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2009). Tal característica pode predispor

a rápida deterioração da matéria-prima, seja por maior proliferação bacteriana e/ou como consequência de processo oxidativo (CORADI et al., 2011). Assim, a amostra A4 apresentou o maior índice de acidez dentre as farinhas avaliadas, na farinha C2 foi constatada presença de *Salmonella spp.* e a amostra D6 apresentou um dos mais elevados número de TBA dentre os valores observados.

Uma característica inerente da FCO corresponde ao elevado teor de MM quando comparada aos demais subprodutos de origem animal. Uma das justificativas, ao menos parcial, poderia estar na relação alométrica entre massa corpórea e do esqueleto, uma vez que a razão entre massa óssea e corpórea total é maior em grandes animais, como bovinos, do que em animais pequenos, como aves e suínos (GARCIA e PHILLIPS, 2009). Assim, com objetivo de caracterizar FCO produzidas a partir de bovinos, suínos e de aves em combinação ou não, Garcia e Phillips (2009) observaram que quando não há mistura entre espécies para obtenção do ingrediente, a FCO bovina apresentou maior proporção de ossos em relação à FCO suína e de aves. Por outro lado, quando a FCO foi obtida a partir da mistura de materiais de duas ou mais espécies, houve tendência em se adicionar menor proporção de ossos.

A elevada composição em MM das FCO foi responsável, ao menos em parte, pelos baixos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e, como consequência, pelas reduzidas densidades energéticas dos alimentos. A baixa digestibilidade da MS da FCO pode ser melhor entendida se considerar que cerca de 389 g/kg do ingrediente é composto por minerais, que além de não sofrerem processo de digestão não são absorvidos quando ingeridos em excesso, além de corresponderem a potenciais agentes prejudiciais à absorção de nutrientes, vitaminas e até mesmo os próprios minerais devido à existência de relações antagônicas entre determinados elementos. Neste caso, a avaliação da digestibilidade da MO é mais adequada, apesar desta também apresentar valor aparentemente baixo, principalmente se considerar que expressa a somatória do aproveitamento da proteína e gordura da FCO por animais que, anatomicamente, são classificados como carnívoros. Porém, uma análise mais criteriosa sugere que os resultados observados na presente pesquisa, possivelmente, refletem efeitos de outros fatores, além do elevado teor de minerais das FCO.

Assim sendo, é possível que a digestibilidade média de 0,842 do EEA da FCO seja resultado do perfil de ácidos graxos, principalmente saturados, presentes em subprodutos bovinos. Pontieri (2008) ao avaliar em gatos a digestibilidade do óleo de soja, óleo de vísceras de aves e sebo bovino constatou que o último apresentou menor aproveitamento (77,59%) e maior proporção de ácidos graxos saturados em relação às demais fontes de gordura avaliadas.

Em relação aos resultados de digestibilidade da proteína da FCO verificou-se que não houve efeito de ingrediente, ou seja, independente da proporção de MM da FCO, a digestibilidade média de sua fração proteica foi de 0,760. Porém, é preciso considerar também que apesar dos distintos teores de MO das FCO avaliadas na presente pesquisa, não houve diferença na ingestão de nutrientes. Assim, é possível que a inexistência de variabilidade em relação à digestibilidade da proteína das FCO seja reflexo da uniformização no consumo desta fração e também de minerais. Tal achado corrobora com o apresentado por Shirley e Parsons (2001) os quais observaram que um aumento de 269 para 393 g/kg de MM não foi capaz de alterar a digestibilidade dos aminoácidos em aves. Porém, verificaram que o aumento no teor de minerais para 606 g/kg repercutiu na redução da digestibilidade da maior parte dos aminoácidos.

Uma característica de destaque da proteína da FCO correspondeu à sua considerável proporção de colágeno, o qual porém, não foi capaz de atuar de forma negativa sobre a digestibilidade da PB e EB das FCO. O colágeno é caracterizado por apresentar desbalanço aminoacídico, sendo deficiente em triptofano, isoleucina e em aminoácidos sulfurados, como metionina e cistina (WANG et al., 1997), além de ser pobremente digerido (RAVINDRAN et al., 2002). Acredita-se, também, que matérias-primas ricas em colágeno e que são submetidas a processamento térmico agressivo, como extrusão, possam apresentar comprometimento de seu valor biológico uma vez que a estrutura tridimensional da proteína é mantida por meio de ligações covalentes de lisina, as quais são termolábeis (HENDRIKS, 1999). A presença de colágeno em subprodutos de origem animal sugere reduzido aproveitamento do ingrediente não somente por ser esta uma proteína de baixo valor biológico e susceptível a danos resultantes de tratamentos térmicos, mas também, pelo fato de que, em geral, sua inclusão vem acompanhada de

considerável adição de ossos durante o processamento da FCO, como pode ser confirmado pelo elevado coeficiente de correlação verificado no presente estudo (Figura 1).

Considerando os aspectos supracitados, a tendência de menores valores energéticos apresentados pelas farinhas com maior teor de MM (A4, A5 e G2), possivelmente, resultou não de efeitos associativos negativos entre minerais e nutrientes, mas da menor proporção de MO de tais farinhas, uma vez que minerais não aportam energia. É importante considerar, entretanto, que na literatura são mencionados, ainda, fatores que podem atuar de forma indireta sobre a composição nutricional das FCO e, conseqüentemente, influir sobre os valores de ED e EM do ingrediente. As interpretações dos achados verificados na presente pesquisa devem, portanto, considerar tais aspectos.

Neste sentido, é possível que tenha ocorrido efeito negativo do processamento a que as matérias-primas foram submetidas para produção da FCO sobre a digestibilidade da PB do ingrediente determinada no presente estudo. Cramer et al. (2007) ao avaliarem em aves, porém, com resultados aplicados a cães, diversas fontes proteicas de origem animal, observaram que farinhas de subprodutos apresentaram menor qualidade proteica, evidenciada pela baixa digestibilidade dos aminoácidos, reduzida biodisponibilidade de lisina e de aminoácidos totais e menor taxa de eficiência proteica, em relação aos ingredientes "in natura", ou seja, que não sofreram processamento para sua obtenção. Tal fato pode ser resultado de danos decorrentes da utilização de altas temperaturas durante a etapa de digestão dos materiais que originaram as farinhas. De qualquer forma, é importante destacar que considerando que as FCO avaliadas na presente pesquisa foram provenientes de diversos fabricantes e, conseqüentemente, foram submetidas a distintos processamentos, o coeficiente de digestibilidade médio da PB expressa o aproveitamento médio desta fração quando a matéria-prima para sua obtenção foi submetida às condições legais para produção e comercialização de FCO no Brasil.

De acordo com o NRC (2006) a FCO apresenta EM de 3,61 kcal/g, ou seja, 15,11 MJ/kg, teor este acima do verificado na presente pesquisa (10,17 MJ/kg). Porém, é preciso considerar que diferenças na composição química entre FCO produzidas em diferentes países é ainda mais acentuada, além da densidade

energética apresentada no NRC (2006) referir-se a uma farinha com 509,0 g/kg de PB, 98,0 g/kg de gordura e 192,0 g/kg de MM, ou seja, composição bastante distinta da verificada no presente estudo.

A utilização de ferramentas auxiliares e complementares como informações apresentadas na literatura na forma de tabelas e estudos resultantes de pesquisas científicas de maneira geral, além das equações de predição são alternativas válidas quando se deseja avaliar a coerência e precisão dos resultados obtidos. Porém, alternativamente, podem-se utilizar metodologias *in vitro*, desde que estas apresentem correspondência com resultados obtidos em ensaios *in vivo*.

Neste contexto, observou-se que a concentração de 0,0002% de pepsina proporcionou valores de solubilidade da proteína os quais apresentaram elevada correlação com resultados de digestibilidade da PB e da EB das FCO determinados *in vivo*. Tal achado pode-se justificar pelo fato de que elevada concentração de pepsina faz com que proteínas que seriam insolúveis em uma concentração menor da enzima, se solubilizem e, como consequência, os resultados não apresentam correspondência com os valores de digestibilidade determinados *in vivo* (BELLAVAR 2001). De forma similar ao verificado no presente estudo, Bellaver et al. (2000) ao avaliarem a concentração recomendada pela AOAC (1995) de 0,2% de pepsina, além dos três teores estudados na presente pesquisa, verificaram que concentrações reduzidas de enzima, no caso 0,0002%, foi capaz de discriminar com maior sensibilidade farinhas com elevado (57,66%) e reduzido (38,79%) teor proteico.

No presente estudo, para que se possa visualizar de forma mais clara a maior capacidade discriminante de menores concentrações enzimáticas, deve-se considerar que ao submeter as amostras de FCO à concentração de 0,02% de pepsina, foi possível obter resultados de solubilidade da proteína que variaram de 0,794 a 0,938. Em contrapartida, ao utilizar o teor de 0,0002% da enzima, os valores de solubilidade apresentaram-se em intervalo mais amplo, de 0,416 a 0,622. Ressalta-se que apesar da concentração de 0,0002% de pepsina resultar em valores de solubilidade que estão numericamente distantes daqueles determinados *in vivo*, esta apresenta maior coeficiente de correlação em virtude de apresentar comportamento mais condizente com os achados *in vivo*, ou seja, para FCO que

apresentaram reduzida digestibilidade *in vivo*, verificou-se a mesma tendência *in vitro*, independente do valor absoluto. Observou-se, portanto, que o método de solubilidade em pepsina a 0,0002% corresponde a uma avaliação qualitativa, pois é capaz de discriminar diferentes valores de digestibilidade da PB entre distintas FCO, porém, não retorna de forma acurada a real proporção de aproveitamento da PB.

É importante destacar que existem muitas fontes de variação em estudos que envolvem metodologias *in vitro*, como por exemplo, origem do alimento a ser pesquisado, variações relacionadas as particularidades de distintas enzimas disponíveis no mercado, além da concentração e teor de pureza destas, faixas de pH em que são conduzidas as avaliações, tipos de processamento a que os alimentos tenham sido submetidos, entre outras. Na presente pesquisa, porém, objetivou-se avaliar especificamente a concentração enzimática de pepsina com intuito de padronizar a metodologia para aplicação desta em estudos de avaliação de alimentos para cães.

## 5. Conclusões

A farinha de carne e ossos apresenta características qualitativas adequadas em relação aos atributos indicativos de deterioração decorrente de processos oxidativos, o que a torna uma matéria-prima passível de ser utilizada em dietas extrusadas para cães adultos, porém, é necessário maior controle de contaminação microbiológica.

A composição química média da farinha de carne e ossos comercializada no Estado de São Paulo – Brasil é representada por  $934 \pm 14,1$  g/kg de matéria seca,  $547 \pm 36,5$  g/kg de matéria orgânica,  $437 \pm 27,5$  g/kg de proteína bruta,  $297 \pm 33,2$  g de colágeno/kg de proteína,  $125 \pm 20,7$  g/kg de extrato etéreo hidrólise ácida,  $144,1 \pm 16,7$  g/kg de cálcio,  $62,9 \pm 6,73$  g/kg de fósforo,  $343 \pm 170,2$  ppm de ferro e  $13,86 \pm 1,47$  MJ/kg de energia bruta. Em relação às características qualitativas, apresenta  $0,44 \pm 0,22$  mg NaOH/g de amostra de acidez, ausência de peróxido,  $3,27 \pm 1,99$  mg tmp/kg de amostra de TBA,  $0,497 \pm 0,048$  de atividade de água, presença de *Salmonella spp.* em 13% das amostras e  $10,89 \pm 4,49$  mg/100 g de amostra de aminas totais.

A farinha de carne e ossos apresenta reduzidos coeficientes médios de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e da energia bruta, o que se reflete em baixa energia digestível e metabolizável para cães. O elevado teor de matéria mineral limita a inclusão do ingrediente em dietas extrusadas para cães adultos.

A solubilidade da proteína da farinha de carne e ossos em pepsina a 0,0002% é um método qualitativo eficaz para discriminar distintos valores de digestibilidade da proteína de diferentes farinhas de carne e ossos.

## Referências

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS (AAFCO). **Official Publication 2009**. Association of American Feed Control Officials, Oxford, 2009.

ADEDOKUN, S.A.; ADEOLA, O. Apparent metabolizable energy value of meat and bone meal for white pekin ducks. **Poultry Science**, v.84, p.1539-1946, 2005.

ALLEN, C.E.; FOEGEDING, E.A. Some lipid characteristics and interactions in muscle foods - a review. **Food Technology**, v.35, p.253-257, 1981.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. Arlington, Virginia: AOAC International, 18.ed., 2005.

BARNES, D.M.; KIRBY, Y.K.; OLIVER, K.G. Effects of biogenic amines on growth and the incidence of proventricular lesions in broiler chickens. **Poultry Science**, v.80, p.906-911, 2001.

BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. In.: Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal, Campinas-SP. **Palestra**, 2001.

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L.; KLEIN, C.H. In vitro solubility of meat and bone meal protein with different pepsin concentrations. **Ciência Rural**, v.30, n.3, p.489-492, 2000.

BIELORAI, R.; IOSIF, B.; NEUMARK, H.; ALUMOT, E. Low nutritional value of feather-meal protein for chickens. **The Journal of Nutrition**, v.112, p.249-254, 1982.

CAIRES, C.M.; FERNANDES, E.A.; FAGUNDES, N.S.; CARVALHO, A.P.; MACIEL, M.P.; OLIVEIRA, B.R. The use of animal byproducts in broiler feeds. Use of animal co-products in broilers diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.12, n.1, p.41-46, 2010.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, São Paulo: Sindirações, 3.ed. 2009.

CORADI, P.C.; LACERDA-FILHO, A.F.; MELO, E.C. Quality of raw materials from different regions of Minas Gerais State utilized in ration industry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.424-431, 2011.

CRAMER, K.R.; GREENWOOD, M.W.; MORITZ, J.S.; BEYER, R.S.; PARSONS, C.M. Protein quality of various raw and rendered by-product meals commonly incorporated into companion animal diets. **Journal of Animal Science**, v.85, p.3285-3293, 2007.

CRUMP, J.A.; GRIFFIN, P.M.; ANGULO, F.J. Bacterial contamination of animal feed and its relationship to human foodborne illness. **Clinical Infectious Diseases**, v.35, p.859-865, 2002.

DOLZ, S.; DE BLAS, C. Metabolizable energy of meat and bone meal from Spanish rendering plants as influenced by level of substitution and method of determination. **Poultry Science**, v.71, n.2, p.316-322, 1992.

FINLEY, R.; RIBBLE, C.; ARAMINI, J.; VANDERMEER, M.; POPA, M.; LITMAN, M.; REID-SMITH, R. The risk of salmonellae shedding by dogs fed Salmonella-contaminated commercial raw food diets. **Canadian Veterinary Journal**, v.48, p.69-75, 2007.

FRIDAY, M.L.; FIRMAN, J.D. Effects of biogenic amines on broiler performance. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.8, p.408-413, 1999.

GARCIA, R.A.; PHILLIPS, J.G. Physical distribution and characteristics of meat and bone meal protein. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.89, p.329-336, 2009.

HENDRIKS, W.H. Cats and dogs versus pigs and poultry: a nutritional perspective. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, v.12, p.107-114, 1999.

KAWAUCHI, I.M.; SAKOMURA, N.K.; VASCONCELLOS, R.S.; De-OLIVEIRA, L.D.; GOMES, M.O.S.; LOUREIRO, B.A.; CARCIOFI, A.C. Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs measured by two different techniques. **Animal Feed Science and Technology**, v.169, p.96-103, 2011.

KIRSTEIN, D.D. Composition and quality of porcine meat and bone meal. In.: Tri-State Dairy Nutrition Conference, Fort Wayne, IN, **Proceedings...** 1999, p.222-236.

LOWE, J.A.; KERSHAW, S.J. Water activity – moisture content relationship as a predictive indicator for control of spoilage in commercial pet diet components. **Animal Feed Science and Technology**, v.56, p.187-194, 1995.

MARTOSISWOYO, A.W.; JENSEN, L.S. Available energy in meat and bone meal as measured by different methods. **Poultry Science**, v.67, p.280-293, 1988.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTUZ, N.W.; SINGSEN, E.P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. p.3-11.

NARODOSLAWSKY, M. Renewable resources – New challenges for process integration and synthesis. **Chemical Biochemical Engineering Quarterly**, v.17, p.55-64, 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1994. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. National Academy Press, Washington, DC., USA.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 2006. **Nutrient requirements of dogs and cats**. National Academy Press, Washington, DC, USA.

OLUKOSI, O.A.; ADEOLA, O. Estimation of the metabolizable energy content of meat and bone meal for swine. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2590-2599, 2009.

PARSONS, C.M.; CASTANON, F.; HAN, Y. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. **Poultry Science**, v.76, p.361-368, 1997.

PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F. A. Evaluation of tree modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 37, p.1309-1313, 1989.

PONTIERI, C.F.F. **Avaliação nutricional de diferentes fontes de gordura e do uso de lecitina em alimentos extrusados para gatos**. Jaboticabal, SP. FCAV, 2008. 98p. (Tese de Doutorado).

RAVINDRAN, V.; HENDRIKS, W.H.; CAMDEN, B.J.; THOMAS, D.V.; MOREL, P.C.H.; BUTTS, C.A. Amino acid digestibility of meat and bone meals for broiler chickens. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.53, n.11, p.1257-1264, 2002.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186p.

SÁ-FORTES, C.M.L.; CARCIOFI, A.C.; SAKOMURA, N.K.; KAWAUCHI, I.M.; VASCONCELLOS, R.S. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. **Animal Feed Science and Technology**, v.156, p.121-125, 2010.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283 p.

SANCHEZ, S.; HOFACRE, C.L.; LEE, M.D.; MAURER, J.J.; DOYLE, M.P. Animal sources of salmonellosis in humans. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.221, n.4, p.492-497, 2002.

SARTORELLI, S.A.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J.; KATO, R.K.; FIALHO, E.T. Nutritional and microbiological evaluation of meat and bone meal produced in the State of Minas Gerais. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.5, n.1, p.51-60, 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS onlinedoc 9.13**. Cary, 2004.

SAUVANT, D.; PEREZ, J.M.; TRAN, G. **Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero**. 3.ed. Madrid, Espanha, 2004. 310p.

SHIRLEY, R.B.; PARSONS, C.M. Effect of ash content on protein quality of meat and bone meal. **Poultry Science**, v.80, p.626-632, 2001.

SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, v.53, p.81-98, 2004.

STUART, B.P.; COLE, R.J.; WALLER, E.R.; VESONDER, R.E. Proventricular hiperplasia (malabsorption syndrome) in broiler chickens. **Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology**, v.6, p.369-385, 1986.

VALE, S.R.; GLORIA, M.B. Determination of biogenic amines in cheese. **Journal of AOAC International**. v.80, n.5, p.1006-1012, 1997.

WALES, A.D.; ALLEN, V.M.; DAVIES, R.H. Chemical treatment of animal feed and water for the control of Salmonella. **Foodborne Pathogens and disease**, v.7, n.1, p.3-15, 2010.

WANG, X.; CASTANON, F.; PARSONS, C.M. Order of amino acid limitation in meat and bone meal. **Poultry Science**, v.76, p.54-58, 1997.

WILSON, B.R.; PEARSON, A.M.; SHORLAND, F.B. Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavor on red and white muscle from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.24, n.1, p.7-11, 1976.

**Tabela 1.** Composição química (g/kg de produto) das farinhas de carne e ossos produzidas por sete fabricantes do Estado de São Paulo – Brasil

Amostra		Fabricante	Lote	Matéria seca	Matéria orgânica	Proteína bruta	Colágeno, g/kg PB	Extrato etéreo	Extrato etéreo hidrólise ácida	Cálcio	Fósforo	Ferro, ppm	Energia bruta, MJ/kg
	1 <sup>1</sup>		934,7	500,6	397,2		80,3		170,90	68,90	165		
	2		944,2	496,2	394,1		82,3						
<b>A</b>	3		924,4	503,4	386,3		88,7						
	4 <sup>1,2</sup>		904,5	484,3	410,4	289,9	88,2	106,9	150,70	74,10	220	12,22	
	5 <sup>1,2</sup>		928,9	492,8	397,9	353,5	93,1	103,3	147,50	72,70	180	12,28	
<b>B</b>	1		941,4	619,0	443,1		159,8						
	2 <sup>1,2</sup>		928,4	609,0	460,7	264,1	153,6	167,1	132,50	60,30	275	16,21	
<b>C</b>	1 <sup>1,2</sup>		917,8	593,0	449,4	284,8	105,6	135,4	96,70	55,60	495	14,31	
	2 <sup>1,2</sup>		913,6	586,3	466,0	269,5	111,4	133,2	150,30	55,80	505	15,36	
	1		916,1	538,7	428,1		90,6						
	2		930,4	584,5	437,2		127,7						
<b>D</b>	3 <sup>1</sup>		933,3	590,4	467,8		129,0		147,70	55,30	560		
	4		915,9	543,8	458,1		104,2						
	5 <sup>1</sup>		921,2	548,2	427,5		96,0		142,80	55,20	570		
	6 <sup>1,2</sup>		903,7	531,1	432,1	275,5	114,3	127,4	140,00	59,10	685	13,94	
<b>E</b>	1		938,3	553,3	456,6		87,7						
	2 <sup>1</sup>		940,3	578,1	480,6		104,8		146,80	60,50	215		
	3		949,0	549,7	445,4		89,4						
	4 <sup>1</sup>		942,2	587,9	457,8		125,4		137,40	60,60	245		
	5		930,8	529,4	443,4		92,1						
	6		936,7	586,3	477,5		118,0						

continua...

Amostra		Fabricante	Lote	Matéria seca	Matéria orgânica	Proteína bruta	Colágeno, g/kg PB	Extrato etéreo	Extrato etéreo hidrólise ácida	Cálcio	Fósforo	Ferro, ppm	Energia bruta, MJ/kg
<b>F</b>	1 <sup>1,2</sup>		931,2	569,5	464,9	298,1	90,2	119,9	137,20	59,40	315	14,10	
	2		943,6	569,0	487,1		99,1						
	1		942,2	515,3	399,4		104,3						
	2 <sup>1,2</sup>		944,7	514,2	410,7	342,2	78,1	106,9	160,50	71,00	220	12,46	
	3		943,2	522,9	412,8		94,4						
	4		938,9	508,9	425,9		103,9						
	5		957,2	541,1	440,6		87,8						
	6 <sup>1</sup>		937,1	530,5	412,2		115,0		139,40	68,70	220		
<b>G</b>	7 <sup>1</sup>		956,4	539,3	430,0		80,0		161,10	66,50	270		
	8		956,8	537,5	429,7		96,3						
	<b>Média</b>		933,8	546,9	436,5	297,2	102,9	125,4	144,10	62,91	343	13,86	
	<b>Desvio padrão</b>		14,06	36,48	27,52	33,24	20,03	20,69	16,70	6,73	170,15	1,47	
	<b>Coefficiente de variação</b>		1,51	6,67	6,31	11,18	19,46	16,50	11,59	10,70	49,65	10,64	
	<b>Máximo</b>		957,2	619,0	487,1	353,5	159,8	167,1	170,90	74,10	685	16,21	
	<b>Mínimo</b>		903,7	484,3	386,3	264,1	78,1	103,3	96,70	55,20	165	12,22	

<sup>1</sup> Amostras avaliadas quanto as características qualitativas das farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de São Paulo – Brasil.

<sup>2</sup> Amostras avaliadas para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e valores de energia digestível e metabolizável das farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de São Paulo – Brasil.

**Tabela 2.** Características qualitativas das farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de São Paulo – Brasil<sup>a</sup> (valores sobre a matéria natural)

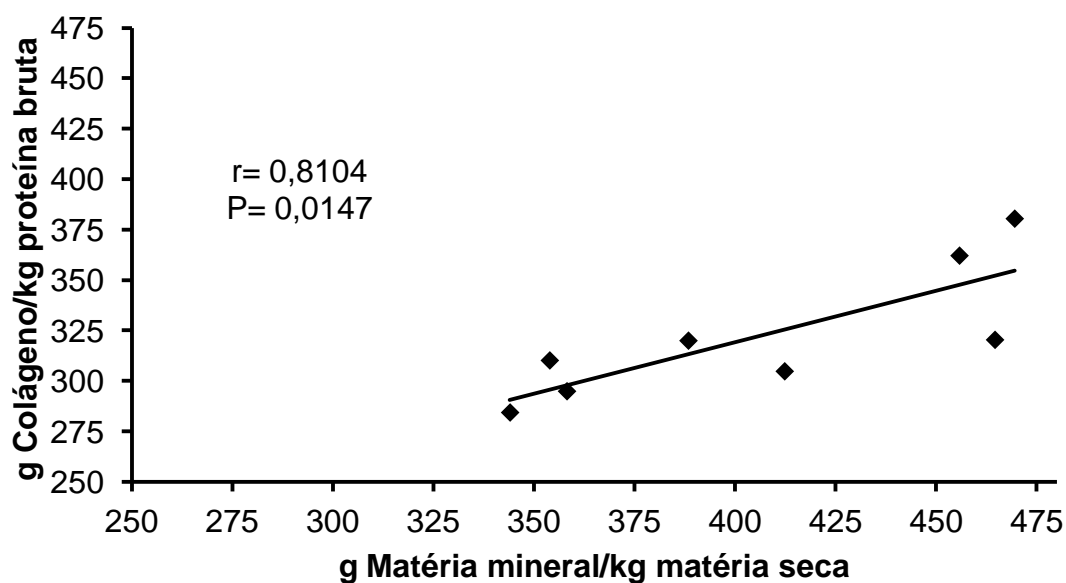
<b>Amostra</b>	<b>Acidez, mg NaOH/g</b>	<b>Peróxido, mEq/kg</b>	<b>Atividade de água</b>	<b><i>Salmonella</i> <i>spp.</i></b>	<b>Ácido tiobarbitúrico, mg tmp/kg</b>
<b>A1</b>	0,90	0,00	0,514	ausente	3,64
<b>A4</b>	0,72	0,00	0,540	ausente	0,58
<b>A5</b>	0,22	0,00	0,506	ausente	2,22
<b>B2</b>	0,69	0,00	0,506	ausente	2,14
<b>C1</b>	0,58	0,00	0,507	ausente	1,05
<b>C2</b>	0,53	0,00	0,532	presente	0,89
<b>D3</b>	0,57	0,00	0,529	ausente	7,59
<b>D5</b>	0,36	0,00	0,511	ausente	3,42
<b>D6</b>	0,56	0,00	0,543	ausente	4,09
<b>E2</b>	0,39	0,00	0,454	presente	3,74
<b>E4</b>	0,24	0,00	0,497	ausente	3,96
<b>F1</b>	0,27	0,00	0,346	ausente	4,12
<b>G2</b>	0,18	0,00	0,454	ausente	1,29
<b>G6</b>	0,20	0,00	0,526	ausente	6,38
<b>G7</b>	0,13	0,00	0,486	ausente	4,01
<b>Média</b>	0,44	-	0,497	-	3,27
<b>Desvio padrão</b>	0,22	-	0,048	-	1,99
<b>Coefficiente de variação</b>	51,58	-	9,64	-	60,67
<b>Máximo</b>	0,90	-	0,543	-	7,59
<b>Mínimo</b>	0,13	-	0,346	-	0,58

<sup>a</sup> Analisado em duplicata.

**Tabela 3.** Concentrações (mg/100g de matéria natural) de putrescina (PUT), cadaverina (CAD), histamina (HIM), tiramina (TIM), serotonina (SRT), agmatina (AGM), espermidina (EPD), feniletilamina (FEM), espermina (EPM), triptamina (TRM) e aminas totais nas farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de São Paulo – Brasil

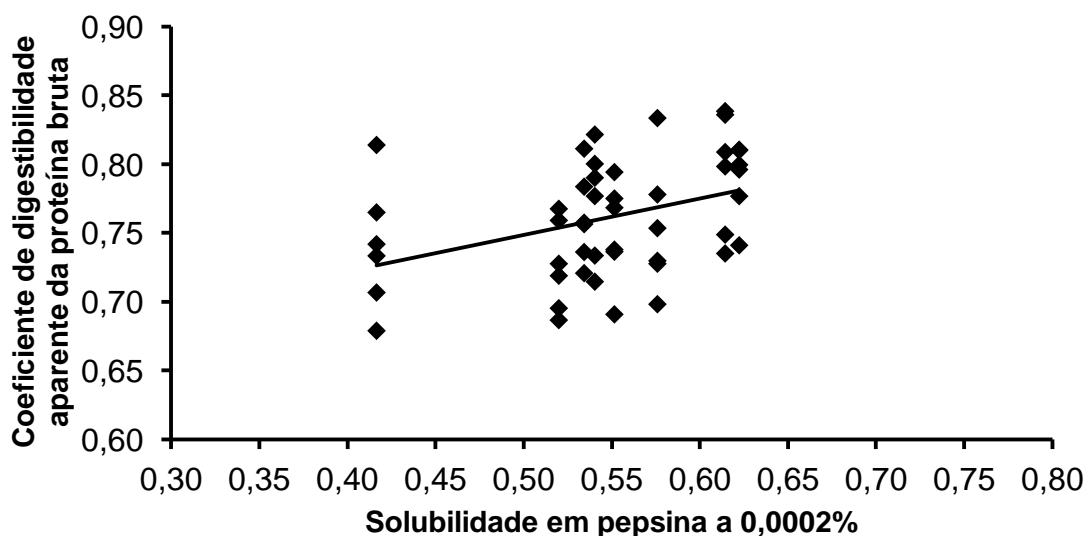
Amostra	PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	AGM	EPD	FEM	EPM	TRM	Aminas totais
A1	0,50	0,28	0,55	nd	nd	nd	5,03	nd	0,96	nd	7,33
A4	0,09	0,14	nd	nd	nd	nd	2,63	nd	1,37	nd	4,23
A5	nd	nd	0,44	nd	nd	nd	8,54	nd	0,84	nd	9,82
B2	nd	0,33	nd	nd	nd	nd	4,68	nd	2,60	nd	7,60
C1	4,30	1,12	0,39	0,77	nd	0,44	5,17	nd	1,89	0,20	14,29
C2	4,30	1,19	0,40	0,83	nd	0,49	5,89	nd	2,26	0,22	15,59
D3	5,06	3,22	1,50	3,24	nd	nd	3,41	nd	1,95	nd	18,37
D5	3,30	3,05	1,32	2,58	nd	nd	3,57	nd	1,50	0,32	15,65
D6	5,27	1,42	0,33	0,86	nd	0,24	5,79	nd	1,55	0,27	15,73
E2	1,35	0,88	1,50	1,87	nd	nd	3,16	nd	2,09	nd	10,84
E4	1,66	1,32	1,36	1,87	nd	nd	2,31	nd	2,29	nd	10,82
F1	5,18	1,30	0,40	1,15	nd	0,33	4,17	nd	1,83	nd	14,36
G2	nd	0,31	nd	nd	nd	0,36	3,20	nd	1,38	nd	5,25
G6	0,57	0,44	0,45	1,25	nd	0,45	1,58	nd	2,26	nd	7,00
G7	0,60	0,56	0,55	1,19	nd	0,48	1,66	nd	1,47	nd	6,52
<b>Média</b>	2,15	1,04	0,61	1,04	-	0,19	4,05	-	1,75	0,07	10,89
<b>Desvio padrão</b>	2,15	0,97	0,54	1,01	-	0,21	1,86	-	0,51	0,12	4,49
<b>Coefficiente de variação</b>	100,12	93,79	87,74	96,84	-	115,23	45,79	-	29,06	175,47	41,26
<b>Máximo</b>	5,27	3,22	1,50	3,24	-	0,49	8,54	-	2,60	0,32	18,37
<b>Mínimo</b>	0,09	0,14	0,33	0,77	-	0,24	1,58	-	0,84	0,20	4,23

nd: não determinado (< 0,04mg/100g amostra)



Colágeno, g/kg PB =  $114,742 + 0,511 \cdot MM$ , g/kg MS ( $P = 0,0147$ ;  $R^2 = 0,6567$ )

**Figura 1.** Relação entre teores de colágeno expresso com base na proteína bruta (g/kg) e de matéria mineral (g/kg de matéria seca) entre oito farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de São Paulo – Brasil.



CDAP da FCO =  $0,617 + (0,2644 \cdot \text{Solub. pepsina } 0,0002\%)$  ( $P = 0,008$ ;  $R^2 = 0,126$ )

**Figura 2.** Regressão entre valores de solubilidade da proteína da farinha de carne e ossos em pepsina a 0,0002% e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta determinados em ensaio de digestibilidade com cães.

**Tabela 4.** Ingestão de nutrientes e de energia bruta (g/dia e MJ/dia, respectivamente, com base na matéria natural), coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, energia digestível e energia metabolizável (ED e EM, MJ/kg, com base na matéria natural) das farinhas de carne e ossos avaliadas no ensaio de digestibilidade

Variáveis	Farinha de carne e ossos										Média <sup>1</sup>	EPM <sup>2</sup>	P>F <sup>1</sup>
	A4	A5	B2	C1	C2	D6	F1	G2					
Peso médio, kg	12,0	11,7	12,1	11,5	12,2	12,3	12,3	12,1	12,1	12,1	12,0	0,648	0,987
<b>Ingestão de nutrientes</b>													
Matéria seca	217,8	214,9	203,7	204,3	212,9	208,8	200,2	221,8	221,8	221,8	210,5	9,846	0,764
Matéria orgânica	181,1	175,6	174,5	175,0	181,6	176,8	169,9	183,1	183,1	183,1	177,2	8,282	0,955
Proteína bruta	70,1	67,4	68,4	68,2	70,2	68,5	65,4	68,2	68,2	68,2	68,3	3,185	0,977
Extrato etéreo ácido	26,3	26,9	23,5	27,1	26,9	26,4	25,1	25,1	25,1	25,1	25,9	1,218	0,417
Energia bruta	4,0	3,9	4,0	3,9	4,1	3,9	3,7	4,0	4,0	4,0	3,9	0,184	0,934
<b>Coefficientes de digestibilidade aparente</b>													
Matéria seca	0,381	0,387	0,495	0,503	0,482	0,491	0,484	0,398	0,398	0,398	0,453	0,021	<0,001
Matéria orgânica	0,652	0,689	0,745	0,768	0,742	0,766	0,743	0,676	0,676	0,676	0,723	0,021	0,009
Proteína bruta	0,740	0,759	0,749	0,772	0,753	0,789	0,793	0,723	0,723	0,723	0,760	0,016	0,051
Extrato etéreo ácido	0,817	0,768	0,819	0,896	0,895	0,892	0,862	0,790	0,790	0,790	0,842	0,024	0,008
Energia bruta	0,755	0,753	0,774	0,782	0,787	0,798	0,804	0,763	0,763	0,763	0,777	0,017	0,282
ED (MJ/kg)	10,08	9,39	13,17	11,80	12,37	11,73	11,68	9,96	9,96	9,96	11,27	0,248	<0,001
EM (MJ/kg)	8,82	8,43	12,37	10,72	11,06	10,52	10,37	9,08	9,08	9,08	10,17	0,514	<0,001

<sup>1</sup>Média aritmética das farinhas de carne e ossos em estudo e probabilidade associada ao teste F.

<sup>2</sup>Erro padrão da média (n= 6 animais/dieta).

**Tabela 5.** Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta das farinhas de carne e ossos determinadas em ensaio de digestibilidade e solubilidade da proteína bruta das referidas matérias-primas determinadas por meio de método *in vitro* de solubilidade em pepsina em três concentrações e respectivos coeficientes de correlação de Pearson (r) com os valores obtidos *in vivo*

Variáveis	A4	A5	B2	C1	C2	D6	F1	G2	Média	CV <sup>1</sup>	r para digest. PB	P>F	r para digest. EB	P>F
<b>Digest. PB</b>	0,740	0,759	0,749	0,772	0,753	0,789	0,793	0,723	0,760	5,21				
<b>Digest. EB</b>	0,755	0,753	0,774	0,782	0,787	0,798	0,804	0,763	0,777	5,36				
<b>Solub. pepsina 0,02%</b>	0,794	0,875	0,822	0,853	0,875	0,893	0,864	0,938	0,864	4,79	-0,0058	0,969	0,0944	0,523
<b>Solub. pepsina 0,002%</b>	0,607	0,746	0,713	0,694	0,700	0,773	0,818	0,791	0,730	8,63	0,2181	0,137	0,2268	0,121
<b>Solub. pepsina 0,0002%</b>	0,416	0,534	0,551	0,540	0,576	0,622	0,614	0,520	0,547	11,13	0,3804	0,008	0,3606	0,012

<sup>1</sup>Coefficiente de variação das farinhas de carne e ossos em estudo.

### CAPÍTULO 3 – Farinha de vísceras de aves na alimentação de cães

**RESUMO** – A farinha de vísceras de aves (FVA) é uma das principais fontes de proteína em dietas para cães, porém, suas características qualitativas e seu valor nutricional apresentam grande variabilidade. Objetivou-se avaliar características qualitativas, a composição química e o valor nutricional para cães da FVA produzida no Estado de São Paulo – Brasil por meio de avaliações *in vivo* e *in vitro*. Determinou-se a composição química de 24 amostras de FVA, sendo 15 avaliadas quanto à deterioração microbiológica e por oxidação. Oito destas 15 amostras foram avaliadas também em ensaio de digestibilidade pelo método de substituição. Formulou-se uma dieta basal e oito dietas teste foram obtidas pela substituição de 300 g/kg da dieta basal por cada uma das oito FVA avaliadas. Dezoito cães adultos da raça beagle foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com três blocos, nove dietas e duas repetições por dieta. Determinou-se a solubilidade da proteína da FVA em três concentrações de pepsina: 0,02%, 0,002%, e 0,0002%. Correlações de Pearson e regressões lineares simples foram determinadas entre os resultados *in vivo* e *in vitro*. Os teores médios e desvios em g/kg de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), gramas de colágeno por quilograma de PB, extrato etéreo hidrólise ácida (EEA) e energia bruta (EB) em MJ/kg da FVA foram, respectivamente:  $952 \pm 13,5$ ;  $797 \pm 26,3$ ;  $637 \pm 35,7$ ;  $123 \pm 27,7$ ;  $1143,2 \pm 13,8$  e  $20,70 \pm 0,87$ . A acidez foi de  $1,54 \pm 1,30$  mg NaOH/g, ausentes em peróxido e  $0,355 \pm 0,091$  de atividade de água. A presença de *Salmonella spp.* foi em 20% das amostras,  $3,47 \pm 1,45$  mg tmp/kg de TBA e  $30,75 \pm 11,02$  mg/100 g de aminas totais. Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, EEA e EB da FVA foram, respectivamente:  $0,758 \pm 0,0507$ ;  $0,848 \pm 0,0270$ ;  $0,846 \pm 0,0263$ ;  $0,750 \pm 0,0863$  e  $0,845 \pm 0,0248$ . A energia digestível e metabolizável média da FVA foi de, respectivamente,  $18,19 \pm 1,401$  e  $17,21 \pm 1,295$  MJ/kg. A solubilidade em pepsina a 0,02% apresentou maior correlação com a digestibilidade da PB determinada *in vivo*. A FVA apresenta, de forma geral, boa digestibilidade dos nutrientes e densidades energéticas para cães. A solubilidade em pepsina a 0,02% é um método qualitativo válido para discriminar o aproveitamento da PB entre distintas FVA.

**Palavras chave:** animais de companhia, digestibilidade, método *in vitro*, subprodutos de origem animal.

## Poultry by-product meal in the feed of dogs

**ABSTRACT** – Poultry by-product meal (PM) is a major protein source in dog diets, however, it presents great variability in its qualitative characteristics and its nutritional value. This study aimed to evaluate the qualitative characteristics, chemical composition and nutritional value of PM produced in São Paulo State – Brazil, by *in vivo* and *in vitro* evaluations. It was determined the chemical composition of 24 samples of PM and these 15 samples were evaluated for microbiological and oxidative deterioration. Eight of these 15 samples were also evaluated in digestibility trial by substitution method. It was formulated a basal diet and eight test diets were obtained by replacing 300 g/kg of the basal diet for each of eight PM evaluated. Eighteen adult beagle dogs were distributed in a randomized block design with three blocks, nine diets and two replications per diet. The PM protein solubility was determined in three pepsin concentrations: 0.02%, 0.002% and 0.0002%. Pearson correlations and linear regressions were fitted between the *in vivo* and *in vitro* results. The average and standard deviations levels in g/kg of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), grams of collagen per kilogram of CP and fat and gross energy (GE) in MJ/kg were, respectively: 952±13.5; 797±26.3; 637±35.7; 123±27.7; 1143.2±13.8 e 20.70±0.87. The acidity was 1.54±1,30 mg NaOH/g, absence of peroxide, 0.355±0,091 of water activity. The presence of *Salmonella spp.* was in 20% of the samples, 3.47±1,45 mg tmp/kg of TBA and 30.75±11,02 mg/100 g of total amines. The average of total tract apparent digestibility of DM, OM, CP, fat and GE of PM were: 0.758±0.0507; 0.848±0.0270; 0.846±0.0263; 0.750±0.0863 and 0.845±0.0248. The average of digestible and metabolizable energy of PM were, respectively, 18,19±1,401 and 17,21±1,295 MJ/kg, respectively. The protein solubility at 0.02% pepsin presents the highest correlation with CP digestibility determined *in vivo*. The PM presents good digestibility and energy densities for dogs. The protein solubility at 0.02% pepsin is a valuable qualitative method to discriminate different protein digestibility between different PM.

**Keywords:** animal by-products, companion animals, digestibility, *in vitro* method.

## 1. Introdução

Subprodutos de origem animal são ingredientes chaves na indústria de alimentos para cães e gatos há décadas. Entretanto, observou-se que na Europa e América do Norte, a relação entre o setor “petfood” e tais ingredientes estreitou-se nos últimos anos em virtude de alterações nas demandas de mercado, particularmente, aquelas relacionadas à qualidade dos produtos. Deste modo, fabricantes de subprodutos de origem animal que pretendiam atender ao setor “petfood” responderam por meio de alterações em determinados procedimentos e critérios, as quais resultaram na oferta de ingredientes com ampla variação quantitativa e qualitativa (WOODGATE, 2007). No Brasil, tal tendência também foi verificada, embora, determinados atributos ainda não estejam bem estabelecidos.

Um dos principais subprodutos de origem animal utilizado pela indústria “petfood” é a farinha de vísceras de aves, que no Brasil é definida como o produto resultante da cocção, prensagem e moagem de vísceras de aves, sendo permitida utilização de cabeças e pés, porém, a inclusão proposital de penas e de qualquer resíduo de incubatório caracteriza adulteração. Deve conter, no máximo, 8% de umidade, 15% de matéria mineral e 5% de cálcio e apresentar, no mínimo, 55% de proteína, 10% de extrato etéreo e 1,50% de fósforo. Em relação às suas características qualitativas, pode apresentar até 3 mg NaOH/g de acidez, 10 mEq/kg de índice de peróxido e deve ser ausente em *Salmonella spp.* (COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2009).

A farinha de vísceras de aves representa, portanto, uma fonte proteica de valor considerável em dietas para cães, porém, informações pertinentes à composição química e digestibilidade de seus nutrientes indicam que corresponde a um produto extremamente variável (HAN e PARSONS, 1990; JOHNSON et al., 1998, DOZIER et al., 2003), o que dificulta a formulação de dietas, tanto do ponto de vista de atendimento das necessidades nutricionais de cães, como de cumprimento da legislação vigente para produção e comercialização de alimentos completos e balanceados.

Muitas são as causas de variação, a iniciar pela natureza e proporções distintas dos constituintes que darão origem à farinha de vísceras de aves. Uma opção que permite avaliar alimentos de forma rápida e eficiente são as avaliações *in*

*vitro*. Sabe-se que a indústria de alimentos para cães e gatos utiliza em sua rotina o método de solubilidade da proteína em pepsina como critério para controle de qualidade e recebimento de lotes, porém, ainda existe controvérsia com relação à melhor concentração de enzima. Assim, a padronização desta ferramenta seria importante para definir de forma precisa e prática a qualidade da proteína de ingredientes de origem animal, particularmente da farinha de vísceras de aves.

O objetivo do presente estudo foi caracterizar a farinha de vísceras de aves produzida no Estado de São Paulo – Brasil, por meio da avaliação de suas características qualitativas e de composição química e determinar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e sua energia digestível e metabolizável para cães. Além disso, objetivou-se padronizar a metodologia de solubilidade da proteína em pepsina da farinha de vísceras de aves para avaliar a qualidade deste ingrediente para cães.

## **2. Material e métodos**

### *2.1 Avaliação da composição química e das características qualitativas da farinha de vísceras de aves produzida no Estado de São Paulo – Brasil*

Foram obtidas 24 amostras de farinhas de vísceras de aves (FVA) fabricadas por oito empresas processadoras de subprodutos de origem animal e que atendem à indústria “petfood”, localizadas no Estado de São Paulo – Brasil (Tabela 1). Nestas foram determinadas a composição em matéria seca (MS) por secagem da amostra em estufa (método 934.01), cinzas (MM) por incineração em forno mufla (método 942.05), nitrogênio de acordo com método de Kjeldahl (método 954.01), sendo a proteína bruta (PB) calculada como  $N \times 6,25$ . O extrato etéreo (EE) foi mensurado após extração com éter de petróleo pelo método de Soxhlet (método 920.39). Tais procedimentos analíticos foram realizados de acordo com as recomendações da Association of Official Analytical Chemists (1995). Estimou-se o conteúdo de matéria orgânica (MO) por diferença entre o teor de MS e de MM.

Com base na composição química e procedência (fabricante/fornecedor) das amostras coletadas, foram selecionadas 15 farinhas (A1, B2, C1, D2, D4, D5, E1, F3, F4, G1, G3, G5, G7, H1 e H2) com as quais objetivou-se estabelecer um panorama qualitativo das FVA comercializadas no Estado de São Paulo – Brasil.

Neste contexto, foram eleitas amostras de distintos fabricantes/fornecedores e que fossem representativas da indústria de FVA do Estado de São Paulo – Brasil.

As FVA selecionadas foram avaliadas quanto a ocorrência de processo oxidativo, com base na determinação do índice de peróxido e na quantificação de malonaldeído por meio do ácido tiobarbitúrico (TBA), segundo método descrito por Pikul et al. (1989), o qual quantifica o malonaldeído utilizando ácido tricloroacético e reagente de TBA, seguido de aquecimento para desenvolvimento máximo de cor e mensuração espectrofotométrica a 538 nm.

A qualidade microbiológica das FVA foi avaliada por meio da determinação da atividade de água, acidez, presença/ausência de *Salmonella spp.* em 25g de amostra pelo método ELFA (Enzyme Linked Fluorescent Assay) de acordo com recomendações da AOAC (método 996.08, 2005). Para tanto, utilizou-se o sistema automatizado VIDAS<sup>®</sup> que corresponde a um teste imunoenzimático que permite a detecção de antígenos de *Salmonella spp.*

Além disso, foi feita dosagem das aminas putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, serotonina, agmatina, espermidina, feniletilamina, espermina e triptamina. Para tanto, as amostras foram homogeneizadas em ácido tricloroacético a 5%, agitadas e centrifugadas (Modelo RC 5C plus, Sorvall Products, Newtown, CT, EUA) para obtenção do sobrenadante, o qual foi lido por cromatografia líquida de alta performance (HPLC, Shimadzu modelo LC-10AD, Kyoto, Japão) por par iônico, derivação pós-coluna com o-ftalaldeído e detecção fluorimétrica, seguindo a metodologia descrita por Vale e Gloria (1997).

As FVA foram avaliadas também em relação aos teores de cálcio, fósforo e ferro por meio da digestão úmida das amostras, utilizando-se solução nitroperclórica. O fósforo foi mensurado por espectrofotometria visível (Labquest Bio 2000. Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Brasil) e o cálcio e o ferro por espectrofotometria de absorção atômica (GBC-932 AA, Scientific Equipment PTY LTD, Melbourne-Austrália) de acordo com metodologias descritas na AOAC (1995).

## 2.2 Ensaio de digestibilidade

### 2.2.1 Animais e protocolo experimental

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil).

Foram utilizados 18 cães da raça Beagle adultos saudáveis, com  $4,4 \pm 0,4$  anos de idade e  $12,23 \pm 0,13$  kg de peso corporal. Dentre as 15 FVA anteriormente mencionadas foram selecionadas oito (A1, B2, C1, D5, E1, F4, G1 e H1) para as quais foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (CDA) e valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM). Para que fosse possível determinar o valor nutricional médio da FVA comercializada no Estado de São Paulo – Brasil, adotou-se como critério de seleção a composição química das amostras, sendo eleitas aquelas que apresentassem distintos teores de nutrientes.

Os cães foram mantidos em gaiolas de metabolismo individuais (100 x 100 x 100 cm) equipadas com sistema para separar fezes de urina. O período experimental foi de 10 dias, sendo cinco de adaptação e cinco de coleta total de fezes e urina, conforme recomendações da AAFCO (2009). Os cães foram alimentados duas vezes ao dia (0800 e 1600) e a água foi disponibilizada *ad libitum*. Estimou-se a EM das dietas com base na composição química destas e a quantidade fornecida foi calculada como  $397 \text{ kJ EM por kg}^{0,75}$  (National Research Council, 2006). Decorridos 30 min do fornecimento de alimento, os comedouros foram retirados e o alimento não consumido foi pesado e registrado.

No primeiro dia de coleta as gaiolas de metabolismo foram higienizadas, sendo removidas e descartadas fezes e urina. A partir deste ponto e pelos cinco dias seguintes, todas as fezes e urina produzidas por cada cão foram coletadas. As amostras de fezes foram pesadas e congeladas ( $-15^\circ \text{C}$ ) e a urina foi coletada em recipientes contendo 1 mL de solução de ácido sulfúrico (1 Eq/L) e após mensuração do volume foi congelada.

### 2.2.2 Dietas

Os CDA, ED e EM das FVA foram determinados pelo método de substituição, conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2007). Para tanto, foi formulada uma dieta basal com 382,3 g/kg de milho, 180,0 g/kg de quirera de arroz, 172,3 g/kg de farelo de soja, 92,1 g/kg de glúten de milho 60%, 71,5 g/kg de gordura de aves, 50,0

g/kg de farinha de vísceras de aves e 51,80 g/kg de microingredientes, sendo os últimos basicamente fontes de vitaminas, minerais e aminoácidos. A composição química da dieta basal atendeu as recomendações da AAFCO (2009) para cães adultos, apresentando 851,2 g/kg de MO, 122,8 g/kg de extrato etéreo hidrólise ácida, 237,8 g/kg de PB e 18,46 MJ/kg de energia bruta. A partir da dieta basal foram obtidas oito dietas teste, as quais corresponderam a proporção de 700 g/kg da dieta basal e de 300 g/kg, com base na matéria natural, de cada uma das oito FVA selecionadas.

As dietas experimentais foram misturadas e moídas em moinho de martelos (Modelo 4, D'Andrea, Limeira, Brasil) com peneira de 0,8 mm antes de serem processadas em extrusora de rosca simples (Mab 400S, Extrucenter, Monte Alto, Brasil). Aferiu-se a densidade do extrusado, a qual foi mantida entre 388 e 441 g/L (densidade úmida). O pré-condicionador foi mantido a 94° C e a temperatura de extrusão variou de 113-119°C.

### *2.2.3 Desenho experimental*

O estudo foi delineado em blocos casualizados, com duas repetições dentro de bloco, sendo que cada bloco correspondeu ao período experimental em um total de três períodos. Foram avaliadas nove dietas experimentais (dieta basal e oito dietas teste), totalizando 18 cães por bloco. Ao final do estudo, obtiveram-se um total de seis observações para cada dieta. A distribuição dos animais foi feita de forma a evitar que o mesmo cão consumisse a mesma dieta em blocos distintos.

### *2.2.4 Análises laboratoriais*

Ao final de cada período de coleta, o total de fezes de cada cão foi homogeneizado de forma a compor uma única amostra por animal, sendo esta seca em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 h. As amostras de fezes, das dietas e das FVA foram moídas em moinho de faca (Mod MA-350, Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneira de 1 mm. A urina foi seca no mesmo equipamento e nas mesmas condições descritas para secagem das fezes.

Dietas e fezes foram analisadas quanto a MS, MM e PB seguindo as respectivas metodologias anteriormente mencionadas para avaliação das FVA. Foi

determinado o extrato etéreo hidrólise ácida (EEA) das dietas, fezes e das oito FVA avaliadas no ensaio de digestibilidade em extrator Soxhlet precedido de hidrólise ácida (método 954.02) de acordo com procedimentos descritos na AOAC (1995). A energia bruta (EB) das dietas, fezes, urina e das FVA foi determinada em bomba calorimétrica (IKA WORKS, C-200, EUA).

A qualidade da proteína das FVA foi avaliada por meio da quantificação, por método colorimétrico (AOAC, 2005), da hidroxiprolina (método 990.26), com intuito de estimar o conteúdo de colágeno. Para tanto, as amostras foram submetidas à digestão com ácido sulfúrico e a absorbância aferida em espectrofotômetro (Ultrospec 1000, Pharmacia Biotech, Reino Unido) a 558 nm. Os cálculos para estimativa do teor de colágeno foram realizados de acordo com AOAC (2005).

Foi determinada a solubilidade da proteína das FVA em pepsina por método de filtração, conforme AOAC (1995, método 971.09), porém, foram avaliadas concentrações de 0,02%, 0,002% e 0,0002% de pepsina, uma vez que estudos de diversas fontes proteicas de origem animal em outras espécies já demonstraram que o teor de 0,2% proposto pela AOAC (1995), por ser muito elevado, não é capaz de discriminar de forma eficiente diferenças qualitativas entre farinhas (BIELORAI et al., 1982; BELLAVAR et al., 2000).

Todas as análises foram realizadas em duplicata, com coeficiente de variação inferior a 5%.

#### *2.2.5 Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e valores de energia metabolizável da farinha de vísceras de aves*

Os CDA, ED e EM das dietas experimentais foram calculados pelo método de coleta total de fezes e urina de acordo com procedimentos descritos pela AAFCO (2004). Os CDA, ED e EM das FVA foram calculados pelo método de substituição (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007; SÁ-FORTES et al., 2010; KAWAUCHI et al., 2011) que utiliza como base os valores dos CDA, ED e EM da dieta basal e das dietas teste e a proporção de inclusão das FVA, corrigida para MS, conforme equação proposta por Matterson et al. (1965):

$$CDA_{FVA} = CDA_{db} + \frac{CDA_{dt} - CDA_{db}}{\text{proporção de inclusão do ingrediente teste na dieta basal (g/kg)/1000}}$$

onde  $CDA_{FVA}$  é o coeficiente de digestibilidade aparente da FVA,  $CDAd_b$  é o coeficiente de digestibilidade aparente da dieta basal e  $CDAd_t$  é o coeficiente de digestibilidade aparente da dieta teste.

#### 2.2.6 Análises estatísticas

Foi atendida a pressuposição de normalidade dos erros, sendo os dados analisados em delineamento em blocos casualizados pelo procedimento GLM do SAS (2004). Foram determinados os coeficientes de correlação linear de Pearson e, quando significativos, procedeu-se a análise de regressão linear simples entre os valores de digestibilidade da proteína e da energia obtidos *in vivo* (método de substituição) e aqueles estimados pelo método da solubilidade da proteína em pepsina. Valores de  $P < 0,05$  foram considerados significativos.

### 3. Resultados

#### 3.1 Composição química da farinha de vísceras de aves

As FVA apresentaram variação, principalmente, em relação aos teores de colágeno, Ca, P e Fe (Tabela 1). Uma característica positiva e comum a todas FVA amostradas referiu-se à considerável composição destas em PB e, conseqüentemente, reduzido teor de MM. Entretanto, a qualidade da proteína das matérias-primas foi bastante distinta quando avaliada em termos de sua composição em colágeno, apresentando teores de 94,9 g a 169,7 g/kg de proteína.

A determinação da concentração de extrato etéreo das FVA quando adotada metodologia que preconiza prévia hidrólise ácida proporcionou resultados numericamente superiores aos verificados quando as amostras foram tratadas somente com solvente orgânico.

#### 3.2 Características qualitativas da farinha de vísceras de aves

Verificou-se grande variação em relação, principalmente, aos teores de acidez, os quais, entretanto, apresentaram-se, com exceção da amostra B2, dentro do limite de 3,0 mg NaOH/g amostra recomendado em tabela de referência nacional (COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2009). O elevado índice

de acidez da farinha B2 representou importante indício de que esta poderia apresentar contaminação microbiológica (Tabela 2).

Não foi possível apresentar os valores de índice de peróxido das amostras G3, G5 e G7 em virtude de contratempo que impossibilitou que o procedimento analítico fosse desenvolvido logo após amostragem das matérias-primas, o que seguramente comprometeria a confiabilidade nos resultados obtidos.

Apesar da reduzida atividade de água das FVA verificou-se presença de *Salmonella spp.* em três das 15 farinhas avaliadas, ou seja, incidência de 20% que corresponde a um percentual preocupante. Duas das amostras de FVA que foram positivas para *Salmonella spp.* foram erroneamente avaliadas no ensaio de digestibilidade em virtude deste ter ocorrido anteriormente à análise para detecção do patógeno. Ressalta-se que os cães utilizados no presente estudo não apresentaram sinais clínicos de salmonelose, o que não exclui, porém, a possibilidade destes atuarem como portadores assintomáticos do patógeno.

Outro indicativo de atividade bacteriana em algumas das FVA avaliadas referiu-se à considerável concentração destas em aminas totais (Tabela 3). A quantificação de aminas de forma individualizada é um parâmetro que apresenta grande variação, com coeficientes superiores a 100% para a maior parte das aminas. Tal fato aliado à escassez de informações na literatura quanto ao teor máximo de cada amina, assim como as possíveis implicações de tais achados dificultaram a interpretação dos resultados.

### 3.3 Digestibilidade e energia metabolizável da farinha de vísceras de aves

As FVA avaliadas apresentaram variabilidade ( $P < 0,05$ ) em relação à digestibilidade dos nutrientes e valores energéticos (Tabela 4). A digestibilidade da FVA variou de 0,709 a 0,868 e sua EM de 15,44 a 19,87 MJ/kg alimento.

Os resultados médios de digestibilidade indicaram que a FVA apresentou reduzido aproveitamento da MS e, sobretudo, do EEA, embora a EM do ingrediente tenha sido relativamente elevada.

As três concentrações de pepsina avaliadas apresentaram correlação com a digestibilidade aparente da PB determinada *in vivo* ( $P < 0,05$ ), sendo que os teores de 0,02% e 0,0002% de pepsina apresentaram maiores coeficientes de correlação de

Pearson (Tabela 5). Somente para o teor de 0,0002% de pepsina, contudo, verificou-se correlação com os resultados de digestibilidade da EB ( $P < 0,05$ ) determinados no ensaio de digestibilidade. A relação entre digestibilidade da PB da FVA (CDAP) e solubilidade em pepsina a 0,02% foi expressa pela equação:  $CDAP = 0,541 + (0,383 * \text{Solub. pepsina } 0,02\%)$ ;  $P < 0,05$ ;  $R^2 = 0,216$  (Figura 1).

#### 4. Discussão

Ao contrário do que se esperava, não foi possível estabelecer relação direta entre índice de peróxido e número de TBA das FVA avaliadas. Por outro lado, a inconsistência nas características indicativas de oxidação corroboram com os achados de Anderson et al. (1997) os quais observaram teores de peróxido não detectáveis e reduzidos índices de iodina e anisidina, o que sugeriu ausência de processo oxidativo. Todavia, os autores constataram também elevado valor de TBA para uma das farinhas avaliadas e questionaram a validade de tal resultado ao considerar que o procedimento analítico para quantificação de malonaldeído (TBA) pode retornar, erroneamente, valores elevados em virtude da reação com outros componentes presentes no material avaliado (RAHARJO e SOFOS, 1993).

Costa et al. (2008) verificaram teores que variaram de 1,57 a 1,97 mg malonaldeído/kg amostra em farinhas de vísceras de frangos de corte aos 0 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. Tais teores estão abaixo da média observada no presente estudo, porém, a escassez de informações na literatura e inconsistência destas dificultaram a interpretação dos resultados.

Apesar das pequenas contradições entre características indicativas de oxidação, observou-se que para a maior parte das amostras de FVA, o processamento para produção dos ingredientes, aparentemente, foi eficiente em preservar a qualidade da gordura dos alimentos em padrão considerado aceitável para serem utilizados na alimentação animal, o que pode ser comprovado pelo reduzido número de TBA e ausência de peróxido nas amostras avaliadas. O relativo controle sobre a ocorrência de processos oxidativos nas FVA pode resultar do tratamento térmico a que os ingredientes são submetidos, o que pode inativar a enzima lipase e, conseqüentemente, reduzir a síntese de ácidos graxos livres (COSTA et al., 2008).

É possível que o prejuízo na qualidade sanitária da amostra B2 seja resultado de falha na etapa de secagem do alimento durante sua produção, uma vez que este apresentou teor de umidade acima do limite recomendado de 8% e a maior atividade de água dentre as amostras avaliadas. Tal característica pode ter favorecido sua deterioração tanto por processo oxidativo como por proliferação bacteriana, comprovada pelo maior índice de acidez, assim como elevada concentração de putrescina, cadaverina, histamina, tiramina e, conseqüentemente, de aminas totais.

Anderson et al. (1997) ao avaliarem farinhas de peixes das mais diversas procedências, verificaram elevado teor de aminas biogênicas totais (309,2 mg/100 g) em matéria-prima obtida a partir de arenque, tipo de pescado, porém que se encontrava em estado de decomposição. Quando as aminas foram avaliadas separadamente, constatou-se que o teor de cadaverina foi o que mais contribuiu para tal achado, seguido de putrescina, tiramina e histamina, os quais apresentaram valores de 159,0 mg, 95,7 mg, 36,6 mg e 17,9 mg em 100 g, respectivamente. Logo, é possível que a elevada acidez aliada à alta concentração de aminas observada na farinha B2 na presente pesquisa sejam indicativos do emprego de materiais de baixa qualidade sanitária, ou até mesmo, em início de processo putrefativo, uma vez que teores elevados de aminas sugerem utilização de materiais que sofreram degradação enzimática em diversos graus antes de serem empregados para produção de farinhas de origem animal (PIKE, 1993 apud ANDERSON et al., 1997). Neste contexto, considerando a concentração de aminas totais da amostra D5, é possível inferir que tal farinha também apresentou qualidade sanitária questionável.

A pesquisa por *Salmonella spp.* é uma medida preventiva largamente adotada na rotina de indústrias de alimentos. Portanto, a incidência de 20% de positividade para *Salmonella spp.* observada no presente estudo representou proporção preocupante do ponto de vista de saúde pública. Embora o processo de extrusão possa inativar o patógeno, sua introdução em uma fábrica de alimentos representa risco iminente à integridade física tanto de quem irá consumir os produtos como das pessoas que irão manter contato direto ou indireto com tais alimentos na cadeia produtiva.

A composição química das FVA avaliadas na presente pesquisa indicou que as farinhas apresentaram boa qualidade nutricional, evidenciada pela elevada

concentração de PB e baixo teor de umidade, o que corrobora com a reduzida atividade de água. Tais constatações podem ser comprovadas ao se confrontar os resultados obtidos no presente estudo com valores apresentados em tabelas de referência tanto nacionais (ROSTAGNO et al., 2005; COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2009) como na literatura internacional (NRC, 2006).

É possível que o elevado teor, principalmente, de PB apresentado pelas FVA amostradas na presente pesquisa seja reflexo da distinção mercadológica existente entre matérias-primas que visam atender ao mercado pet, as quais apresentam padrão nutricional mais requintado em relação aquelas destinadas à produção animal, como as FVA utilizadas na alimentação de frangos de corte (DOZIER et al., 2003). Neste contexto, ressalta-se que as farinhas foram amostradas de produtores que atendem ao segmento “petfood”, uma vez que o presente estudo teve por objetivo caracterizar e avaliar a FVA na alimentação de cães.

O adequado teor de MM verificado na presente pesquisa, não representou um atributo diferencial positivo, indicou apenas que não houve inclusão fraudulenta de componentes ósseos e que, portanto, as matérias-primas atenderam à legislação brasileira, já que apesar de permitida inclusão de cabeças e pés no processo produtivo da FVA, a utilização de resíduos de incubatório e/ou de ossos e cartilagens obtidos como resíduos de carne mecanicamente separada caracterizam outros ingredientes, conforme descrito em literatura de referência nacional (COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2009).

Dust et al. (2005) em estudo realizado nos Estados Unidos, verificaram que a FVA apresentou maior teor de aminoácidos totais em relação a outros subprodutos de aves, como aqueles obtidos a partir de ovos. Porém, segundo os autores, grande parte dos aminoácidos presentes na FVA corresponde a aminoácidos não essenciais, como glicina, prolina e hidroxiprolina, oriundos da inclusão de tecido conectivo. Entretanto, no presente estudo, considerou-se que a concentração média de 123,3 g de colágeno/kg PB foi baixa e que, portanto, a matéria-prima produzida no Brasil possuiria melhor balanço aminoacídico.

As FVA apresentaram diferenças quanto aos CDA e valores de energia ( $P < 0,05$ ). As farinhas que apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade

aparente dos nutrientes caracterizaram-se por possuírem também melhor composição química em relação aquelas que apresentaram menor aproveitamento.

Os resultados médios indicaram, porém, que as FVA avaliadas na presente pesquisa apresentaram, de forma geral, CDA superiores aos determinados por De-Oliveira (2009), com exceção da digestibilidade do EEA que foi similar nos dois estudos. A farinha avaliada por De-Oliveira (2009), no entanto, apresentava elevado teor de MM e, conseqüentemente, reduzida PB e EB, o que pode justificar grande parte das divergências observadas.

Foi possível constatar que a FVA representa uma boa fonte proteica na alimentação de cães adultos. Destaca-se que tal matéria-prima constitui um dos principais ingredientes utilizados em alimentos industrializados para cães e gatos, em razão de apresentar, em geral, rica composição nutricional, além de ser palatável (HEINICKE, 2003). Porém, tais constatações são válidas para FVA que apresentam características qualitativas e nutricionais similares aos verificados na presente pesquisa. Neste sentido, estudos indicaram que a variação na inclusão de distintas partes das aves, sobretudo a utilização indevida de diferentes proporções de penas, para produção de FVA está relacionada de forma negativa com a digestibilidade dos nutrientes (MORRIS e BALLOUN, 1973; LATSHAW, 1990).

Houve maior variação nos resultados de solubilidade *in vitro* na menor concentração de pepsina. Além disso, a variação dos coeficientes de digestibilidade aparente da PB e da EB determinados *in vivo* foram inferiores aos observados *in vitro*, o que indica que a avaliação *in vivo* é mais representativa do aproveitamento dos nutrientes pelos cães.

Outra possível justificativa para os coeficientes de variação serem relativamente reduzidos para os resultados de digestibilidade *in vivo* pode estar relacionada à boa qualidade nutricional da FVA. Neste sentido, ao fornecer um alimento que apresenta certo grau de comprometimento qualitativo ou nutricional, como elevado teor de MM, por exemplo, isto pode exacerbar diferenças individuais entre animais, uma vez que cada cão pode responder de maneira específica a situações adversas. Em contrapartida, ao fornecer alimentos de boa qualidade nutricional, todos tendem a aproveitá-lo de forma adequada e uniforme.

Assim, a correlação observada entre o coeficiente de digestibilidade aparente da PB e a solubilidade desta em pepsina nas três concentrações avaliadas pode ser justificada, ao menos em parte, pela qualidade proteica das FVA. Neste sentido, observou-se que as FVA apresentaram elevado teor de PB e os cães apresentaram, de forma geral, boa digestibilidade de tal fração, com valores acima de 0,80 e mesmo com a redução no teor de enzima na avaliação *in vitro* foi possível simular os achados *in vivo*.

É importante destacar, porém, que os valores de solubilidade da proteína em pepsina a 0,02% e 0,0002% apresentaram valores de correlação maiores e bastante semelhantes entre si com os resultados *in vivo*, ao contrário do observado para o teor intermediário de pepsina. A relação entre digestibilidade *in vivo* (CDAP) e *in vitro* expressa pela equação  $CDAP = 0,541 + (0,383 * \text{Solub. pepsina } 0,02\%)$  explicou somente 22% da variabilidade na digestibilidade da PB determinada em ensaio de digestibilidade. É possível que o reduzido número de amostras avaliadas tenha exercido certa influência sobre este baixo ajuste. De qualquer forma, foi possível constatar que o método de solubilidade em pepsina é uma avaliação qualitativa e não quantitativa, pois permite discriminar entre FVA com distintos valores de digestibilidade da PB, porém, não é capaz de definir de forma acurada a real dimensão do aproveitamento da PB do ingrediente.

Houve correlação entre solubilidade em pepsina e digestibilidade da EB somente na concentração de 0,0002% de enzima. É importante considerar, porém, que o coeficiente de digestibilidade da energia reflete, ademais do aproveitamento da proteína, a digestibilidade da gordura das FVA e, portanto, as oscilações verificadas para estes nutrientes. Já a solubilidade da proteína em pepsina representa, unicamente, a proporção de tal fração que é solubilizada quando submetida ao tratamento com pepsina em dada concentração.

Escalona et al. (1986) ao avaliarem oito FVA verificaram solubilidade média em pepsina a 0,002% de 0,824, com valores variando de 0,754 a 0,899. A maior solubilidade em pepsina observada no estudo supracitado pode estar relacionada ao fato de que esta foi determinada em dietas cuja única fonte proteica correspondeu à inclusão de FVA, o que pode ter exercido certo efeito de diluição da concentração de proteína em relação à de enzima. Assim, verificou-se que o valor de 0,824 de

solubilidade em pepsina determinado pelos referidos autores se aproxima mais de 0,794 verificado na presente pesquisa com solução de pepsina a 0,02%.

De forma similar ao observado no presente estudo, Costa et al. (2008) verificaram 0,824 de solubilidade média em pepsina a 0,02% ao avaliarem cinco amostras de farinhas de vísceras de frangos obtidas experimentalmente. Já para amostras de farinhas de vísceras de avestruz e de ema, obtiveram solubilidade de 0,846 e 0,786, respectivamente. Tais resultados indicam que a FVA, de modo geral, representa uma boa fonte proteica.

## 5. Conclusões

O processo para produção de farinha de vísceras de aves é, em geral, eficiente em preservar as características indicativas de deterioração por oxidação a teores aceitáveis para utilização do ingrediente em dietas extrusadas para cães adultos, porém, é necessário maior controle de contaminação microbiológica, principalmente, por *Salmonella spp.*

A composição química média da farinha de vísceras de aves comercializada no Estado de São Paulo – Brasil é representada por  $952 \pm 13,5$  g/kg de matéria seca,  $797 \pm 26,3$  g/kg de matéria orgânica,  $637 \pm 35,7$  g/kg de proteína bruta,  $123 \pm 27,7$  g de colágeno/kg de proteína,  $143 \pm 13,8$  g/kg de extrato etéreo hidrólise ácida,  $36,5 \pm 8,21$  g/kg de cálcio,  $23,7 \pm 4,25$  g/kg de fósforo,  $357 \pm 180,7$  ppm de ferro e  $20,70 \pm 0,87$  MJ/kg de energia bruta. Em relação às características qualitativas, apresenta  $1,54 \pm 1,30$  mg NaOH/g de acidez, ausência de peróxido,  $3,47 \pm 1,45$  mg tmp/kg de TBA,  $0,355 \pm 0,091$  de atividade de água, presença de *Salmonella spp.* em 20% das amostras e  $30,75 \pm 11,02$  mg/100 g de aminas totais.

A farinha de vísceras de aves apresenta elevados coeficientes médios de digestibilidade aparente da matéria orgânica, proteína bruta e da energia bruta, além de alta energia digestível e metabolizável para cães, o que a torna uma adequada fonte proteica em dietas extrusadas para cães adultos.

O método de solubilidade da proteína em pepsina a 0,02% pode ser utilizado para discriminar distintos valores de digestibilidade da proteína entre diferentes farinhas de vísceras de aves.

## Referências

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS (AAFCO). **Official Publication 2009**. Association of American Feed Control Officials, Oxford, 2009.

ANDERSON, J.S.; HIGGS, D.A.; BEAMES, R.M.; ROWSHANDELI, M. Fish meal quality assessment for Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) reared in sea water. **Aquaculture Nutrition**, v.3, p.25-38, 1997.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. Arlington, Virginia: AOAC International, 18.ed., 2005.

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L.; KLEIN, C.H. In vitro solubility of meat and bone meal protein with different pepsin concentrations. **Ciência Rural**, v.30, n.3, p.489-492, 2000.

BIELORAI, R.; IOSIF, B.; NEUMARK, H.; ALUMOT, E. Low nutritional value of feather-meal protein for chicks. **The Journal of Nutrition**, v.112, p.249-254, 1982.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL, São Paulo: Sindirações, 3.ed. 2009.

COSTA, D.P.S.; ROMANELLI, P.F.; TRABUCO, E. Aproveitamento de vísceras não comestíveis de aves para elaboração de farinha de carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.3, p.746-752, 2008.

De-OLIVEIRA, L.D. **Avaliação de fontes proteicas e de tratamentos industriais da farinha de carne e ossos para cães e gatos**. Jaboticabal, SP. FCAV, 2009. 114p. (Tese de Doutorado).

DOZIER, W.A.; DALE, N.M.; DOVE, C.R. Nutrient composition of feed-grade and pet-food-grade poultry by-product meal. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.526-530, 2003.

DUST, J.M.; GRIESHOP, C.M.; PARSONS, C.M.; KARR-LILIENTHAL, L.K.; SHASTEEN, C.S.; QUIGLEY III, J.D.; MERCHEN, N.R.; FAHEY-JR., G.C. Chemical composition, protein quality, palatability, and digestibility of alternative protein sources for dogs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.2414-2422, 2005.

ESCALONA, R.R.; PESTI, G.M.; VAUGHTERS, P.D. Nutritive value of poultry by-product meal. 2. Comparisons of methods of determining protein quality. **Poultry Science**, v.65, p.2268-2280, 1986.

HAN, Y.; PARSONS, C.M. Determination of available amino acids and energy in alfalfa meal, feather meal, and poultry byproduct meal by various methods. **Poultry Science**, v.69, p.1544-1552, 1990.

HEINICKE, H.R.. Factors affecting the palatability of canned and semi-moist petfoods. In.: **Petfood Technology**. 1<sup>st</sup> ed. J.L. Kvamme and T.D. Phillips, ed. Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL. p.183-186, 2003.

JOHNSON, M.L.; PARSONS, C.M.; FAHEY Jr., G.C.; MERCHEN, N.R.; ALDRICH, C.G. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1112-1122, 1998.

KAWAUCHI, I.M.; SAKOMURA, N.K.; VASCONCELLOS, R.S.; De-OLIVEIRA, L.D.; GOMES, M.O.S.; LOUREIRO, B.A.; CARCIOFI, A.C. Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs measured by two different techniques. **Animal Feed Science and Technology**, v.169, p.96-103, 2011.

LATSHAW, J.D. Quality of feather meal as affected by feather processing conditions. **Poultry Science**, v.60, p.953-958, 1990.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTUZ, N.W.; SINGSEN, E.P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. p.3-11.

MORRIS, W.C.; BALLOUN, S.L. Evaluation of five differently processed feather meals by nitrogen retention, net protein values, xanthine dehydrogenase activity and chemical analysis. **Poultry Science**, v.52, p.1075-1084, 1973.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 2006. **Nutrient requirements of dogs and cats**. National Academy Press, Washington, DC, USA.

PIKUL, J.; LESZCZYNSKI, D. E.; KUMMEROW, F. A. Evaluation of tree modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 37,p.1309-1313, 1989.

RAHARJO, S.; SOFOS, J.N. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: A review. **Meat Science**, v.35, p.145-169, 1993.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C. Tabelas **Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186p.

SÁ-FORTES, C.M.L.; CARCIOFI, A.C.; SAKOMURA, N.K.; KAWAUCHI, I.M.; VASCONCELLOS, R.S. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. **Animal Feed Science and Technology**, v.156, p.121-125, 2010.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283 p.

SAS INSTITUTE. **SAS onlinedoc 9.13**. Cary, 2004.

VALE, S.R.; GLORIA, M.B. Determination of biogenic amines in cheese. **Journal of AOAC International**, v.80, n.5, p.1006-1012, 1997.

WOODGATE, S.L. Animal by-product use in foods for companion animals: the European rendering industry – a critical review. 2007. Disponível em: [http://en.engormix.com/MA-pets/articles/animal-byproduct-use-foods\\_427.htm](http://en.engormix.com/MA-pets/articles/animal-byproduct-use-foods_427.htm). Acesso em 09 de junho de 2012.

**Tabela 1.** Composição química (g/kg de produto) de farinhas de vísceras de aves produzidas por oito fabricantes do Estado de São Paulo – Brasil

Fabricante	Lote	Matéria			Colágeno, g/kg PB	Extrato etéreo	Extrato etéreo hidrólise ácida	Cálcio	Fósforo	Ferro, ppm	Energia bruta, MJ/kg
		seca	orgânica	Proteína bruta							
A	1 <sup>1,2</sup>	925,2	848,1	687,2	108,0	110,3	134,3	20,75	16,10	240	21,57
	2	946,6	777,4	704,0		106,7					
B	1	936,1	749,3	591,3		145,1					
	2 <sup>1,2</sup>	918,3	750,6	597,8	94,9	143,8	158,1	27,80	20,70	790	19,74
C	1 <sup>1,2</sup>	942,8	871,3	691,0	105,2	126,8	147,0	23,50	17,30	295	21,76
	1	962,9	806,5	642,0		119,0					
D	2 <sup>1</sup>	963,1	779,1	667,7		124,9		33,10	20,50	335	
	3	954,8	790,4	632,8		148,7					
	4 <sup>1</sup>	954,8	779,2	660,0		132,3		31,60	20,50	390	
	5 <sup>1,2</sup>	942,0	800,8	625,5	118,3	131,1	145,8	34,90	22,80	525	20,90
	1 <sup>1,2</sup>	941,2	767,3	609,1	169,7	95,8	135,5	49,30	31,20	175	19,45
E	1	945,4	808,8	628,8		139,9					
	2	945,1	797,3	614,8		134,7					
	3 <sup>1</sup>	956,8	806,2	596,6		141,6		35,70	22,50	335	
	4 <sup>1,2</sup>	946,7	809,0	577,8	148,8	137,5	161,0	38,80	24,90	630	20,81
	5	937,7	791,5	614,7		136,3					
	6	963,0	801,7	617,9		127,2					
F	1 <sup>1,2</sup>	951,3	785,6	610,4	144,5	127,3	145,7	44,80	28,00	180	20,03
	2	966,7	806,7	647,5		134,3					
	3 <sup>1</sup>	965,5	793,9	620,6		122,2		44,20	28,70	260	
	4	949,5	786,3	643,4		124,5					
	5 <sup>1</sup>	966,5	786,8	636,6		122,9		42,30	25,90	185	

continua...

Amostra		Matéria seca	Matéria orgânica	Proteína bruta	Colágeno, g/kg PB	Extrato etéreo	Extrato etéreo hidrólise ácida	Cálcio	Fósforo	Ferro, ppm	Energia bruta, MJ/kg
Fabricante	Lote										
<b>G</b>	6	957,2	793,3	641,3		126,9		44,80	27,30	225	
	7 <sup>1</sup>	969,4	792,4	610,6		116,3		35,40	23,00	505	21,37
<b>H</b>	1 <sup>1,2</sup>	962,6	838,3	669,6	96,8	90,1	118,2	40,00	25,30	290	
	2 <sup>1</sup>	970,3	798,0	717,7		90,7		36,46	23,65	357	20,70
<b>Média</b>		951,6	796,8	636,8	123,3	125,3	143,2	8,21	4,25	180,69	0,87
<b>Desvio padrão</b>		13,50	26,25	35,74	27,65	15,89	13,79	22,53	17,96	50,57	4,21
<b>Coefficiente de variação</b>		1,42	3,29	5,61	22,42	12,68	9,63	49,30	31,20	790	21,76
<b>Máximo</b>		970,3	871,3	717,7	169,7	148,7	161,0	20,75	16,10	175	19,45
<b>Mínimo</b>		918,3	749,3	577,8	94,9	90,1	118,2				

<sup>1</sup> Amostras avaliadas quanto as características qualitativas das farinhas de vísceras de aves produzidas no Estado de São Paulo – Brasil.

<sup>2</sup> Amostras avaliadas para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e valores de energia digestível e metabolizável das farinhas de vísceras de aves produzidas no Estado de São Paulo – Brasil.

**Tabela 2.** Características qualitativas das farinhas de vísceras de aves produzidas no Estado de São Paulo - Brasil<sup>a</sup> (valores sobre a matéria natural)

<b>Amostra</b>	<b>Acidez, mg NaOH/g</b>	<b>Peróxido, mEq/kg</b>	<b>Atividade de água</b>	<b><i>Salmonella</i> <i>spp.</i></b>	<b>Ácido tiobarbitúrico, mg tmp/kg</b>
<b>A1</b>	1,13	0,00	0,432	ausente	1,82
<b>B2</b>	5,09	0,00	0,498	ausente	1,49
<b>C1</b>	1,51	0,00	0,396	ausente	2,51
<b>D2</b>	0,47	0,00	0,386	ausente	5,47
<b>D4</b>	1,53	0,00	0,450	ausente	3,64
<b>D5</b>	1,66	0,00	0,364	presente	2,72
<b>E1</b>	0,74	0,00	0,417	presente	1,83
<b>F3</b>	1,28	0,00	0,358	ausente	3,69
<b>F4</b>	-	-	-	ausente	2,71
<b>G1</b>	0,82	0,00	0,277	ausente	4,71
<b>G3</b>	1,73	-	0,240	ausente	5,24
<b>G5</b>	1,07	-	0,228	presente	5,24
<b>G7</b>	1,00	-	0,426	ausente	4,78
<b>H1</b>	2,02	0,00	0,218	ausente	1,67
<b>H2</b>	1,55	0,00	0,277	ausente	4,56
<b>Média</b>	1,54	0,00	0,355	-	3,47
<b>Desvio padrão</b>	1,30	-	0,091	-	1,45
<b>Coefficiente de variação</b>	78,09	-	25,61	-	41,75
<b>Máximo</b>	5,09	-	0,498	-	5,47
<b>Mínimo</b>	0,47	-	0,218	-	1,49

<sup>a</sup> Analisado em duplicata.

**Tabela 3.** Concentrações (mg/100g de matéria natural) de putrescina (PUT), cadaverina (CAD), histamina (HIM), tiramina (TIM), serotonina (SRT), agmatina (AGM), espermidina (EPD), feniletilamina (FEM), espermina (EPM), triptamina (TRM) e aminas totais de farinhas de vísceras de aves produzidas no Estado de São Paulo – Brasil

Amostra	PUT	CAD	HIM	TIM	SRT	AGM	EPD	FEM	EPM	TRM	Aminas totais
A1	1,72	0,57	1,40	1,20	nd	nd	11,66	0,42	15,57	nd	32,53
B2	15,61	8,36	1,17	6,84	nd	2,71	4,49	0,22	3,34	0,49	43,21
C1	1,95	1,10	1,18	nd	nd	nd	14,48	0,52	14,78	nd	34,01
D2	7,38	4,58	1,85	5,45	nd	1,95	9,40	0,44	11,44	0,52	43,01
D4	7,95	4,95	1,82	4,61	nd	2,29	9,54	0,24	12,24	0,74	44,38
D5	12,26	7,07	2,00	6,47	nd	4,77	10,10	0,39	10,27	nd	53,33
E1	0,69	0,20	1,00	1,41	nd	nd	8,75	nd	11,03	nd	23,08
F3	1,63	0,58	0,93	nd	nd	nd	10,16	0,22	9,39	nd	22,92
F4	1,62	0,63	0,92	nd	nd	nd	11,58	0,56	9,09	nd	24,41
G1	0,85	0,30	1,02	1,50	nd	nd	7,89	0,16	10,56	nd	22,27
G3	0,95	0,30	0,91	nd	nd	nd	6,41	nd	9,95	nd	18,52
G5	0,90	0,29	0,89	nd	nd	nd	6,17	nd	9,71	nd	17,96
G7	0,99	0,32	0,91	nd	nd	nd	7,71	nd	9,28	nd	19,21
H1	2,58	1,42	1,27	2,77	nd	nd	9,32	0,42	11,53	nd	29,32
H2	4,12	2,59	1,38	3,45	nd	nd	10,45	0,37	10,75	nd	33,10
<b>Média</b>	4,08	2,22	1,24	2,25	-	0,78	9,21	0,26	10,60	0,12	30,75
<b>Desvio padrão</b>	4,64	2,71	0,38	2,52	-	1,46	2,48	0,20	2,75	0,25	11,02
<b>Coefficiente de variação</b>	113,74	122,28	30,27	112,34	-	187,30	26,98	75,58	25,99	211,59	35,85
<b>Máximo</b>	15,61	8,36	2,00	6,84	-	4,77	14,48	0,56	15,57	0,74	53,33
<b>Mínimo</b>	0,69	0,20	0,89	1,20	-	1,95	4,49	0,16	3,34	0,49	17,96

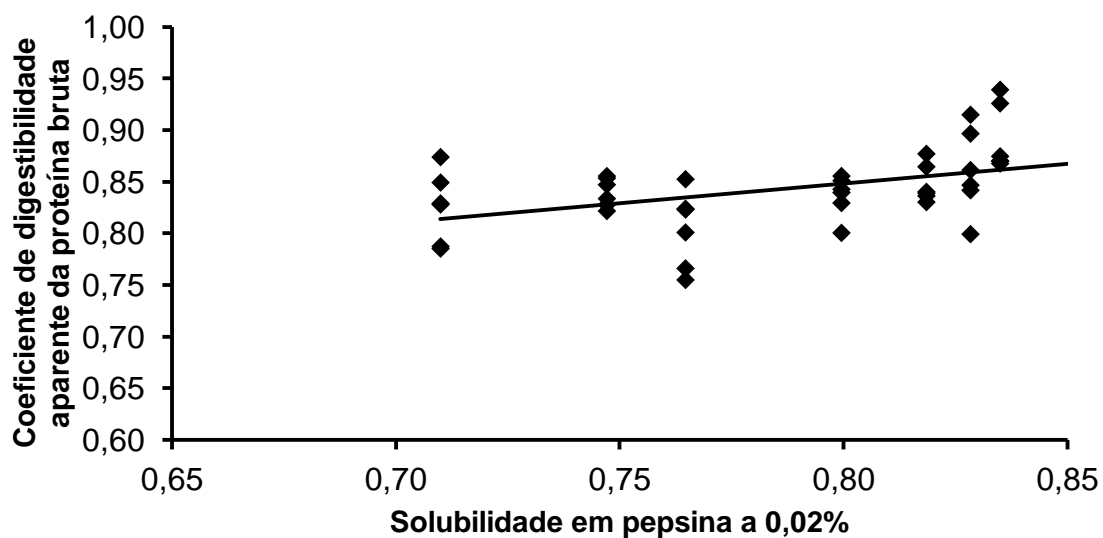
nd: não detectado (< 0,04mg/100g amostra)

**Tabela 4.** Ingestão de nutrientes e de energia bruta (g/dia e MJ/dia, respectivamente, com base na matéria natural), coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, energia digestível e energia metabolizável (ED e EM, MJ/kg, com base na matéria natural) das farinhas de vísceras de aves avaliadas no ensaio de digestibilidade

Variáveis	Farinha de vísceras de aves											Média <sup>1</sup>	EPM <sup>2</sup>	P>F <sup>1</sup>
	A1	B2	C1	D5	E1	F4	G1	H1						
Peso médio, kg	12,4	12,2	12,4	12,1	12,2	12,3	12,5	12,5	12,5	12,3	0,756	0,999		
<b>Ingestão de nutrientes</b>														
Matéria seca	195,7	200,2	199,2	184,0	203,8	202,3	205,9	201,5	199,1	9,120	0,785			
Matéria orgânica	183,4	182,4	187,4	169,2	185,2	185,2	188,3	185,7	183,3	8,409	0,820			
Proteína bruta	79,9	72,7	79,0	68,2	77,0	71,7	76,9	77,7	75,4	3,476	0,241			
Extrato etéreo ácido	20,2	24,9	21,4	19,9	20,7	25,0	26,2	21,1	22,4	1,022	<0,001			
Energia bruta	4,2	4,1	4,2	3,9	4,1	4,2	4,3	4,2	4,2	0,190	0,857			
<b>Coefficientes de digestibilidade aparente</b>														
Matéria seca	0,789	0,744	0,868	0,758	0,721	0,709	0,728	0,746	0,758	0,018	<0,001			
Matéria orgânica	0,832	0,863	0,898	0,852	0,855	0,804	0,838	0,843	0,848	0,017	0,025			
Proteína bruta	0,860	0,826	0,892	0,837	0,861	0,804	0,848	0,840	0,846	0,012	0,005			
Extrato etéreo ácido	0,610	0,903	0,754	0,780	0,793	0,702	0,769	0,692	0,750	0,039	0,005			
Energia bruta	0,833	0,847	0,892	0,855	0,847	0,802	0,847	0,841	0,845	0,015	0,024			
ED (MJ/kg)	19,86	17,66	20,45	18,54	16,67	16,48	17,69	18,13	18,19	0,336	<0,001			
EM (MJ/kg)	17,87	17,33	19,87	17,23	16,48	15,44	16,92	16,52	17,21	0,489	<0,001			

<sup>1</sup>Média aritmética das farinhas de vísceras de aves em estudo e probabilidade associada ao teste F.

<sup>2</sup>Erro padrão da média (n= 6 animais/dieta).



CDAP da FVA =  $0,541 + (0,3833 \cdot \text{Solub. pepsina } 0,02\%)$  ( $P = 0,005$ ;  $R^2 = 0,216$ )

**Figura 1.** Regressão entre valores de solubilidade da proteína da farinha de vísceras de aves em pepsina a 0,02% e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta determinados em ensaio de digestibilidade com cães.

**Tabela 5.** Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta das farinhas de vísceras de aves determinadas em ensaio de digestibilidade e solubilidade da proteína bruta das referidas matérias-primas determinadas por meio de método *in vitro* de solubilidade em pepsina em três concentrações e respectivos coeficientes de correlação de Pearson (r) com os valores obtidos *in vivo*

Variáveis	A1	B2	C1	D5	E1	F4	G1	H1	Média	CV <sup>1</sup>	r para digest. PB	P>F	r para digest. EB	P>F
<b>Digest. PB</b>	0,860	0,826	0,892	0,837	0,861	0,804	0,848	0,840	0,846	3,48				
<b>Digest. EB</b>	0,833	0,847	0,892	0,855	0,847	0,802	0,847	0,841	0,845	4,41				
<b>Solub. pepsina 0,02%</b>	0,828	0,710	0,835	0,800	0,851	0,765	0,819	0,747	0,794	5,85	0,4824	0,005	0,1982	0,177
<b>Solub. pepsina 0,002%</b>	0,680	0,608	0,725	0,663	0,700	0,707	0,651	0,672	0,676	5,13	0,2883	0,047	0,0624	0,673
<b>Solub. pepsina 0,0002%</b>	0,521	0,422	0,615	0,544	0,545	0,513	0,519	0,516	0,524	9,58	0,4701	0,007	0,2929	0,043

<sup>1</sup>Coefficiente de variação das farinhas de vísceras de aves em estudo.

## **CAPÍTULO 4 – Equações de predição da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves para cães**

**RESUMO** – Farinha de carne e ossos (FCO) e farinha de vísceras de aves (FVA) são importantes fontes de proteína em dietas para cães, porém, apresentam grande variabilidade nutricional, o que dificulta a formulação racional de dietas. Objetivou-se estabelecer equações de predição da energia metabolizável (EM) da FCO e da FVA para cães com base em seus respectivos constituintes químicos e na solubilidade da proteína dos alimentos em pepsina. Para tanto, foi considerado conjunto de dados constituído por informações relativas à composição em matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), colágeno, extrato etéreo hidrólise ácida (EEA), cálcio (Ca), fósforo (P) e energia bruta (EB) de oito FCO e de oito FVA, bem como seus respectivos valores de digestibilidade da PB e da EB, a solubilidade da proteína dos alimentos em pepsina e seus teores de EM determinados em ensaio de digestibilidade. O teor de EEA foi o principal preditor da EM dos alimentos, compondo a quase totalidade dos modelos. As equações específicas para FCO ou FVA apresentaram pouco ajuste aos dados, explicando somente 50% da variação nos valores de EM determinados em ensaio de digestibilidade. Equações de predição da EM aplicáveis tanto à FCO como à FVA apresentaram melhor ajuste e foram expressas por (MJ/kg alimento):  $EM_1 = -3,048 + (0,016 * g PB) + (-0,021 * g \text{ colágeno/kg PB}) + (0,027 * g EEA) + (9,309 * \text{Solubilidade em pepsina } 0,02\%)$ ,  $R^2 = 0,898$ ,  $QM_{res.} = 1,149$ ;  $EM_2 = -8,410 + (0,032 * g PB) + (0,032 * g EEA)$ ,  $R^2 = 0,894$ ,  $QM_{res.} = 1,170$ ;  $EM_3 = -4,713 + (0,027 * g PB) + (0,030 * g EEA) + (-0,009 * g Ca)$ ,  $R^2 = 0,895$ ,  $QM_{res.} = 1,166$ . A escolha pelo melhor modelo dependerá das informações disponíveis em cada situação específica.

**Palavras chave:** animais de companhia, modelos matemáticos, subprodutos de origem animal.

## Prediction equations for metabolizable energy of meat and bone meal and poultry by-product meal for dogs

**ABSTRACT** – Meat and bone meal (MBM) and poultry by-product meal (PM) are important protein sources in dog diets, however, have great nutritional variability, which complicates the rational formulation of diets. This study aimed to establish prediction equations for metabolizable energy (ME) of MBM and PM for dogs based on their chemical constituents and protein solubility in pepsin. Therefore, it was considered a data set consists of information on the composition of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), collagen, fat, calcium (Ca), phosphorus (P) and gross energy (GE) of eight MBM and eight PM, as well as their CP and GE digestibility values, the protein solubility in pepsin and theirs ME determined in a digestibility trial. The fat content was the main predictor of feeds ME, composing almost all the models. The specific equations for MBM or PM present little fit to the data, explaining only 50% of the variation in the ME values determined in a digestibility trial. Equations applicable to both MBM as PM present better fit and were expressed by (MJ/kg feed):  $EM_1 = -3.048 + (0.016 * g CP) + (-0.021 * g collagen/kg CP) + (0.027 * g fat) + (9.309 * Protein solubility in pepsin 0.02\%)$ ,  $R^2 = 0.898$ ,  $QMres = 1.149$ ;  $EM_2 = -8.410 + (0.032 * g CP) + (0.032 * g fat)$ ,  $R^2 = 0.894$ ,  $QMres = 1.170$ ;  $EM_3 = -4.713 + (0.027 * g CP) + (0.030 * g fat) + (-0.009 * g calcium)$ ,  $R^2 = 0.895$ ,  $QMres = 1.166$ . Choosing the best model will depend on the information available in each specific situation.

**Keywords:** animal by-products, companion animals, mathematical models.

## 1. Introdução

A experimentação científica, em geral, necessita de condições bastante específicas para que seja possível gerar informações fidedignas. Neste sentido, a realização de um ensaio de digestibilidade para determinar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e a energia metabolizável de um alimento exige instalações e equipamentos apropriados, além da necessidade de animais habilitados, o que dificulta e, de certa forma, limita a realização de tais estudos.

Uma alternativa bastante difundida corresponde à adoção de tabelas e/ou equações de predição. Em geral, tais equações, também denominadas modelos, estimam variáveis de interesse, como valores de energia e de digestibilidade dos nutrientes dos alimentos em função de suas características físicas e químicas. Além da praticidade que oferecem, podem aumentar a precisão no processo de formulação de dietas, por possibilitar correções na matriz de composição dos alimentos, proporcionando, por conseguinte, informações mais precisas, em especial, quando considerados alimentos que apresentam grande variabilidade em sua composição química.

A farinha de carne e ossos e a farinha de vísceras de aves, embora representem a base da formulação de alimentos industrializados para cães e gatos, apresentam grande variabilidade em suas respectivas composições químicas e, conseqüentemente, em seus valores de digestibilidade e de energia metabolizável (JOHNSON et al., 1998; HENDRIKS et al., 2002; DOZIER et al., 2003). Logo, o estabelecimento de equações de predição capazes de estimar tais atributos facilitaria e tornaria mais eficiente o processo de formulação de dietas para cães e gatos.

Para Sakomura e Rostagno (2007) o uso de equações é de extrema importância para a indústria de rações, não somente por estimar o valor energético dos alimentos, mas também por possibilitar ajustes necessários de acordo com a variação na composição dos ingredientes, principalmente com relação ao teor de proteína, gordura e fibra. Assim, as equações de predição da energia permitem maximizar a utilização dos dados de composição obtidos mediante análises laboratoriais de rotina.

Modelos de predição da energia metabolizável de ingredientes comumente utilizados pela indústria são ferramentas bastante usuais na formulação de alimentos para animais de produção, em especial aves e suínos. No caso das indústrias de alimentos para animais de companhia, a escassez de informações, principalmente, aquelas relacionadas à determinação do valor nutricional de ingredientes e não de dietas, dificulta a construção de modelos. Uma alternativa aos ensaios de digestibilidade e que poderia complementar informações referentes à composição dos ingredientes são as avaliações *in vitro* e, no caso de fontes proteicas, a solubilidade em pepsina é uma das mais usuais.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi estabelecer equações para predição da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves para cães, com base em seus respectivos constituintes químicos e na solubilidade da proteína dos alimentos em pepsina.

## **2. Material e métodos**

### *2.1 Conjunto de dados para estimativa das equações de predição da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves*

Determinou-se a composição em matéria seca (método 934.01), matéria mineral (método 942.05), proteína bruta (método 954.01), colágeno na proteína (método 990.26), extrato etéreo hidrólise ácida (método 954.02), cálcio, fósforo e energia bruta de oito farinhas de carne e ossos (FCO) e de oito farinhas de vísceras de aves (FVA) por meio de procedimentos e metodologias recomendadas pela AOAC (2005) e descritas em capítulos precedentes da presente tese.

Os alimentos foram avaliados, também, em ensaio de digestibilidade para determinar seus respectivos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína (CDAP) e da energia (CDAE), assim como seus valores de energia metabolizável (EM) para cães por meio do método de substituição (Tabela 1), conforme descrito em capítulos precedentes da presente tese. Em tais estudos determinou-se, também, a solubilidade da proteína da FCO e da FVA em pepsina nas concentrações de 0,02%, 0,002% e 0,0002% de enzima e verificou-se que para FCO o teor que apresentou maior correlação com a digestibilidade da proteína foi 0,0002% e para FVA, 0,02%.

Entretanto, quando avaliada a correlação entre distintas concentrações de pepsina e a digestibilidade da energia da FVA, verificou-se que somente o teor de 0,0002% apresentou correlação significativa ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,293$ ). Já a análise conjunta da FCO e FVA indicou que a concentração de 0,02% de pepsina foi a que apresentou maior correlação ( $P < 0,05$ ;  $r = -0,3379$ ) com os valores de digestibilidade da proteína dos alimentos determinados em ensaio de digestibilidade com cães.

## 2.2 Estimativa das equações de predição

A partir de tais observações foram estabelecidas equações de predição da EM da FCO e da FVA, estimadas com base em seus respectivos constituintes químicos e na solubilidade em pepsina na concentração de enzima que apresentou maior correlação com os resultados obtidos em ensaio de digestibilidade com cães, conforme mencionado anteriormente. Com objetivo de padronizar a composição química dos ingredientes em estudo para o mesmo teor de matéria seca e, com isto, evitar a ocorrência de possíveis erros relacionados aos distintos teores de umidade dos alimentos, procedeu-se à correção de seus constituintes nutritivos e de sua energia em uma base comum de 920 g de matéria seca (Tabela 1), conforme proposto por Dale et al. (1993).

Foi localizado na literatura somente um estudo que determinou a digestibilidade dos nutrientes e EM da FCO para cães (SÁ-FORTES, 2005) e dois que apresentaram tais informações pertinentes à FVA (SÁ-FORTES, 2005; de-OLIVEIRA, 2009). Em tais estudos, entretanto, os alimentos não foram avaliados por meio de metodologia *in vitro* de solubilidade da proteína em pepsina e, tampouco, foi determinada a composição destes em colágeno. Assim sendo, optou-se por estabelecer as equações de predição com base em observações obtidas na presente tese, excluindo-se as escassas informações apresentadas na literatura até o momento.

## 2.3 Análises estatísticas

Utilizou-se o programa SAS (2004) e foi considerado nível de significância de 5% na análise de regressão linear múltipla para obter equações de predição da EM da FCO e da FVA, sendo adotado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i$$

Onde:

$Y_i$  = EM da *i*-ésima farinha

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_k$  = parâmetros da regressão

$X_{i1}, X_{i2}, X_{ik}$  = teores de matéria orgânica, proteína bruta, colágeno na proteína, extrato etéreo hidrólise ácida, cálcio, fósforo, energia bruta e solubilidade da proteína em pepsina da *i*-ésima farinha

$\varepsilon_i$  = erro aleatório, o qual foi independente e seguiu distribuição normal com média zero e variância desconhecida  $\sigma^2$ .

Para seleção dos modelos, adotou-se o critério de AIC (Akaike Information Criterion) e o ajuste destes foi avaliado por meio do coeficiente de determinação ( $R^2 = \text{SQ Modelo} / \text{SQ Total}$ ) e pelo quadrado médio do resíduo (QMres.).

As equações de predição foram estabelecidas individualmente, por alimento, e, posteriormente, as informações pertinentes a cada ingrediente foram compiladas e avaliadas em conjunto, o que permitiu dobrar o número de observações e definir equações gerais, aplicáveis tanto à FCO como à FVA.

#### *2.4 Estimativa da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves com base na adaptação do sistema de equações do NRC (2006)*

O NRC (2006) apresenta um sistema de equações constituído por quatro procedimentos para estimativa da EM de alimentos completos e balanceados para cães. Tal sistema de equações objetiva determinar o conteúdo de energia bruta do alimento em bomba calorimétrica ou estimá-lo, atribuindo-se densidades energéticas específicas para carboidratos, gordura e proteína e, com base no teor de fibra bruta, estima-se a digestibilidade da energia. A partir de tais informações, calcula-se a energia digestível do alimento e, após correção de perdas de energia pela urina, estima-se o conteúdo de EM.

Com base no sistema de equações descrito, foram feitas adaptações com intuito de utilizá-lo para estimar a EM da FCO e da FVA para cães. Neste sentido, como tal sistema aplica-se a alimentos completos e balanceados, foram feitos ajustes com objetivo de direcionar a utilização das equações ao estudo de ingredientes de origem animal. Assim, para estimativa da energia bruta, considerou-

se que tais matérias-primas são isentas de carboidratos, tanto de origem amilácea como estrutural. Além disso, para cálculo da digestibilidade da energia dos ingredientes, procedeu-se à análise de regressão entre os CDE determinados em ensaio de digestibilidade e a solubilidade em pepsina na concentração de enzima que apresentou maior correlação com os achados *in vivo*.

Para cálculo da EM a partir da energia digestível, o NRC (2006) atribui perda pela urina de 1,25 kcal por grama de proteína digestível ingerida. Portanto, procedeu-se à correção deste fator para que fosse possível estimar a perda de energia pela urina com base no teor de proteína bruta dos alimentos em estudo e seus respectivos coeficientes de digestibilidade aparente, estimados por meio de equações de regressão linear simples apresentadas em capítulos precedentes da presente tese.

### **3. Resultados**

#### *3.1 Equações de predição da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves com base em seus constituintes químicos e no coeficiente de solubilidade da proteína em pepsina*

Ao considerar o conjunto de dados pertinentes a FCO e a FVA de forma individual, observou-se pouco ajuste dos modelos ( $R^2 < 0,50$ ), porém, quando foram estabelecidas equações gerais, aplicáveis tanto a FCO como a FVA, verificou-se que considerável proporção da variância apresentada pela EM determinada em ensaio de digestibilidade pôde ser explicada pelo conhecimento da variação dos constituintes químicos e da solubilidade em pepsina dos alimentos.

A predição da EM da FCO pôde ser realizada por modelos constituídos por somente um ou no máximo dois parâmetros, o que não ocorreu com a estimativa da EM da FVA, que necessitou de quatro a cinco variáveis independentes. Já quando da análise conjunta de FCO e FVA, os modelos foram compostos por dois a quatro parâmetros.

O teor de gordura foi importante preditor da EM dos alimentos, compondo a quase totalidade dos modelos. O inverso se passou com a concentração de fósforo.

### 3.2 Sistema de equações adaptado do NRC (2006) para estimativa da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves

Ajustou-se o sistema de equações do NRC (2006) para que este fosse capaz de estimar a EM da FCO e da FVA de forma individual e em conjunto. Nos procedimentos 2 e 4a são apresentadas as respectivas equações para cálculo do coeficiente de digestibilidade da energia e da proteína da FCO e da FVA de forma individual, por alimento, e quando da análise conjunta das informações pertinentes aos dois ingredientes em estudo. Nos demais procedimentos não houve necessidade de distinção entre alimentos, sendo as equações aplicáveis à FCO e/ou à FVA.

*Procedimento 1: determinação da EB do alimento em bomba calorimétrica ou cálculo desta por meio da equação,*

$$EB \text{ (kcal/g)} = (5,7 \times \text{g proteína}) + (9,4 \times \text{g gordura})$$

*Procedimento 2: cálculo do coeficiente de digestibilidade da energia (CDE) com base na solubilidade da proteína do(s) alimento(s) em pepsina,*

$$\text{CDE da FCO} = 0,644 + (0,2464 \times \text{Solub. pepsina } 0,0002\%), \text{ P} = 0,012, \text{ R}^2 = 0,111$$

$$\text{CDE da FVA} = 0,719 + (0,2420 \times \text{Solub. pepsina } 0,0002\%), \text{ P} = 0,043, \text{ R}^2 = 0,066$$

$$\text{CDE da FCO e da FVA} = 1,052 + (-0,2895 \times \text{Solub. pepsina } 0,02\%), \text{ P} = 0,003, \text{ R}^2 = 0,083$$

*Procedimento 3: cálculo da energia digestível (ED) com base na energia bruta e no CDE,*

$$ED \text{ (kcal/g)} = EB \times CDE$$

*Procedimento 4: cálculo da EM com base na ED e no fator de correção de perda de energia pela urina (FC),*

*Procedimento 4a: cálculo do coeficiente de digestibilidade da proteína (CDP),*

$$\text{CDP da FCO} = 0,617 + (0,2644 \times \text{Solub. pepsina } 0,0002\%), \text{ P} = 0,008, \text{ R}^2 = 0,126$$

$$\text{CDP da FVA} = 0,666 + (0,3427 \times \text{Solub. pepsina } 0,0002\%), \text{ P} = 0,007, \text{ R}^2 = 0,204$$

$$\text{CDP da FCO e da FVA} = 1,094 + (-0,3499 \times \text{Solub. pepsina } 0,02\%), \text{ P} = 0,008, \text{ R}^2 = 0,105$$

*Procedimento 4b: cálculo do fator de correção (FC) para perda de energia pela urina*

$$FC = 1,25 * CDP$$

*Procedimento 4c: cálculo da energia metabolizável da farinha (EM),*

$$EM \text{ (kcal/g)} = ED - (FC \times g \text{ proteína bruta})$$

Torna-se importante esclarecer que tanto o CDE como CDP da FVA foi estimado com base na solubilidade da proteína do alimento na concentração de 0,0002% de pepsina, diferentemente da análise de regressão linear múltipla, a qual estimou a EM da FVA com base na solubilidade em pepsina a 0,02%. Tal fato ocorreu pois o teor de 0,0002% de pepsina foi o único que apresentou correlação com os valores de digestibilidade aparente da energia e, para fim de padronização, foi utilizada tal concentração em todos os procedimentos de cálculos referentes à estimativa da EM da FVA por meio da adaptação do sistema de equações do NRC (2006). Já na análise de regressão linear múltipla a correlação entre os resultados obtidos em ensaio *in vivo* e *in vitro* baseou-se unicamente nos valores de digestibilidade da proteína determinados em ensaio com cães, não considerando informações pertinentes ao aproveitamento da energia.

No NRC (2006), ao contrário do presente estudo, o conteúdo de energia dos alimentos é expresso em quilocalorias, porém, a conversão de unidades pode ser facilmente realizada considerando-se que uma quilocaloria (1 kcal) equivale a 4,184 megajoules (MJ). Na adaptação do sistema de equações do NRC (2006) optou-se por manter a unidade de teor de energia conforme publicação original para que as alterações realizadas pudessem ser claramente detectadas, evitando-se adaptações que pudessem causar equívocos na interpretação do sistema e/ou ofuscar a relevância de modificações que se fizeram, de fato, necessárias.

### *3.3 Estimativa da energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves por meio de equações de predição e pelo sistema de equações adaptado do NRC (2006)*

As estimativas da EM da FCO e da FVA por meio dos respectivos modelos, com exceção do sistema de equações adaptado do NRC (2006), proporcionaram densidades energéticas médias similares ao verificado em ensaio de digestibilidade

com cães, apesar do baixo coeficiente de determinação dos modelos (Tabelas 3 e 4). Entretanto, verificou-se também que as equações de predição tanto podem subestimar como superestimar a EM da FCO e da FVA, sem que tenha sido possível estabelecer um teor de energia a partir do qual observaram-se de forma sistemática tais imperfeições. Novamente, a exceção aplicou-se ao sistema de equações adaptado do NRC (2006), o qual resultou em teores de EM de 3,23% a 12,43% superiores aos determinados para FCO e de 1,40% a 16,00% inferiores aos observados para FVA em ensaio *in vivo*.

De forma similar ao verificado quando da análise individual dos alimentos, os modelos para prever a EM tanto da FCO como da FVA retornaram valores superiores como, também, inferiores de energia, apesar de haver maior incidência de resultados superestimados para FCO e subestimados para FVA (Tabela 5, Figura 1).

#### **4. Discussão**

Uma das funções primordiais da ingestão de alimentos é o provimento de energia, portanto, o conhecimento do valor energético dos ingredientes que irão compor a dieta é de extrema relevância no processo de formulação. Isto se torna particularmente importante se considerar que ao contrário do que se observa em relação aos nutrientes, para os quais existe certa flexibilidade, o intervalo de tolerância a erros na determinação dos valores de energia da dieta é baixo, uma vez que super ou subestimativas conduzem, respectivamente, ao ganho ou perda excessiva de peso (YAMKA et al., 2007).

Segundo Yamka et al. (2007) estudos têm avaliado e considerado os potenciais efeitos da fibra sobre o aproveitamento do alimento como forma de melhorar a acurácia na estimativa dos valores de EM de dietas para cães. Entretanto, para os autores é importante considerar que a fração de fibra bruta presente na maior parte dos alimentos comerciais para cães corresponde a apenas, aproximadamente, 30 a 50 g/kg da dieta. Por outro lado, a proteína pode representar de 200 a 300 g/kg da matéria seca do alimento o que faz com que contribua de forma expressiva na concentração total de energia da dieta e apresente grande impacto na predição de sua EM.

Entretanto, quando se estuda o valor energético de ingredientes e não de dietas, torna-se importante considerar que a inclusão de fontes proteicas de origem animal, em geral, é acompanhada da adição de gordura e de matéria mineral. A gordura é o nutriente dietético que possui maior capacidade de elevar a densidade energética do alimento, o que justifica integrar grande parte das equações de predição da EM tanto da FCO como da FVA.

Por outro lado, destaca-se que FCO e FVA apesar de integrarem a mesma categoria de ingredientes, ou seja, fontes proteicas de origem animal, são alimentos distintos, com particularidades resultantes dos respectivos materiais a partir dos quais foram obtidos, bem como dos processos de produção a que foram submetidos. Assim, espera-se que a predição do aproveitamento energético da FCO e da FVA com base em seus respectivos constituintes nutritivos reflita o grau de relevância de cada nutriente para cada ingrediente.

Assim, as equações específicas para FCO ou FVA foram capazes de estimar valores médios de EM dos alimentos bastante similares à média determinada em ensaio de digestibilidade. Entretanto, tais modelos foram capazes de explicar somente 50% da variação no aproveitamento energético dos alimentos com base no conjunto de dados utilizado. Possivelmente, tal limitação seja consequência do reduzido número de observações, uma vez que foram consideradas oito farinhas de cada tipo. Em geral, estudos similares com animais monogástricos utilizam informações apresentadas na literatura como forma de ampliar o conjunto de dados a partir do qual são estabelecidas as equações (SOLEIMANI ROUDI et al., 2012; SILVA et al., 2010; SALES, 2009). Todavia, a escassez de informações em relação à avaliação de ingredientes e não de dietas na alimentação de cães impossibilitou a adoção de tal recurso.

Observou-se que a análise conjunta das informações relativas à FCO e à FVA possibilitou dobrar o número de observações e, como consequência, repercutiu de forma positiva sobre os coeficientes de determinação dos modelos, os quais aumentaram sobremaneira em relação aos valores verificados quando da análise individual dos alimentos em estudo. Neste contexto, o  $R^2$  médio de 0,89 atribuiu maior confiabilidade e credibilidade às equações para predição da EM da FCO e da FVA.

Os modelos aplicáveis tanto à FCO como FVA foram constituídos por dois a quatro parâmetros. Verificou-se, portanto, que mais de um modelo foi capaz de se adaptar aos valores de EM determinados em ensaio de digestibilidade e, portanto, a questão primordial passou a ser a escolha do melhor modelo. Muitos métodos já foram desenvolvidos para tal finalidade, os quais consideram basicamente dois critérios gerais de avaliação: 1) o ajustamento da função aos dados; 2) e o afastamento dos dados com relação ao modelo. A forma mais simples de escolha de modelos baseia-se, portanto, no uso do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da equação, o qual estima o ajustamento, e no quadrado médio dos resíduos (QMres.) que estima o afastamento (FLORIANO et al., 2006).

No presente estudo, porém, as diferenças nos  $R^2$  e no QMres. entre equações foram mínimas, indicando que para escolha do melhor modelo é imprescindível considerar as informações disponíveis em cada caso. Ademais, a qualidade de um modelo também depende de sua interpretabilidade, de sua consistência com outros e de sua plausibilidade global. Isso implica em julgamentos inerentemente subjetivos, porém não menos importantes (FLORIANO et al., 2006).

Em relação à plausibilidade e interpretabilidade dos modelos, observou-se que todos foram coerentes e bem fundamentados, uma vez que consideraram que teores de colágeno e de cálcio estão negativamente relacionados com o valor energético dos alimentos, ao contrário de proteína, gordura e solubilidade em pepsina. O colágeno é caracterizado por apresentar desbalanço aminoacídico, sendo deficiente em triptofano, isoleucina e em aminoácidos sulfurados, como metionina e cistina (WANG et al., 1997), além de ser pobremente digerido (RAVINDRAN et al., 2002). Em relação ao cálcio, sabe-se que quando se trata de subprodutos de origem animal, este é proveniente da estrutura óssea presente nos materiais utilizados para produção das farinhas e que tal fração além de não agregar energia, pode prejudicar o aproveitamento de nutrientes.

Não foi possível avaliar a consistência dos modelos obtidos no presente estudo em relação a outros apresentados na literatura, pois embora a estimativa do valor energético de alimentos por meio de equações de predição seja uma ferramenta bastante usual na nutrição de animais de produção, o mesmo não se observa para animais de companhia. Portanto, é possível que as equações de

predição obtidas na presente pesquisa não sejam integralmente precisas e acuradas para o universo das FCO e FVA, porém, seguramente representam ponto de partida relevante na avaliação de alimentos para cães.

Ainda em relação à interpretabilidade é possível que do ponto de vista biológico a adaptação do sistema de equações do NRC (2006) apresente certa vantagem em relação à estimativa da EM dos alimentos com base unicamente em seus constituintes nutritivos, ou seja, em modelos empíricos. Isto porque no sistema de equações do NRC (2006), ademais da composição dos alimentos, considera-se uma estimativa da digestibilidade da energia e os desdobramentos de tal medida. Tal fato estreita a relação entre o sistema de equações e o animal, facilitando a interpretação dos valores obtidos, já que, conceitualmente, modelos representam tentativas de descrição matemática de eventos naturais ou biológicos.

Entretanto, a adaptação do sistema de equações do NRC (2006) proporcionou valores, sistematicamente, superestimados para FCO e subestimados para FVA, principalmente quando da análise conjunta dos dados. Possivelmente, tal falha seja consequência da falta de acurácia da medida de solubilidade em pepsina em estimar a digestibilidade da proteína e da energia dos alimentos, conforme verificado em capítulos precedentes da presente tese. Em tais estudos, observou-se que a solubilidade em pepsina representa uma forma de avaliação qualitativa e não quantitativa das farinhas. Portanto, permite discernir e categorizar de forma eficiente FCO e FVA com distintos coeficientes de digestibilidade, porém, não é capaz de mensurar com precisão e acurácia a magnitude de tal aproveitamento.

Observou-se portanto, que apesar da adaptação do sistema de equações do NRC (2006) aproximar-se de uma interpretação biológica do aproveitamento energético da FCO e da FVA, as alterações realizadas em tal sistema fizeram com que este apresentasse falha sistemática na predição da EM. Por outro lado, as equações baseadas nos constituintes nutritivos e na solubilidade da proteína dos alimentos em pepsina foram de certa forma eficientes em estimar a EM da FCO e da FVA, principalmente, quando considerada análise conjunta dos dados.

## 5. Conclusões

Os valores de energia metabolizável em MJ/kg de farinha de carne e ossos e de farinha de vísceras de aves para cães podem ser estimados pelas equações:  $EM_1 = -3,048 + (0,016 * g PB) + (-0,021 * g \text{ colágeno/kg PB}) + (0,027 * g EEA) + (9,309 * \text{Solubilidade em pepsina } 0,02\%)$ ,  $R^2 = 0,898$ ,  $QM_{res.} = 1,149$ ;  $EM_2 = -8,410 + (0,032 * g PB) + (0,032 * g EEA)$ ,  $R^2 = 0,894$ ,  $QM_{res.} = 1,170$ ;  $EM_3 = -4,713 + (0,027 * g PB) + (0,030 * g EEA) + (-0,009 * g Ca)$ ,  $R^2 = 0,895$ ,  $QM_{res.} = 1,166$ .

A opção pelo melhor modelo dependerá das informações disponíveis em cada situação específica.

## Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. Arlington, Virginia: AOAC International, 18.ed., 2005.

DALE, N.; FANCHER, B.; ZUMBADO, M.; VILLACRES, A. Metabolizable energy content of poultry offal meal. **Journal Applied Poultry Research**, v.2, n.1, p.40-42, 1993.

De-OLIVEIRA, L.D. **Avaliação de fontes proteicas e de tratamentos industriais da farinha de carne e ossos para cães e gatos**. Jaboticabal, SP. FCAV, 2009. 114p. (Tese de Doutorado).

DOZIER, W.A.; DALE, N.M.; DOVE, C.R. Nutrient composition of feed-grade and pet-food-grade poultry by-product meal. **Journal of Applied Poultry Research**, v.12, p.526-530, 2003.

FLORIANO, E.P.; MULLER, I.; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R. Ajuste e seleção de modelos tradicionais para série temporal de dados de altura de árvores. **Ciência Florestal**, v.16, n.2, p.177-199, 2006.

HENDRIKS, W.H.; BUTTS, C.A.; THOMAS, D.V.; JAMES, K.A.C.; MOREL, P.C.A.; VERSTEGEN, M.W.A. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.15, n.10, p.1507-1516, 2002.

JOHNSON, M.L.; PARSONS, C.M.; FAHEY Jr., G.C.; MERCHEN, N.R.; ALDRICH, C.G. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. **Journal of Animal Science**, v.76, p.1112-1122, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 2006. **Nutrient requirements of dogs and cats**. National Academy Press, Washington, DC, USA.

RAVINDRAN, V.; HENDRIKS, W.H.; CAMDEN, B.J.; THOMAS, D.V.; MOREL, P.C.H.; BUTTS, C.A. Amino acid digestibility of meat and bone meals for broiler chickens. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.53, n.11, p.1257-1264, 2002.

SÁ-FORTES, C.M.L. **Valor nutricional de ingredientes energéticos e protéicos para cães**. Jaboticabal, SP. FCAV, 2005. 74p. (Tese de Doutorado).

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283 p.

SALES, J. Prediction of digestible energy content across feed ingredients and fish species by linear regression. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.35, p.551-565, 2009.

SAS INSTITUTE. **SAS onlinedoc 9.13**. Cary, 2004.

SILVA, E.P.; RABELLO, C.B.V.; ALBINO, L.F.T.; LUDKE, J.V.; LIMA, M.B.; DUTRA-JUNIOR, W.M. Prediction of metabolizable energy values in poultry offal meal for broiler chickens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2237-2245, 2010.

SOLEIMANI ROUDI, P.; GOLIAN, A.; SEDGHI, M. Metabolizable energy and digestible amino acid prediction of wheat using mathematical models. **Poultry Science**, v.91, p.2055-2062, 2012.

WANG, X.; CASTANON, F.; PARSONS, C.M. Order of amino acid limitation in meat and bone meal. **Poultry Science**, v.76, p.54-58, 1997.

YAMKA, R.M.; McLEOD, K.R.; HARMON, D.L.; FREETLY, H.C.; SHOENHERR, W.D. The impact of dietary protein source on observed and predicted metabolizable energy of dry extruded dog foods. **Journal of Animal Science**, v.85, p.204-212, 2007.

**Tabela 1.** Composição química analisada (g/kg e energia bruta em MJ/kg de alimento), coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia, solubilidade da proteína em pepsina e valores de energia metabolizável (MJ/kg de alimento) da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves para cães<sup>1</sup>

Alimento	Matéria orgânica	Proteína bruta	Colágeno (g/920 g PB)	Extrato etéreo ácido	Cálcio	Fósforo	Energia bruta	Digestib. da proteína	Digestib. da energia	Solub. em pepsina 0,02%	Solub. em pepsina 0,0002%	Energia metabolizável
<b>Farinha de carne e ossos</b>												
A4	492,6	417,5	294,9	112,1	153,3	75,4	12,43	0,740	0,755	0,794	0,416	8,12
A5	488,1	394,1	350,1	102,3	146,1	72,0	12,16	0,759	0,753	0,875	0,534	7,75
B2	603,5	456,6	261,7	165,6	131,3	59,8	16,07	0,749	0,774	0,822	0,551	11,38
C1	594,4	450,5	285,5	135,7	96,9	55,7	14,34	0,772	0,782	0,853	0,540	9,86
C2	590,5	469,3	271,4	134,2	151,4	56,2	15,47	0,753	0,787	0,875	0,576	10,18
D6	540,7	439,9	280,5	129,7	142,5	60,2	14,19	0,789	0,798	0,893	0,622	9,68
F1	562,7	459,4	294,5	118,4	135,6	58,7	13,93	0,793	0,804	0,864	0,614	9,54
G2	500,7	399,9	333,2	104,1	156,3	69,1	12,13	0,723	0,763	0,938	0,520	8,35
<b>Média</b>	546,6	435,9	296,5	125,3	139,2	63,4	13,84	0,760	0,777	0,864	0,547	9,36
<b>CV<sup>2</sup></b>	8,32	6,19	9,67	15,70	12,99	11,37	10,24	5,21	5,36	5,07	11,78	12,94
<b>Farinha de vísceras de aves</b>												
A1	843,3	683,3	107,4	133,5	20,6	16,0	21,45	0,860	0,833	0,828	0,521	16,44
B2	752,0	598,9	95,1	158,4	27,9	20,7	19,78	0,826	0,847	0,710	0,422	15,94
C1	850,2	674,3	102,6	143,5	22,9	16,9	21,23	0,892	0,892	0,835	0,615	18,28
D5	782,1	610,9	115,6	142,4	34,1	22,3	20,41	0,837	0,855	0,800	0,544	15,85
E1	750,0	595,4	165,9	132,5	48,2	30,5	19,01	0,861	0,847	0,851	0,545	15,16
F4	786,2	561,5	144,6	156,4	37,7	24,2	20,23	0,804	0,802	0,765	0,513	14,20
G1	759,8	590,3	139,8	140,9	43,3	27,1	19,37	0,848	0,847	0,819	0,519	15,57
H1	801,2	639,9	92,5	112,9	33,8	22,0	20,43	0,840	0,841	0,747	0,516	15,20
<b>Média</b>	790,6	619,3	120,4	140,1	33,6	22,5	20,24	0,846	0,845	0,794	0,524	15,83
<b>CV<sup>2</sup></b>	4,66	6,52	20,88	9,74	26,92	20,43	3,95	3,48	4,41	6,18	10,13	7,53

<sup>1</sup>Considerando alimento com 920 gramas de matéria seca por quilograma do mesmo.

<sup>2</sup>Coefficiente de variação.

**Tabela 2.** Equações de regressão linear múltipla para prever a energia metabolizável (MJ/kg de alimento) da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves em função dos constituintes químicos dos alimentos (g/kg de alimento) e do coeficiente de solubilidade da proteína em pepsina<sup>1</sup>

Modelo	Intercepto	Matéria orgânica	Proteína bruta	Colágeno (g/kg de proteína)	Constituintes químicos				Solub. em pepsina <sup>2</sup>	AIC	R <sup>2</sup>
					Extrato etéreo hidrólise ácida	Cálcio	Fósforo	Energia bruta			
<b>Farinha de carne e ossos</b>											
1	-1,529							0,787		11,992	0,497
2	0,461				0,051				4,480	13,104	0,495
3	-0,922	0,011			0,033					13,245	0,494
<b>Farinha de vísceras de aves</b>											
4	-45,621		0,067	-0,036	0,117	0,241				12,090	0,494
5	10,942	0,033		-0,064	0,047			-1,939	24,065	13,593	0,487
6	5,141			-0,063	0,039			-0,511	29,190	14,486	0,468
<b>Farinha de carne e ossos e farinha de vísceras de aves</b>											
7	-3,048		0,016	-0,021	0,027				9,309	31,497	0,898
8	-8,410		0,032		0,032					33,165	0,894
9	-4,713		0,027		0,030	-0,009				33,434	0,895

<sup>1</sup>Considerando alimento com 920 gramas de matéria seca por quilograma do mesmo.

<sup>2</sup>Solubilidade em pepsina a 0,0002% para farinha de carne e ossos e a 0,02% para farinha de vísceras de aves e para farinha de carne e ossos e de vísceras de aves avaliadas em conjunto.

**Tabela 3.** Energia metabolizável aparente (EM, MJ/kg de alimento) da farinha de carne e ossos (FCO) para cães determinada em ensaio de digestibilidade e estimada por meio de equações de predição em função dos constituintes químicos do alimento (g/kg de alimento) e da solubilidade da proteína em pepsina a 0,0002% e por meio do sistema de equações adaptado do NRC (2006)

		AIC= 11,992		R <sup>2</sup> = 0,497		QMres.= 1,110			
		AIC= 13,104		R <sup>2</sup> = 0,495		QMres.= 1,112			
		AIC= 13,245		R <sup>2</sup> = 0,494		QMres.= 1,114			
		EM <sub>4</sub> <sup>b</sup> = adaptado NRC (2006)							
FCO	EM <sup>a</sup>	EM <sub>1</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>3</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>4</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito
A4	8,12	8,25	-0,129	8,10	0,025	8,32	-0,196	9,14	1,025
A5	7,75	8,04	-0,287	8,12	-0,369	7,94	-0,190	8,85	1,101
B2	11,38	11,11	0,267	11,45	-0,074	11,33	0,045	11,76	0,379
C1	9,86	9,75	0,108	9,87	-0,005	10,24	-0,380	10,71	0,853
C2	10,18	10,64	-0,461	9,95	0,230	10,15	0,034	11,06	0,886
D6	9,68	9,63	0,046	9,92	-0,244	9,44	0,241	10,64	0,959
F1	9,54	9,43	0,111	9,31	0,233	9,31	0,230	10,55	1,008
G2	8,35	8,01	0,337	8,15	0,201	8,14	0,209	8,95	0,602
<b>Média</b>	9,36	9,36	-	9,36	-	9,36	-	10,21	-

<sup>a</sup>Energia metabolizável aparente da farinha de carne e ossos determinada em ensaio de digestibilidade com cães.

<sup>b</sup>Estimativas da energia metabolizável aparente da farinha de carne e ossos por meio de equações de predição.

<sup>c</sup>EB= energia bruta; EEA= extrato etéreo hidrólise ácida; Solub. pepsina 0,0002%= coeficiente de solubilidade da proteína da farinha de carne e ossos em pepsina a 0,0002%; MO= matéria orgânica.

**Tabela 4.** Energia metabolizável aparente (EM, MJ/kg de alimento) da farinha de vísceras de aves (FVA) para cães determinada em ensaio de digestibilidade e estimada por meio de equações de predição em função dos constituintes químicos do alimento (g/kg de alimento) e da solubilidade da proteína em pepsina a 0,02% e por meio do sistema de equações adaptado do NRC (2006)

FVA	EM <sup>a</sup>	EM <sub>1</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>3</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>4</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito
A1	16,44	16,68	-0,243	16,56	-0,122	16,76	-0,323	15,19	-1,256
B2	15,94	16,16	-0,216	15,90	0,036	15,91	0,025	14,30	-1,645
C1	18,28	17,98	0,304	18,16	0,116	17,77	0,509	15,75	-2,523
D5	15,85	15,85	0,003	15,78	0,074	16,31	-0,457	14,43	-1,423
E1	15,16	15,24	-0,084	14,97	0,192	14,96	0,201	13,85	-1,304
F4	14,20	14,00	0,197	14,22	-0,020	14,09	0,105	14,00	-0,201
G1	15,57	15,64	-0,073	15,89	-0,322	15,81	-0,241	13,96	-1,606
H1	15,20	15,10	0,095	15,18	0,017	15,06	0,142	13,80	-1,397
<b>Média</b>	15,83	15,83	-	15,83	-	15,83	-	14,41	-

$$EM_{1,b} = -45,621 + (0,067 \cdot PB^{\circ}) + (-0,036 \cdot Colágeno^{\circ}) + (0,117 \cdot EEA^{\circ}) + (0,241 \cdot Ca^{\circ}) \quad AIC = 12,090 \quad R^2 = 0,494 \quad QMres. = 1,080$$

$$EM_{2,b} = 10,942 + (0,033 \cdot MO^{\circ}) + (-0,064 \cdot Colágeno^{\circ}) + (0,047 \cdot EEA^{\circ}) + (-1,939 \cdot EB^{\circ}) + (24,065 \cdot Solub. pepsina \ 0,02\%^{\circ}) \quad AIC = 13,593 \quad R^2 = 0,487 \quad QMres. = 1,087$$

$$EM_{3,b} = 5,141 + (-0,063 \cdot Colágeno^{\circ}) + (0,039 \cdot EEA^{\circ}) + (-0,511 \cdot EB^{\circ}) + (29,190 \cdot Solub. pepsina \ 0,02\%^{\circ}) \quad AIC = 14,486 \quad R^2 = 0,468 \quad QMres. = 1,107$$

EM<sub>4</sub><sup>b</sup> = adaptado NRC (2006)

<sup>a</sup>Energia metabolizável aparente da farinha de vísceras de aves determinada em ensaio de digestibilidade com cães.

<sup>b</sup>Estimativas da energia metabolizável aparente da farinha de vísceras de aves por meio de equações de predição.

<sup>o</sup>PB= proteína bruta; colágeno (g/kg de proteína); EEA= extrato etéreo hidrólise ácida; Ca= cálcio; MO= matéria orgânica; EB= energia bruta; Solub. pepsina 0,02%= coeficiente de solubilidade da proteína da farinha de vísceras de aves em pepsina a 0,02%.

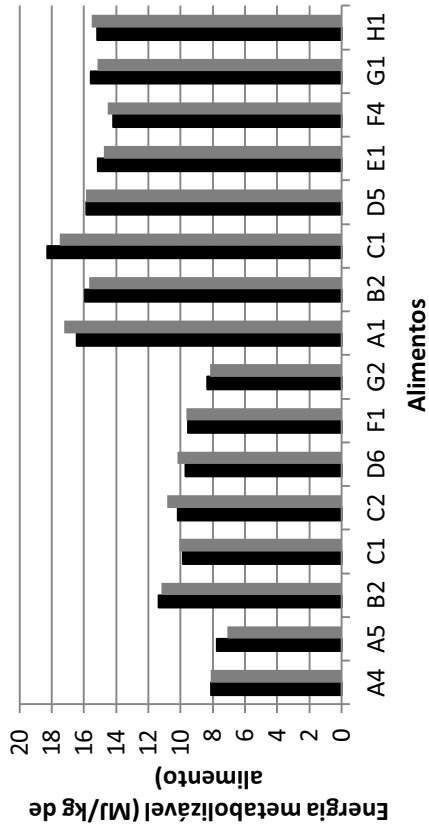
**Tabela 5.** Energia metabolizável aparente (EM, MJ/kg de alimento) da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves para cães determinada em ensaio de digestibilidade e estimada por meio de equações de predição em função dos constituintes químicos do alimento (g/kg de alimento) e da solubilidade da proteína em pepsina a 0,02% e por meio do sistema de equações adaptado do NRC (2006)

Alimento	EM <sup>a</sup>	EM <sub>1</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>3</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>4</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	QMres.=
$EM_1^b = -3,048 + (0,016*PB^c) + (-0,021*Colágeno^c) + (0,027*EEA^c) + (9,309*Solub.$ pepsina 0,02%) <sup>c</sup>										
$EM_2^b = -8,410 + (0,032*PB^c) + (0,032*EEA^c)$										
$EM_3^b = -4,713 + (0,027*PB^c) + (0,030*EEA^c) + (-0,009*Ca^c)$										
EM <sub>4</sub> <sup>b</sup> = adaptado NRC (2006)										
$AIC = 31,497$ $R^2 = 0,898$ $QMres. = 1,149$										
$AIC = 33,165$ $R^2 = 0,894$ $QMres. = 1,170$										
$AIC = 33,434$ $R^2 = 0,895$ $QMres. = 1,166$										
Alimento	EM <sup>a</sup>	EM <sub>1</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>3</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	EM <sub>4</sub> <sup>b</sup>	Observado - predito	Observado - predito
<b>Farinha de carne e ossos</b>										
A4	8,12	8,13	-0,012	8,44	-0,323	8,40	-0,276	10,04	1,917	
A5	7,75	7,10	0,649	7,38	0,366	7,54	0,206	9,10	1,349	
B2	11,38	11,18	0,201	11,42	-0,037	11,24	0,137	12,25	0,871	
C1	9,86	10,06	-0,199	10,25	-0,393	10,51	-0,654	11,08	1,220	
C2	10,18	10,82	-0,639	10,80	-0,619	10,46	-0,282	11,23	1,051	
D6	9,68	10,20	-0,517	9,72	-0,043	9,62	0,058	10,58	0,902	
F1	9,54	9,65	-0,106	9,97	-0,433	9,88	-0,335	10,63	1,082	
G2	8,35	8,18	0,171	7,63	0,724	7,66	0,693	9,04	0,692	
Média	9,36	9,41	-	9,45	-	9,41	-	10,49	-	
<b>Farinha de vísceras de aves</b>										
A1	16,44	17,22	-0,779	17,55	-1,109	17,42	-0,981	14,64	-1,805	
B2	15,94	15,68	0,256	15,69	0,253	15,83	0,115	14,73	-1,218	
C1	18,28	17,51	0,769	17,59	0,691	17,46	0,825	14,79	-3,492	
D5	15,85	15,86	-0,006	15,55	0,303	15,61	0,236	13,96	-1,893	
E1	15,16	14,77	0,388	14,73	0,425	14,77	0,390	13,17	-1,993	
F4	14,20	14,51	-0,314	14,44	-0,238	14,67	-0,468	13,82	-0,387	
G1	15,57	15,16	0,411	14,85	0,724	14,93	0,641	13,51	-2,062	
H1	15,20	15,50	-0,302	15,51	-0,306	15,52	-0,319	13,69	-1,510	
Média	15,83	15,78	-	15,74	-	15,78	-	14,04	-	

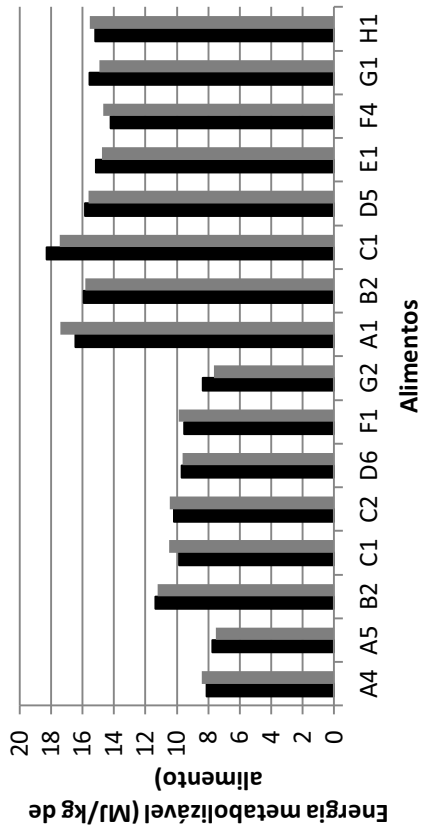
<sup>a</sup>Energia metabolizável aparente dos alimentos determinada em ensaio de digestibilidade com cães.

<sup>b</sup>Estimativas da energia metabolizável aparente dos alimentos por meio de equações de predição.

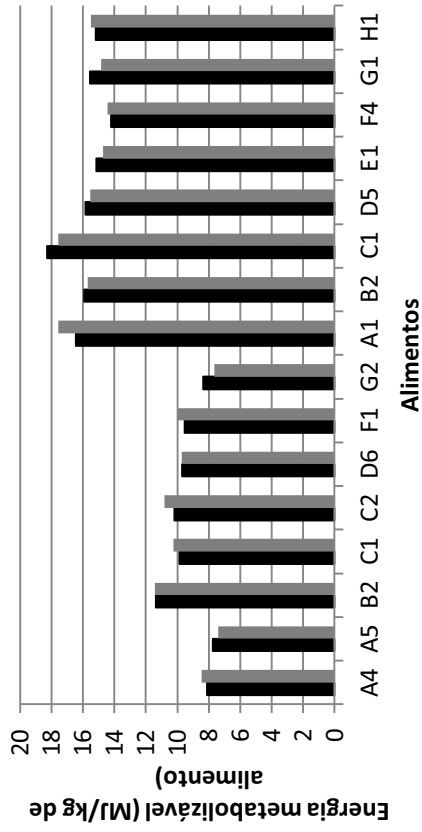
<sup>c</sup>PB= proteína bruta; colágeno (g/kg de proteína); EEA= extrato etéreo hidrólise ácida; Solub. pepsina 0,02%= coeficiente de solubilidade da proteína dos alimentos em pepsina a 0,02%; Ca= cálcio.



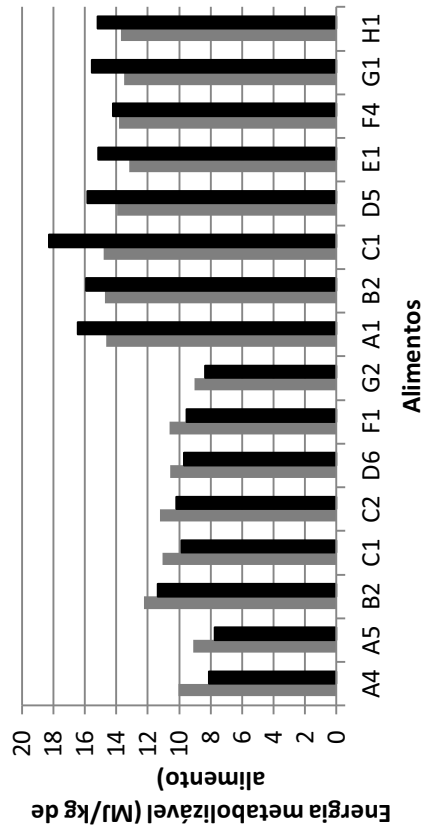
$$EM_1^p = -3,048 + (0,016 \cdot PB^\circ) + (-0,021 \cdot \text{Colágeno}^\circ) + (0,027 \cdot EEA^\circ) + (9,309 \cdot \text{Solub. pepsina } 0,02\%)^\circ$$



$$EM_3^p = -4,713 + (0,027 \cdot PB^\circ) + (0,030 \cdot EEA^\circ) + (-0,009 \cdot Ca^\circ)$$



$$EM_2^p = -8,410 + (0,032 \cdot PB^\circ) + (0,032 \cdot EEA^\circ)$$



$$EM_4^p = \text{adaptado NRC (2006)}$$

**Figura 1.** Energia metabolizável da farinha de carne e ossos e da farinha de vísceras de aves observada em ensaio de digestibilidade e estimada por equações de predição.