

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM ZOOTECNIA

RICARDO ARAUJO CASTILHO

**DETERMINAÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE FARINHAS DE CARNE E
OSSOS PARA SUÍNOS, AJUSTE E AVALIAÇÃO DE MODELOS DE PREDIÇÃO
DA ENERGIA METABOLIZÁVEL**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM ZOOTECNIA

RICARDO ARAUJO CASTILHO

**DETERMINAÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE FARINHAS DE CARNE E
OSSOS PARA SUÍNOS, AJUSTE E AVALIAÇÃO DE MODELOS DE PREDIÇÃO
DA ENERGIA METABOLIZÁVEL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Zootecnia, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

C352d	<p>Castilho, Ricardo Araujo</p> <p>Determinação dos valores energéticos de farinhas de carne e ossos para suínos, ajuste e avaliação de modelos de predição da energia metabolizável / Ricardo Araujo Castilho. - Marechal Cândido Rondon, 2012. 55 p.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza</p> <p>Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2012.</p> <p>1. Suínos. 2. Farinha de carne - Composição química e energética. 3. Farinha de osso - Composição química e energética. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 636.4 CIP-NBR 12899</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539

A Deus que sempre guia meu caminho.

A minha esposa Rosângela Reche de Souza que me estimula e me apóia.

A meus filhos Sofia e Renan.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon-PR pela oportunidade de realização deste curso de mestrado e por todo o apoio prestado.

Ao Professor Dr. Paulo Cesar Pozza pela dedicada orientação e pela valiosa oportunidade de ensinamentos compartilhados e amizade.

Aos professores Newton Tavares Escocard de Oliveira e Ricardo Vianna Nunes, pela atenção e contribuição dedicadas a este trabalho.

Ao professor Cleiton Sangali e à Mestranda Carolina Langer pela ajuda, dedicação e colaboração.

A todos da Safeeds que me apoiaram e contribuíram para a condução deste estudo.

A todos os professores e funcionários do Centro de Ciências Agrárias da UNIOESTE, que de alguma forma contribuíram no desenvolvimento do trabalho.

BIOGRAFIA

RICARDO ARAUJO CASTILHO, filho de Antônio Castilho Martins e Iraci Martins de Araujo Castilho, nasceu em Penápolis – São Paulo, em 26 de maio de 1970.

Diplomou-se em Zootecnia em Dezembro de 1993 pela Universidade de São Paulo.

Em março de 2010, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Nível Mestrado, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se aos exames finais de defesa de dissertação em setembro de 2012.

RESUMO

CASTILHO, RICARDO ARAUJO. Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, setembro de 2012. **Determinação dos valores energéticos de farinhas de carne e ossos para suínos, ajuste e avaliação de modelos de predição da energia metabolizável.** Orientador: Dr. Paulo Cesar Pozza.

O objetivo proposto neste trabalho foi determinar a composição química e energética de diferentes farinhas de carne e ossos (FCO) para suínos, assim como ajuste e avaliação de modelos para predizer seus valores de energia metabolizável (EM) utilizando conjunto de dados independentes obtidos na literatura brasileira e internacional. Foram utilizados 32 suínos, mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $26,75 \pm 1,45$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com oito tratamentos, quatro repetições e um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma ração-referência e sete diferentes FCO, que substituíram em 20% a ração-referência. O período experimental teve duração de 12 dias, sendo sete dias de adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às rações, e cinco dias de coleta de fezes e urina sendo empregada a coleta total de fezes mediante utilização de óxido férrico (Fe_2O_3) como marcador fecal para definir o início e o final do período de coleta. Foi determinada a composição química das diferentes FCO, e a matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, matéria mineral, cálcio e fósforo variaram de 92,09 a 97,25; 40,73 a 50,28; 8,68 a 12,07; 1,82 a 3,22; 31,90 a 44,66; 10,41 a 15,84 e 5,17 a 7,62%, respectivamente. Os valores de digestibilidade em pepsina da proteína, acidez em NaOH 0,1 N 100 g^{-1} e o diâmetro geométrico médio variaram de 48,12 a 80,78%, 0,16 a 2,05 meq 100 g^{-1} e 809,00 a 1262,00 μm , respectivamente. Os valores de EM das FCO variaram de 1645 a 2645 kcal kg^{-1} . As equações de predição $\text{EM}_1 = -4233,58 + 0,4134\text{EB} + 72\text{PB} + 89,62\text{MM} - 159,06\text{Ca}$; $\text{EM}_2 = 2087,49 + 0,3446\text{EB} + 31,82\text{MM} - 189,18\text{Ca}$; $\text{EM}_3 = 2140,13 + 0,3845\text{EB} - 112,33\text{Ca}$; $\text{EM}_4 = -346,58 + 0,656\text{EB}$; $\text{EM}_5 = 3221,27 + 178,96\text{EE} - 76,55\text{MM}$ e $\text{EM}_6 = 5356,45 - 84,75\text{MM}$, ajustadas no presente estudo, foram válidas para predizerem os valores de energia metabolizável das farinhas de carne e ossos obtidas em pesquisas da literatura brasileira. Contudo, não houve validação dos modelos para predizer os valores de EM das FCO de pesquisas da literatura internacional.

Palavras-chave: composição química, equação de regressão, subprodutos de abatedouros

ABSTRACT

CASTILHO, RICARDO ARAUJO. Master Course in Animal Science. Parana West State University, 2012, September. **Determination of the energy values of meat and bone meal for swine, adjustment and evaluation of the models to predict metabolizable energy.** Adviser: Dr. Paulo Cesar Pozza.

The aim of this study was to determine the chemical and energetic composition of seven different meat and bone meals (MBM) for swine, adjustment and evaluation of the models to predict of metabolizable energy values (ME). 32 crossbred swine were used in order to determine the ME – castrated males, averaging 26.75 ± 1.45 kg initial weight, allotted in a randomized block design with eight treatments, four replicas and one animal per experimental unit. The treatments consisted of a basal diet and seven meat and bone meals, which replaced 20% of basal diet. The experimental period was done in 12 days, seven days for the animals to adapt to metabolic cages and the diets, and five days period of total, but separated collection of feces and urine, using the ferric oxide (Fe_2O_3) as fecal marker to define the beginning and end of the collection period. The chemical composition of the different MBM was determined. The dry matter, crude protein, ether extract, crude fiber, ash, calcium and phosphorus ranged from 92.09 to 97.25, 40.73 to 50.28, 8.68 to 12.07, 1.82 to 3.22, 31.90 to 44.66, 10.41 to 15.84 and 5.17 to 7.62%, respectively. The values of the pepsin digestibility of crude protein, NaOH 0.1 N 100 g^{-1} acidity and average geometric diameter ranged from 48.12 to 80.78%, 0.16 to 2.05 meq 100 g^{-1} and 809.00 to 1262.00 μm , respectively. The ME values of MBM ranged from 1645 to 2645 kcal kg^{-1} . The prediction equations $\text{EM}_1 = -4233.58 + 0.4134\text{EB} + 72\text{P} + 89.62\text{MM} - 159.06\text{Ca}$; $\text{EM}_2 = 2087.49 + 0.3446\text{EB} + 31.82\text{MM} - 189.18\text{Ca}$; $\text{EM}_3 = 2140.13 + 0.3845\text{EB} - 112.33\text{Ca}$; $\text{EM}_4 = -346.58 + 0.656\text{EB}$; $\text{EM}_5 = 3221.27 + 178.96\text{EE} - 76.55\text{MM}$ and $\text{EM}_6 = 5356.45 - 84.75\text{MM}$, generated in this study were effective in predicting the ME from typical Brazilian MBM, calculated from their chemical composition. However, there was no validation of predict models to the values of ME from international researches of MBM.

Keywords: chemical composition, regression equation, slaughterhouse by-product, prediction equation

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	14
Figura 1 – Fluxograma industrial da farinha de carne e ossos.	19

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I	14
Tabela 1 – Composição nutricional das farinhas de carne e ossos, classificadas de acordo com o teor de proteína bruta (na matéria natural).	21
CAPÍTULO II	34
Tabela 1 – Composição centesimal da ração referência na (matéria natural).	39
Tabela 2 – Composição química, digestibilidade em pepsina, acidez em NaOH e diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas de diferentes farinhas de carne e ossos, expressos na matéria natural.	43
Tabela 3 – Valores de energia bruta (EB), digestível (ED) e metabolizável (EM), coeficientes de digestibilidade (CDEB) e metabolizabilidade (CMEB) da energia bruta e relação EM:ED das farinhas de carne e ossos (FCO), na matéria natural.....	45
Tabela 4 – Matriz de correlações entre os componentes das amostras de farinhas de carne e ossos.	47
Tabela 5 – Interceptos, coeficientes de regressão e de determinação das equações para prever os valores de energia metabolizável (EM) da farinha de carne e ossos, ajustados com base na matéria seca das variáveis independentes e da variável dependente.	48
Tabela 6 – Valores médios, desvios-padrão, valores mínimos e máximos, e coeficiente de variação (CV) da energia metabolizável estimada (EME) por modelo de predição e da energia metabolizável observada (EMO) da farinha de carne e ossos, expressos na base da matéria seca, em dados obtidos em trabalhos científicos da literatura brasileira, internacional e mista (nacionais e estrangeiros)..	49
Tabela 7 – Estatística F e probabilidade de significância dos valores preditos em função dos observados em amostras de validação obtidas em trabalhos da literatura brasileira, internacional e mista (nacionais e estrangeiros)..	50

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
CAPÍTULO I	14
1 Introdução geral	15
2 Revisão de literatura.....	17
2.1 Caracterização da farinha de carne e ossos.....	17
2.1.1 Formas de processamento das farinhas de carne e ossos.....	18
2.1.2 Composição química das farinhas de carne e ossos	21
2.2 Valores energéticos utilizados na alimentação de suínos	23
2.3 Equações de predição dos valores energéticos dos alimentos	25
Referências bibliográficas	29
CAPÍTULO II	34
Artigo Científico	35
Determinação dos valores energéticos de farinhas de carne e ossos para suínos, ajuste e avaliação de modelos de predição da energia metabolizável.....	35
Resumo.....	35
Determination of the energy values of meat and bone meal for swine, adjustment and evaluation of the models to predict of metabolizable energy.....	36
Abstract	36
1 Introdução	37
2 Material e Métodos	38
2.1 Ensaio de metabolismo	38
2.2 Análises laboratoriais.....	40
2.3 Análises estatísticas	40
3 Resultados e discussão	43
4 Conclusões	52

Referências bibliográficas.....	53
--	-----------

CAPÍTULO I

1 Introdução geral

A alimentação é o componente de maior custo na produção suína. Portanto, várias pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de estudar alimentos alternativos, que possam substituir o milho e a soja na alimentação animal, contudo, conhecer os valores de composição química e energética desses alimentos é importante para que sejam desenvolvidos programas de alimentação eficientes a custos mínimos.

Entre os ingredientes alternativos disponíveis, para utilização em dietas de suínos, encontram-se a farinha de carne e ossos (FCO). Este produto é obtido em unidades industrializadoras de subprodutos de frigoríficos após desossa parcial ou completa de carcaça de bovinos e suínos; bem como da coleta de resíduos em casas de carne e processados por fábricas de farinhas independentes. É composta de ossos e resíduos de tecidos dos animais e não deve conter cascos, chifres, pêlos, conteúdo estomacal, sangue e outras matérias-primas (MAPA – Instrução Normativa Nº 34 de 28/05/2008).

Seu uso na formulação de dietas é facilitado, pois as FCO fornecem fósforo e outros minerais, como o cálcio, além de apresentar quantidades apreciáveis de aminoácidos, vitaminas e energia, quando bem processada (TEIXEIRA et al., 2003; CAMPESTRINI, 2005). Além disto, as indústrias produzem milhares de toneladas de subprodutos animais por ano, e se estes não forem reciclados em rações animais podem se tornar resíduos industriais, o que pode causar perdas econômicas para o setor industrial, além de sérios danos ao meio ambiente (VIEITES et al., 1999).

Normalmente, a composição dos alimentos utilizados na formulação de rações é baseada em dados de tabelas (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2005; ROSTAGNO et al., 2011). Entretanto, a composição dos alimentos apresenta variações entre as tabelas de composição dos alimentos (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007) e de acordo com Brumano et al. (2006) e Gomes et al. (2007), a atenção deve ser redobrada quando se faz uso principalmente de subprodutos de origem animal, haja vista a pouca padronização desses alimentos, cujos valores nutritivos variam conforme o processamento a que são submetidos e ao tipo e às proporções de seus constituintes.

Desta forma, para se formular rações mais eficientes e atender adequadamente às exigências nutricionais dos animais, é necessário conhecer com maior precisão, dentre outros, os valores energéticos dos alimentos, que podem ser determinados por meio de métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos ou convencionais requerem a utilização de uma bomba calorimétrica e de ensaios metabólicos, sendo metodologias trabalhosas, demoradas e

dispendiosas, o que dificulta sua utilização pela indústria suinícola (ZONTA, 2006; SAKOMURA; ROSTAGNO et al., 2007; POZZA et al., 2008a).

Como método indireto surgem as equações de predição, que são baseadas na composição proximal dos alimentos, obtidas rotineiramente em laboratórios, considerada uma alternativa rápida, prática e econômica na avaliação nutricional dos alimentos (FERREIRA et al., 1997; ZONTA et al., 2004) pois, conforme indicam as tabelas de composição de alimentos (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2011) a composição química dos alimentos é o principal determinante da energia do mesmo. Estas equações podem ser utilizadas como instrumento para aumentar a acurácia no processo de formulação de rações, principalmente na correção dos valores energéticos; e sua aplicação em alimentos de grande variação química é mais justificada (ALBINO; SILVA, 1996).

Para a indústria de rações, o uso de equações de predição é importante para determinar o valor energético dos alimentos e demais ajustes necessários da matriz nutricional dos ingredientes (SANTOS et al., 2005). Para que uma equação de predição do conteúdo energético seja assumida como eficaz, para predizer a energia metabolizável de amostras futuras, é necessário que ela seja validada. Com relação à precisão e exatidão, percebe-se que a maioria dos modelos apresenta bom poder de predição para o conjunto de dados em que foram derivados (OLIVEIRA; WARPECHOWSKI, 2009). No entanto, há poucos estudos comparando o comportamento de modelos de predição em conjuntos de dados independentes.

Desta forma, os objetivos deste estudo foram determinar a composição química e energética de diferentes FCO para suínos, assim como obter e avaliar modelos para predizer seus valores de energia metabolizável utilizando conjunto de dados independentes obtidos na literatura brasileira e internacional.

2 Revisão de literatura

2.1 Caracterização da farinha de carne e ossos

A alimentação é o componente de maior custo na produção. Portanto, várias pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de obter alimentos alternativos, que possam substituir o milho e a soja na alimentação animal, com o intuito de reduzir os altos custos de produção (PEREIRA, 1993).

Entre os ingredientes alternativos disponíveis, para utilização em dietas de suínos, encontram-se as farinhas de carne e ossos (FCO). Este produto é obtido em unidades industrializadoras de subprodutos de frigoríficos após desossa parcial ou completa de carcaça de bovinos e suínos; bem como da coleta de resíduos em casas de carne e processados por fábricas de farinhas independentes. É composta de ossos e resíduos de tecidos dos animais e não deve conter cascos, chifres, pêlos, conteúdo estomacal, sangue e outras matérias-primas (MAPA – Instrução Normativa Nº 34 de 28/05/2008).

Além disso, para ser considerada como FCO, o produto deve apresentar conteúdo protéico em torno de 35 a 55% e concentração de fósforo superior a 3,6 %, sendo que o teor de cálcio não deve exceder a 2,5 vezes o nível de fósforo; uma relação superior a esta indica que o produto foi adulterado (LANA, 2005). Quando a FCO apresentar menos de 25% de cinzas, ou menos de 3,8% de fósforo, o produto passa a ser denominado apenas de farinha de carne, possuindo aproximadamente 55 a 60% de proteína (DIFISA, 1989; PRICE; SCHWEIGERT, 1994).

Geralmente as FCO se apresentam nas cores marrom claro a marrom escuro, com densidade de 657 a 689 kg/m³, cujos tamanhos variam conforme a sua granulometria. Sua textura e uniformidade são bastante variadas e o odor é de carne e gordura cozidos, mas não de ranço. Partículas de ossos estão presentes nas FCO, o que não ocorre com as farinhas de carne, porém, ambas são ligeiramente gordurosas devido ao seu alto teor de gordura (BUTOLO, 2002).

A FCO pode ser classificada ainda em função da origem do material, sendo classificadas como mistas quando oriunda de diferentes espécies animais (bovinos, suínos, ovinos etc.), ou simples, quando oriundas de uma única espécie animal (BORTOLO, 2008).

Atualmente a FCO entra na formulação de ração com o principal objetivo de ser uma fonte de fósforo, em substituição ao fosfato de origem mineral que muitas vezes torna-se inacessível devido aos altos custos (FARIA FILHO et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2003).

Seu uso na formulação de dietas é facilitado, pois além do fósforo as FCO fornecem outros minerais, como o cálcio, além de apresentar quantidades apreciáveis de aminoácidos, vitaminas e energia, quando bem processada (TEIXEIRA et al., 2003; CAMPESTRINI, 2005). Além disto, as indústrias produzem milhares de toneladas de subprodutos animais por ano, e se estes não forem reciclados em rações animais podem se tornar resíduos industriais, o que pode causar perdas econômicas para o setor industrial, além de sérios danos ao meio ambiente (VIEITES et al., 1999).

Porém, a eficiência da utilização da FCO pelos animais pode ser modificada por vários fatores, tais como: tipo e qualidade do material processado; processamento (temperatura, pressão e tempo de retenção); uso de antioxidantes durante e após o processamento visando manter a qualidade; contaminação por microrganismos patogênicos; presença de poliaminas em grandes proporções; porcentagem de nutrientes e digestibilidade dos mesmos; e metodologias usadas nas estimativas (BELLAVAR, 2001).

2.1.1 Formas de processamento das farinhas de carne e ossos

As FCO tem tido sua produção incrementada nos últimos anos devido ao aumento da produção pecuária (TEIXEIRA et al., 2003). O seu processamento pode ser compreendido em dois métodos, o de recuperação úmida e o de recuperação a seco. No método de recuperação úmida os resíduos de origem animal são triturados ou moídos e levados a digestores, onde há a etapa de cozimento que ocorre em tanques fechados pressurizados.

Após despressurização do equipamento, ocorre a separação da gordura e a etapa de prensagem, onde há a retirada do excesso de água. No método de recuperação a seco, mais comumente utilizado (BUTOLO, 2002), os subprodutos das carcaças de animais são classificados, picados, triturados ou moídos, e, levadas aos digestores com injeção de vapor seco superaquecido por um período de 1 a 2 horas (Figura 1). O resultado desta ação é a redução da umidade e a separação da gordura que sobrenada do concentrado. Posteriormente, realiza-se a secagem do produto com pressão variável e com digestor aberto sendo seguida de prensagem (ANDRIGUETTO et al., 1999; OCKERMAN; HANSEN, 1994). O resíduo sólido é então moído na forma de farinha com especificações de granulometria variáveis.



Figura 1 - Fluxograma industrial da farinha de carne e ossos.

Fonte: Adaptado de Maffi (1994).

Contudo, os métodos de processamento da FCO ainda não estão bem padronizados o que acaba ocasionando variações na qualidade final dos produtos. FCO com valores de umidade, após processamento, superiores a 8% estão mais susceptíveis à decomposição, aumento da população microbiana e acidificação. Já valores muito baixos de umidade podem indicar um super processamento dos produtos o que pode ser ocasionado por defeitos dos equipamentos (Ex: paletas gastas, excesso de material), excessivo tempo de retenção e ou mau funcionamento de manômetros e termômetros (BUTOLO, 2002).

De acordo com Knabe et al. (1989), além da matéria-prima utilizada, o processamento térmico e, ou, a combinação entre estes dois fatores são os grandes responsáveis pelas diferenças entre os coeficientes de digestibilidade ileal de diferentes FCO. Desta forma, cuidados devem ser tomados para se evitar o uso de altas temperaturas por tempos desnecessários. De acordo com Butolo, (2002), temperaturas acima de 120°C por longo período de tempo, durante o processo de extração de gordura da FCO, podem diminuir a qualidade nutricional do produto, como por exemplo, a digestibilidade de aminoácidos.

Segundo Campestrini (2005) o sobreaquecimento influencia também na palatabilidade das FCO.

Outro ponto que exige cuidados durante o processamento da FCO é a contaminação do processo com materiais indesejáveis que, além de dificultar a definição de cada produto produzido, altera a qualidade do mesmo. Em geral os problemas com contaminação do processo são associados à falta de equipamentos adequados ou adulteração e visam produzir subprodutos de baixo preço e sem qualidade (BELLAYER, 2001).

Essa adulteração pode ocorrer desde a inclusão de outras partes do animal como tecidos conjuntivos, tendão, pêlos, couro, cascos, chifres, conteúdo estomacal, sangue (CAMPESTRINI, 2005) e unhas, até fraudes como adição de calcário, para reduzir a acidez, e inclusão de raspa de couro ou uréia para elevar a proteína bruta do alimento (VILAÇA, 2010). Bellaver (2001) aponta ainda a importância da não inclusão de materiais mortos, exceto aqueles originados no transporte e na plataforma de recebimento de animais dos abatedouros.

Cuidados especiais devem ser tomados para a eliminação dos microrganismos, o que previne a contaminação do alimento após seu processamento (KNABE et al., 1989; MEDEL et al., 1999; SHIRLEY; PARSONS, 2000; SANTOS et al., 2005). De acordo com o trabalho realizado por Santos et al. (2000), a principal fonte de transporte de patógenos para as rações são as FCO contaminadas por Salmonella e pela presença de coliformes fecais nas rações e nos ingredientes, provenientes da falta de higiene geral na manipulação e no armazenamento de produtos.

A diversidade de tipos de equipamentos para extração de gordura proporciona uma variação acentuada de níveis de gordura residual nas FCO, e não é raro o uso de produtos em discordância com os valores considerados nas formulações, causando em determinadas circunstâncias o desbalanceamento do cálcio e fósforo (BUTOLO, 2002).

A qualidade da FCO também pode ser influenciada pelo tempo entre o abate e o processamento. De maneira geral, o processamento deve ser feito, preferencialmente, em seguida ao abate ou sempre no mesmo dia do abate, evitando assim a putrefação (Bellaver, 2009). O período de armazenamento depende da umidade do produto e do teor de gordura (BUTOLO, 2002).

2.1.2 Composição química das farinhas de carne e ossos

Segundo Brumano et al. (2006) e Gomes et al. (2007), o cuidado e o conhecimento acurado da composição química e energética dos alimentos deve ser redobrado quando se faz uso, principalmente, de subprodutos de origem animal, haja vista a pouca padronização desses alimentos, cujos valores nutritivos variam conforme o processamento a que são submetidos e ao tipo e às proporções de seus constituintes. Pela dificuldade de padronização destes produtos, talvez seja necessário estabelecer a composição química de cada lote ou a composição média dos lotes (ALBINO; SILVA, 1996).

A quantidade de restos de carne em relação à quantidade de ossos gera diversos tipos de FCO, o que influencia no valor nutricional e econômico das mesmas. Sendo assim, as FCO são classificadas de acordo com o seu teor de proteína bruta (PB) (VILAÇA, 2010), variando de 36 a 63% de PB na matéria natural, conforme indicam as tabelas de composição química (Tabela 1) propostas por Rostagno et al. (2011).

Tabela 1 – Composição nutricional das farinhas de carne e ossos, classificadas de acordo com o teor de proteína bruta (na matéria natural).

Nutrientes	Farinha de carne e ossos								
	36%	38%	41%	44%	46%	48%	50%	55%	63%
Matéria Seca (%)	92,91	93,60	92,74	93,27	93,27	93,77	93,95	93,54	94,50
Proteína Bruta (%)	36,31	38,48	40,83	43,50	45,87	48,01	50,36	54,74	63,17
PB Dig. ¹ (%)	25,42	28,47	31,85	33,93	36,24	38,17	40,45	43,79	51,17
Gordura (%)	12,63	12,32	12,50	12,44	12,04	12,23	12,65	11,54	10,10
Gordura Dig. ² (%)	4,64	4,34	5,22	5,47	5,72	5,87	5,06	4,58	3,35
MM ³ (%)	41,80	40,20	38,43	36,13	35,11	33,02	31,07	26,88	21,76
Cálcio (%)	14,21	13,67	13,07	12,28	11,94	11,23	10,56	9,14	7,40
Fósforo Total (%)	7,11	6,83	6,53	6,14	5,97	5,61	5,28	4,57	3,70
Potássio (%)	0,70	0,70	0,70	-	0,66	0,54	0,54	0,50	0,47
Sódio (%)	0,49	0,32	0,51	0,70	0,72	0,59	0,59	0,70	0,60
Cloro (%)	0,50	-	0,60	-	0,63	0,60	0,60	0,57	0,55
Energia Bruta (Kcal/Kg)	3122	3209	3286	3490	3665	3984	3984	4017	4341
ED ⁴ (Kcal/Kg)	1852	2044	2296	2430	2564	2705	2752	2905	3210
EM ⁵ (Kcal/Kg)	1695	1820	2068	2200	2332	2446	2485	2598	2870

¹Proteína Bruta Digestível Suínos; ²Gordura Digestível Suínos; ³Materia Mineral ⁴Energia Digestível Suínos; ⁵Energia Metabolizável Suínos;
Fonte: Rostagno et al. (2011).

Como pode ser observado, as diferentes FCO apresentam variações nos seus conteúdos, sendo observados valores de matéria seca de 92,74 a 94,50%; gordura de 10,10 a 12,65%; matéria mineral de 21,76 a 41,80%; cálcio de 7,40 a 14,21%; fósforo total de 3,70 a 7,11%; potássio de 0,47 a 0,70%; sódio de 0,32 a 0,72% e cloro de 0,50 a 0,63%.

De modo geral, nota-se que o conteúdo de PB das diferentes FCO é inversamente proporcional à porcentagem de matéria mineral, sendo o mesmo apresentado por outras literaturas (JOHNSON et al., 1998; AFZ et al., 2000; NUNES et al., 2005; POZZA et al., 2008a; OLIVEIRA et al., 2009; ROSTAGNO et al., 2011). Esta relação entre as proporções de PB e matéria mineral da FCO é devido, principalmente, a proporção de ossos e tecidos tendinosos (SEERLEY, 1991; NUNES et al., 2005). Sartorelli (1998), e Oliveira et al. (2009) destacam ainda que o teor de matéria mineral aumenta proporcionalmente com a inclusão de ossos na FCO.

Segundo Parsons et al. (1997), o conteúdo de cinzas da FCO pode ser utilizado como um bom indicador da qualidade protéica, em decorrência de seu reflexo sobre o conteúdo de ossos e colágeno.

Pode ser observado que os valores energéticos das FCO são influenciados pela sua composição química, sendo que a PB e o extrato etéreo tem efeito positivo e a matéria mineral, cálcio e fósforo têm efeito negativo, sendo o mesmo apresentado por outras literaturas (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2005; ROSTAGNO et al., 2011), corroborando relatos de Adams; Jensen (1987) de que o conteúdo de óleo eleva o valor da energia e pode melhorar o desempenho e as características de carcaça dos animais.

Ewans (1991) relatou que a concentração de EB de um alimento é dependente da proporção de carboidratos, gorduras, proteínas, minerais e água, devendo ser ressaltado que a água e os minerais não contribuem para o conteúdo energético. Em estudo posterior, Noblet; Peres (1993a) observaram que a formação de sabões (saponificação) pode ocorrer em reações entre os conteúdos minerais e de gordura, contribuindo para redução da digestibilidade das dietas.

Pozza et al. (2008a) relataram ainda que o coeficiente de digestibilidade da FCO é dependente do tamanho das partículas, sendo que, FCO com partículas médias (DGM 503 a 704 μm) apresentaram melhor coeficiente de digestibilidade do que a FCO com partículas mais grossas (DGM 1.031 μm). Em estudos anteriores com frangos de corte, Brugalli et al. (1999) obtiveram menores valores de energia metabolizável aparente da FCO com partículas grossas (0,59 mm) em relação a partículas médias (0,51 mm) e finas (0,42), evidenciando o efeito do tamanho de partículas sobre o aproveitamento dos alimentos pelos animais.

Zanotto; Monticelli (1998) relataram que a eficiência da digestão é influenciada, entre outros fatores, pela intensidade do contato entre o alimento e as secreções digestivas, e a superfície de exposição e o tempo de passagem do alimento podem determinar variações nos valores de digestibilidade.

A origem da FCO quanto ao material de origem como suína, bovina ou mista, tem influência na digestibilidade dos nutrientes, principalmente de aminoácidos, sendo que as farinhas mistas compostas por material de bovinos e suínos apresentam menor digestibilidade do que quando separadas por espécies (CAMPESTRINI, 2005).

2.2 Valores energéticos utilizados na alimentação de suínos

A energia é um dos fatores nutricionais mais importantes na formulação de rações para aves e suínos, não sendo, na verdade, um nutriente, mas sim a propriedade dos nutrientes transformarem-se em energia química (ALBINO; SILVA, 1996).

Quando as moléculas orgânicas são oxidadas, a energia é produzida como calor e usada nos processos metabólicos dos animais. A energia liberada da oxidação dos alimentos, assim como a oriunda do metabolismo energético como calor produzido, é expressa em caloria ou joule. Uma caloria é definida como a quantidade de calor necessária para elevar um grama de água de 14,5 a 15,5°C, um joule equivale a 0,239 cal, ou seja, uma caloria é igual a 4,18 joules (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Dentre os constituintes dos alimentos, os carboidratos, os lipídeos, as proteínas (aminoácidos), e parte da fibra, são fornecedores de energia para o organismo animal. A energia dos alimentos pode ser expressa como energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). A energia bruta é produzida pela oxidação total da matéria orgânica dos alimentos e medida em bomba calorimétrica. A energia digestível representa a energia que é absorvida após o processo de digestão dos animais, é determinada pela diferença entre a EB do alimento consumido e a EB das fezes. A energia metabolizável (EM) é a forma normalmente utilizada para suínos no Brasil, sendo obtida pela diferença entre a EB do alimento e a EB das excretas (fezes e urina) e dos gases oriundos da digestão. Considerando que a energia perdida na forma de gases nos monogástricos é muito baixa, tem sido desprezada nos cálculos da EM (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

A EM pode ser determinada e expressa como energia metabolizável aparente (EMA) ou energia metabolizável verdadeira (EMV). A EMV é obtida pela diferença entre a EB do alimento consumido e a energia bruta das fezes e urina, corrigida pelas perdas de energia fecal

metabólica e urinária endógena. A correção da EM para ganhos ou perda de nitrogênio corporal (balanço de N) também é utilizada com suínos. A correção pelo balanço de N tem por objetivo padronizar e reduzir a variação nos valores de EMA dos alimentos medidos em diferentes condições que podem resultar em maior ou menor ganho de peso ou em perda de peso dos animais (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

A razão para correção da EM para o balanço de nitrogênio (EMAn), é que a energia retida como proteína não é totalmente aproveitada pelo animal quando os aminoácidos são degradados para fornecer energia, e o N é excretado na urina na forma de uréia. De acordo com Farrel (1979), essa correção pode ser válida para animais adultos, que podem até perder peso, mas não para suínos em crescimento que retêm uma quantidade considerável de nitrogênio.

De acordo com Noblet et al. (2001), a eficiência de utilização da EM para suínos é de 90% para a gordura, 82% para o amido, 58% para a proteína e 58% para a fibra dietética.

O conhecimento das exigências nutricionais e do aproveitamento dos nutrientes pelos animais tem evoluído para a utilização de valores de energia líquida (EL) dos alimentos, porque parte da EM se perde nos trabalhos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes na forma de incremento calórico (NOBLET et al., 1994). O incremento calórico é um termo prático para juntar várias formas de perda de calor que até hoje não são adequadamente compreendidas (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). Embora a EL seja a melhor indicação da quantidade de energia disponível para manutenção e produção sua utilização esta limitada devido à dificuldade de ser determinada, desta forma sendo mais utilizados os valores de EM dos alimentos.

A determinação do valor energético dos alimentos é fundamental para atualização das tabelas de composição de alimentos e formulação das rações, visando otimizar o desempenho dos animais e minimizar o custo de produção (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). Além disto, os ajustes dos valores energéticos das rações, de acordo com a composição dos ingredientes, resultarão em desempenhos mais facilmente previsíveis com benefícios econômicos significativos (BÜNZEN et al., 2008).

2.3 Equações de predição dos valores energéticos dos alimentos

A busca constante por rações que possam proporcionar o máximo desempenho dos animais, de forma econômica, tem motivado nutricionistas a aprimorarem o conhecimento sobre as características dos alimentos.

Normalmente, a composição dos alimentos utilizados na formulação de rações é baseada em dados de tabelas (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2005; ROSTAGNO et al., 2011). Entretanto, a composição dos alimentos apresenta variações entre as tabelas de composição dos alimentos (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007) e de acordo com Brumano et al. (2006) e Gomes et al. (2007), a atenção deve ser redobrada quando se faz uso, principalmente, de subprodutos de origem animal, devido à falta de padronização desses alimentos, cujos valores nutritivos variam conforme o processamento a que são submetidos e ao tipo e às proporções de seus constituintes. Estas variações enfatizam a importância do conhecimento da composição química e precisão dos valores energéticos dos alimentos (EYNG et al., 2009).

Desta forma, para formular rações mais eficientemente e atender adequadamente às exigências nutricionais dos animais, é necessário conhecer com maior precisão, dentre outros, os valores energéticos dos alimentos, que podem ser determinados por meio de métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos, ou convencionais, requerem a utilização de uma bomba calorimétrica e de ensaios metabólicos, sendo metodologias trabalhosas, demoradas e dispendiosas, o que dificulta sua utilização pela indústria suinícola (ZONTA et al., 2006; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007; POZZA et al., 2008a). Também foram propostos métodos *in vitro*, mas sua precisão e repetibilidade continuam sendo insuficientes (NOBLET; PEREZ, 1993b). Em contrapartida, vários autores propuseram equações de predição, que são baseadas na composição química dos alimentos, obtidas rotineiramente em laboratórios, considerada uma alternativa rápida, prática e econômica na avaliação nutricional dos alimentos (FERREIRA et al., 1997; ZONTA et al., 2004).

As equações de predição utilizam parâmetros físicos e químicos dos alimentos e podem aumentar a precisão no processo de formulação de rações, por meio da estimativa dos valores energéticos; conseqüentemente, a sua utilização é mais apropriada quando a composição química dos alimentos tem grande variabilidade (ALBINO; SILVA, 1996).

Desta forma, as equações de predição são uma importante ferramenta para aumentar a acurácia nos processos de formulação de rações, não somente para estimar o valor energético dos alimentos, mas também para realizar os ajustes necessários de acordo com a variação da

composição, principalmente de proteína, gordura e fibra dos ingredientes (ROSTAGNO et al., 2007).

Ao desenvolverem equações de predição, para estimarem o valor energético da FCO para suínos, com base na sua composição química, Pozza et al. (2008a) observaram que a PB apresentou correlação positiva, enquanto a matéria mineral apresentou correlação negativa. De acordo com Morgan et al. (1987), o efeito negativo da matéria mineral, observado nas equações de predição, pode ser devido ao seu efeito como diluente da energia bruta, reduzindo o conteúdo de matéria orgânica dos alimentos. Noblet; Perez (1993a) relataram ainda uma possível ação da matéria mineral em reduzir a digestibilidade de alguns compostos, como por exemplo, as gorduras.

Ainda no trabalho de Pozza et al. (2008a), foi observado que a equação $EM = 2103,35 + 22,56 PB - 164,02 P$ apresentou o maior $R^2(0,94)$. No entanto, os autores relataram a possibilidade de se utilizar equações com R^2 inferior (0,93) - ($EM = 400,17 + 40,10 PB - 9,25 EE$), pois podem proporcionar maior facilidade quanto às análises laboratoriais, uma vez que não envolve cálcio e, ou, fósforo.

Em trabalho anterior, Rodrigues et al. (2002) ajustaram equações para predizer os valores energéticos da soja e subprodutos, e ressaltaram que as equações com duas a quatro variáveis podem ser usadas com maior facilidade, já que necessitam de menor número de análises laboratoriais.

Além disso, as equações compostas por até quatro variáveis de composição química requerem menor tempo, maior facilidade e maior economia na determinação, podendo ser utilizadas com maior facilidade, pois, segundo Wiseman; Cole (1985), grande interesse tem sido demonstrado pela utilização de equações de predição de ED e EM dos alimentos, compostas por apenas uma ou uma combinação de variáveis de composição química.

Para que uma equação de predição do conteúdo energético seja assumida como eficaz, para predizer a energia metabolizável de amostras futuras, é necessário que ela seja validada. Com relação à precisão e a exatidão, percebe-se que a maioria dos modelos apresenta bom poder de predição para o conjunto de dados em que foram derivados. Contudo, há poucos estudos comparando o comportamento de modelos de predição em conjuntos de dados independentes.

Vários pesquisadores têm desenvolvido equações para estimar o valor energético dos alimentos através de sua composição proximal (NOBLET; PEREZ, 1993a; ADEDOKUN; ADEOLA, 2005; POZZA et al., 2008a; POZZA et al., 2008b; OLUKOSI; ADEOLA., 2009;

POZZA et al., 2010) porém, existem poucos relatos que venham validar tais equações em conjuntos de dados independentes (OLIVEIRA et al., 2009).

De acordo com NOBLET; PEREZ (1993b), a comparação de equações de predição é difícil, porque normalmente não são propostas com os mesmos preceitos, não foram estabelecidas a partir de conjuntos de dietas comparáveis, e as medidas de digestibilidade foram obtidas em diferentes condições fisiológicas (peso vivo dos animais, nível de alimentação, etc.), além disso, a qualidade da predição é altamente dependente da precisão de medições da composição química, e estes fatores tornam sua aplicabilidade frequentemente questionável. Com relação à precisão e exatidão, Oliveira; Warpechowski (2009) citam ainda que a maioria dos modelos apresenta bom poder de predição para o conjunto de dados em que foram derivados, no entanto, há poucos estudos comparando o comportamento de modelos de predição em conjuntos de dados independentes.

Em pesquisa recente, Castilha et al. (2011) avaliaram modelos para prever os valores energéticos do milho para suínos. Para verificar a aplicabilidade das equações utilizadas os autores realizaram análises de correlação (Correlações de Spearman), verificando a correlação existente entre os valores energéticos determinados no ensaio de metabolismo e os valores energéticos estimados através das equações de predição e a correlação existente entre as equações.

Em estudos anteriores, Nagata et al. (2004) também utilizaram análise de correlações de Spearman para avaliarem a viabilidade de utilização de equações de predição, disponíveis na literatura, para determinação dos valores energéticos de alguns alimentos para frangos de corte. Além da análise de correlação, os autores avaliaram a viabilidade de utilização das equações de predição comparando o valor médio da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), obtida in vivo, com os valores médios de EMAn de cada equação de predição, utilizando para isto o teste de agrupamento SCOTT-KNOTT. Para uma análise de forma separada, em relação aos alimentos, os autores realizaram ainda, comparações entre o valor de EMAn de cada alimento, utilizando para isso os intervalos de confiança (IC) considerando as observações nos ensaios de metabolismo com os valores de EMAn determinado por cada equação.

Com o objetivo de avaliar modelos de predição dos valores de energia metabolizável do milho para suínos, utilizando um conjunto de dados independentes obtidos na literatura brasileira, Pelizzeri (2010) analisou ajuste de um modelo linear de 1º grau dos valores preditos pelas equações de predição (\hat{Y}) em função dos valores esperados (Y). A hipótese de nulidade (H_0) testada pelo autor foi à hipótese conjunta para os parâmetros da regressão

linear, em que $\beta_0=0$ e $\beta_1=1$. Para verificar a significância dos parâmetros da regressão o autor aplicou o teste F, ao nível de 5% de significância, conforme a metodologia descrita por GRAYBILL (1976). A não rejeição de H_0 determinou a semelhança entre os valores preditos (\hat{Y}) e esperados (Y). De acordo com o autor, o uso de modelos matemáticos para predição dos valores de energia metabolizável pode ser utilizado como uma ferramenta para corrigir os valores energéticos dos alimentos com base na sua composição química determinada por meio de análises laboratoriais, concluindo que os valores médios de EM estimados por oito equações assemelharam-se aos valores observados no ensaio.

Referências bibliográficas

- ADEDOKUN, S.A.; ADEOLA, O. Metabolizable energy value of meat and bone meal for pigs. **Journal of Animal Science**, n.83, p.2519–2526, 2005.
- ADAMS, K.L.; JENSEN, A.H. High-fat-maize in diets for pigs and sows. **Animal Feed Science Technology**, v.17, n.3, p.201-212, 1987.
- AFZ, AJINOMOTO EUROLYSINE, AVENTIS ANIMAL NUTRITION, INRA, ITCF. **Digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos** (Ami Pig). 2000. 44p
- ALBINO, L.F.T.A.; SILVA, M.A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, p.303- 318.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição animal**. São Paulo, Nobel, 6 ed., 1999, 395p.
- BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal. **Anais...** Campinas-SP, p. 167-190, 2001.
- BELLAVER, C. QUALIDADE NO PROCESSAMENTO EM FÁBRICAS DE FARINHAS E GORDURAS ANIMAIS. In: V Encontro Técnico Unifrango. **Anais...** Maringá-PR, 2009.
- BORTOLO, M. **Avaliação aminoacídica de fontes protéicas para cães utilizando diferentes metodologias**. Maringá - PR: UEM, 2008. 82p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2008.
- BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2297-2302, 2006.
- BRUGALLI, I.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, D.J. et al. Efeito do tamanho de partícula e do nível de substituição nos valores energéticos da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.753-757, 1999.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal - CBNA, 2002.430 p.
- BÜNZEN, S.; SALGUERO, S.; ALBINO, L.F.T et al. Recentes avanços na nutrição de suínos. In: Simpósio Brasil Sul de Suinocultura, 2008, Chapecó, SC. **Anais...** Chapecó: EMBRAPA, 2008, p. 86-99.
- CAMPESTRINI, E. Farinha de carne e ossos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.4, p.221-234, 2005.

- CASTILHA, L.D.; POZZA, P.C.; KLOSOWSKI, É.S. et al. Modelos matemáticos para predição dos valores energéticos do milho para suínos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.2, p.456-467, 2011.
- DIFISA - Divisão de Fiscalização de Alimentos para Animais. **Padrões oficiais de matérias-primas destinadas à alimentação animal**. Brasília, 1989.
- EWANS, R.C. Energy utilization in swine nutrition. In: MILLER, E.R., ULREY, D.E., LEWIS, A.J. **Swine nutrition**. Burtterworth- Heinemann, p.121-132, 1991.
- EYNG, C ; NUNES, R.V. ; POZZA, P.C. et al. Composição química e valores energéticos de cultivares de milho para aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, p.60-72, 2009.
- FARREL, D.J. Energy systems for pigs and poultry: A review. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, v.34, p.21- 34, 1979.
- FARIA FILHO D.E.; FARIA D.E.; JUNQUEIRA O.M.; et al. Avaliação da farinha de carne e ossos na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.1, p.001-009, 2002.
- FERREIRA, E.R.A., FIALHO, E.T., TEIXEIRA, A.S. et al. Avaliação da composição química e determinação de valores energéticos e equação de predição de alguns alimentos para suíno **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.514 – 523, 1997.
- GOMES, F.A.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B. et al. Valores energéticos de alguns alimentos utilizados em rações para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.396-402, 2007.
- JOHNSON, M.L., PARSONS, C.M., FAHEY, G.C. et al. Effects of special 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, n.4, p.1112 -1121. 1998.
- LANA, R. de P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 344 p.
- KNABE, D.A., LA RUE, E.J., GREGG, E.J. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuff s by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.67, p.441 – 458, 1989.
- MAFFI, G.L. Graxarias e subprodutos. In: Conferencia APINCO de Ciência e Tecnologia Av ícolas. **Anais... FACTA**. Campinas. P.191-201. 1993.
- MEDEL, P., LATORRE, M. A. e MATEOS, G. G. Nutrición y alimentación de lechones destetados precozmente. **Curso de Especialización**, 15. Avances en nutrición y alimentación animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Madrid, p.147-195. 1999.

- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA.
Instrução normativa nº 34, de 28 de maio de 2008.
- MORGAN, C.A.; WHITTEMORE, C.T.; PHILLIPS, P. et al. The prediction of the energy value of compounded pig foods from chemical analysis. **Animal Feed Science Technology**, v.17, p.81-107, 1987.
- NAGATA, A.K.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.F. et al. Energia metabolizável de alguns alimentos energéticos para frangos de corte, determinada por ensaios metabólicos e por equações de predição. **Ciências Agrotecnológicas**, v.28, n.3, p.668-677, 2004
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**.10. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. 189p.
- NOBLET, J.; PEREZ, J.M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3389-3398, 1993a.
- NOBLET, J.; HENRY, Y. Energy evaluation systems for pig diets: a review. **Livestock Production Science**, v.36, p.121-141, 1993b.
- NOBLET J., FORTUNE H., SHI X. S. et al. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.344-354. 1994.
- NOBLET, J.; BELLEGO, L.L; VAN MILGEN, J. et al. Effect of reduction of dietary protein level and fat addition on heat production and energy balance in growing pigs. **Animal Research**, v.50 p.227–238, 2001.
- NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; NUNES, C.G.V. et al. Valores energéticos de subprodutos de origem animal para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1217-1224, 2005.
- OCKERMAN, H.M.; HANSEN, C.L. **Industrialización de subproductos de origen animal**. Zaragoza, Editorial Acribia, 1994, 387p.
- OLIVEIRA, V.; MACHINSK, T.G.; SILVA, Y.L.; ARAÚJO, J.S.; SCHNEIDERS, J.L. Variabilidade da composição química, física e microbiológica de farinhas de carne e ossos. **Revista da FZVA, Uruguiana**, v.16, n.2, p.173-186, 2009.
- 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.
- OST, P.R.; RODRIGUES, P.B.; FIALHO, E.T. et al. Valores energéticos de soja integrais e de farelos de soja, determinados com galos adultos e por equações de predição. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.2, p.467-475, 2005.
- 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.
- PELIZZERI, R.N. **Validação da predição de modelos para estimar a energia metabolizável do milho para suínos**. 2010. 30p. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2010.

- PEREIRA, L.E.T. **Farinha de vísceras de aves em substituição ao farelo de soja na alimentação de suínos em crescimento e terminação.** Viçosa -MG: UFV, 1993. 30p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- POZZA, P.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L et al. Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos de farinhas de carne e ossos para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1181-1191, 2004.
- POZZA, P.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.1, p.33-40, 2008a.
- POZZA, P.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L et al. Determinação e predição dos valores de energia digestível e metabolizável da farinha de vísceras para suínos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.4, p.734-742, 2008b.
- POZZA, P.C.; NUNES, R.V.; POZZA, M.S.S. et al. Determinação e predição de valores energéticos de silagens de grãos úmidos de milho para suínos. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.226-232, 2010.
- PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. **Ciência de la carne y de los productos carnicos.** Zaragoza: Acribia, 1994. 581 p.
- RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO,H.S.; ALBINO, L.F.T.; et al. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1771-1782, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal - SP. FUNEP 283p., 2007.
- SANTOS, E.J.; CARVALHO, E.P.; SANCHES, R.L. et al. Qualidade microbiológica de farinhas de carne e ossos produzidas no estado de Minas Gerais para produção de ração animal. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.2, p.425-433, 2000.
- SANTOS, Z.A.S.; FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T. et al. Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.232-237. 2005.
- SARTORELLI, S.A.A. **Uso de farinha de carne e ossos em rações de frangos de corte.** 1998. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, 1998.

- SARTORELLI, S.A.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E. et al. 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.
- SEERLEY, R.W. Major feedstuffs used in swine diets. In: MILLER, E.R.; ULLREY, D.E.; LEWIS, A.J. (Eds.) **Swine nutrition**. Butterworth-Heinemann, 1991. p.509-516.
- SHIRLEY, R.B., PARSON, C.M. Effect of pressure processing on amino acid digestibility of meat and bone meal for poultry. **Poultry Science**, v.79, p.1775-1781, 2000.
- TEIXEIRA, A.S.; CAVALCANTI, J.S.; OST, P.R. et al. Probióticos em rações para frangos de corte utilizando farinha de carne e ossos com diferentes níveis de contaminação bacteriana. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.4, p.927-933, 2003.
- VIEITES, F.M. **Valores energéticos e de aminoácidos digestíveis de farinhas de carne e ossos para aves**. 1999. 75 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, 1999.
- VILAÇA, D.M. Avaliação da qualidade da farinha de carne e ossos produzida em Patos de Minas oriundas de matérias primas diferentes. **Revista Graxaria Brasileira**, v.14, p. 62-63, 2010.
- ZANOTTO, D.L., MONTICELLI, C.J. Granulometria do milho em rações para suínos e aves: digestibilidade de nutrientes e desempenho animal. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1998, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA -CNPSA, 1998, p.26 -47 (EMBRAPA - CNPSA, Documentos, 52).
- ZONTA, M.C.M.; RODRIGUES, P.B.; ZONTA, A. et al. Energia metabolizável de ingredientes protéicos determinada pelo método de coleta e por equações de predição. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.6, p.1400-1407, 2004.
- ZONTA, M.C.M.; RODRIGUES, P.B.; ZONTA, A. et al. Energia metabolizável de farinhas de soja ou produtos de soja, determinada pelo método de coleta total e por equações de predição. **Arquivos de Zootecnia**, v.55, p.21-30, 2006.
- WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. Predicting the energy content of pig feeds. In: COLE, D.J.A.; HARESIGN, W. (Ed.). **Recent developments in pig nutrition**. London: Butterworth, 1985. p. 59-70.

CAPÍTULO II

Artigo Científico

Determinação dos valores energéticos de farinhas de carne e ossos para suínos, ajuste e avaliação de modelos de predição da energia metabolizável.

Resumo: O objetivo proposto neste trabalho foi determinar a composição química e energética de diferentes farinhas de carne e ossos (FCO) para suínos, assim como ajuste e avaliação de modelos para prever seus valores de energia metabolizável (EM) utilizando conjunto de dados independentes obtidos na literatura brasileira e internacional. Foram utilizados 32 suínos, mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de $26,75 \pm 1,45$ kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com oito tratamentos, quatro repetições e um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma ração-referência e sete diferentes FCO, que substituíram em 20% a ração referência. O período experimental teve duração de 12 dias, sendo sete dias de adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às rações, e cinco dias de coleta de fezes e urina sendo empregada a coleta total de fezes mediante utilização de óxido férrico (Fe_2O_3) como marcador fecal para definir o início e o final do período de coleta. Foi determinada a composição química das diferentes FCO, e a matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, matéria mineral, cálcio e fósforo variaram de 92,09 a 97,25; 40,73 a 50,28; 8,68 a 12,07; 1,82 a 3,22; 31,90 a 44,66; 10,41 a 15,84 e 5,17 a 7,62%, respectivamente. Os valores de digestibilidade em pepsina da proteína, acidez em NaOH 0,1 N 100 g^{-1} e diâmetro geométrico médio variaram de 48,12 a 80,78%, 0,16 a 2,05 meq 100 g^{-1} e 809,00 a 1262,00 μm , respectivamente. Os valores de EM das FCO variaram de 1645 a 2645 kcal kg^{-1} . As equações de predição $\text{EM}_1 = -4233,58 + 0,4134\text{EB} + 72\text{PB} + 89,62\text{MM} - 159,06\text{Ca}$; $\text{EM}_2 = 2087,49 + 0,3446\text{EB} + 31,82\text{MM} - 189,18\text{Ca}$; $\text{EM}_3 = 2140,13 + 0,3845\text{EB} - 112,33\text{Ca}$; $\text{EM}_4 = -346,58 + 0,656\text{EB}$; $\text{EM}_5 = 3221,27 + 178,96\text{EE} - 76,55\text{MM}$ e $\text{EM}_6 = 5356,45 - 84,75\text{MM}$, ajustadas no presente estudo foram validas em prever os valores de energia metabolizável das farinhas de carne e ossos obtidas em pesquisas nacionais. Contudo, não houve validação dos modelos para prever os valores de EM das FCO internacionais.

Palavras-chave: composição química, equação de regressão, subprodutos de abatedouros

Determination of the energy values of meat and bone meal for swine, adjustment and evaluation of the models to predict of metabolizable energy.

Abstract: The aim of this study was to determine the chemical and energetic composition of seven different meat and bone meals (MBM) for swine, adjustment and evaluation of the models to predict of metabolizable energy values (ME). 32 crossbreed swine were used in order to determine the ME – castrated males, averaging 26.75 ± 1.45 kg initial weight, allotted in a randomized block design with eight treatments, four replicas and one animal per experimental unit. The treatments consisted of a basal diet and seven meat and bone meals, which replaced 20% of basal diet. The experimental period was done in 12 days, seven days for the animals to adapt to metabolic cages and the diets, and five days period of total, but separated collection of feces and urine, using the ferric oxide (Fe_2O_3) as fecal marker to define the beginning and end of the collection period. The chemical composition of the different MBM was determined. The dry matter, crude protein, ether extract, crude fiber, ash, calcium and phosphorus ranged from 92.09 to 97.25, 40.73 to 50.28, 8.68 to 12.07, 1.82 to 3.22, 31.90 to 44.66, 10.41 to 15.84 and 5.17 to 7.62%, respectively. The values of the pepsin digestibility of crude protein, NaOH 0.1 N 100 g^{-1} acidity and average geometric diameter ranged from 48.12 to 80.78%, 0.16 to 2.05 meq 100 g^{-1} and 809.00 to 1262.00 μm , respectively. The ME values of MBM ranged from 1645 to 2645 kcal kg^{-1} . The prediction equations $\text{EM}_1 = -4233.58 + 0.4134\text{EB} + 72\text{P} + 89.62\text{MM} - 159.06\text{Ca}$; $\text{EM}_2 = 2087.49 + 0.3446\text{EB} + 31.82\text{MM} - 189.18\text{Ca}$; $\text{EM}_3 = 2140.13 + 0.3845\text{EB} - 112.33\text{Ca}$; $\text{EM}_4 = -346.58 + 0.656\text{EB}$; $\text{EM}_5 = 3221.27 + 178.96\text{EE} - 76.55\text{MM}$ and $\text{EM}_6 = 5356.45 - 84.75\text{MM}$, generated in this study were effective in predicting the ME from typical Brazilian MBM, calculated from their chemical composition. However, there was no validation of predict models to the values of ME from international researches of MBM.

Keywords: chemical composition, regression equation, slaughterhouse by-product, prediction equation

1 Introdução

A formulação de rações é resultado da combinação de alimentos em perfeito ajuste, de forma a atender corretamente as exigências nutricionais dos animais. No Brasil, a maioria das rações é composta por milho e farelo de soja, mas existem alimentos alternativos que podem ser utilizados na alimentação dos suínos. No entanto, conhecer os valores de composição química e energética desses alimentos é importante para que sejam desenvolvidos programas de alimentação eficientes a custos mínimos.

Entre os ingredientes alternativos disponíveis, para utilização em dietas de suínos, encontram-se a farinha de carne e ossos (FCO). Este produto é obtido em unidades industrializadoras de subprodutos de frigoríficos após desossa parcial ou completa de carcaça de bovinos e suínos; bem como da coleta de resíduos em casas de carne e processados por fábricas de farinhas independentes. É composta de ossos e resíduos de tecidos dos animais e não deve conter cascos, chifres, pêlos, conteúdo estomacal, sangue e outras matérias-primas (MAPA – Instrução Normativa Nº 34 de 28/05/2008).

Normalmente, a composição dos alimentos utilizados na formulação de rações é baseada em dados de tabelas (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2005; ROSTAGNO et al., 2011). Entretanto, a composição dos alimentos apresenta variações entre as tabelas de composição (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007) e de acordo com Brumano et al. (2006) e Gomes et al. (2007), a atenção deve ser redobrada quando se faz uso principalmente de subprodutos de origem animal, haja vista a pouca padronização desses alimentos, cujos valores nutritivos variam conforme o processamento a que são submetidos e ao tipo e às proporções de seus constituintes.

Desta forma, para se formular rações mais eficientes e atender adequadamente às exigências nutricionais dos animais, é necessário conhecer com maior precisão, dentre outros, os valores energéticos dos alimentos, que podem ser determinados por meio de métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos ou convencionais requerem a utilização de uma bomba calorimétrica e de ensaios metabólicos, sendo metodologias trabalhosas, demoradas e dispendiosas, o que dificulta sua utilização pela indústria suinícola (ZONTA, 2006; SAKOMURA; ROSTAGNO et al., 2007; POZZA et al., 2008a).

Como método indireto surgem as equações de predição, que são baseadas na composição proximal dos alimentos, obtidas rotineiramente em laboratórios, considerada uma alternativa rápida, prática e econômica na avaliação nutricional dos alimentos (FERREIRA et al., 1997; ZONTA et al., 2004) pois, conforme indicam as tabelas de

composição de alimentos (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2011) a composição química dos alimentos é o principal determinante da energia do mesmo. Estas equações podem ser utilizadas como instrumento para aumentar a acurácia no processo de formulação de rações, principalmente na correção dos valores energéticos; e sua aplicação em alimentos de grande variação química é mais justificada (ALBINO; SILVA, 1996).

Para a indústria de rações, o uso de equações de predição é importante para estimar o valor energético dos alimentos e ajustar a matriz nutricional dos ingredientes (SANTOS et al., 2005). Para que uma equação de predição do conteúdo energético seja assumida como eficaz, para predizer a energia metabolizável de amostras futuras, é necessário que ela seja validada. Com relação à precisão e exatidão, percebe-se que a maioria dos modelos apresenta bom poder de predição para o conjunto de dados em que foram derivados (OLIVEIRA; WARPECHOWSKI, 2009). No entanto, há poucos estudos comparando o comportamento de modelos de predição em conjuntos de dados independentes.

Desta forma, os objetivos deste estudo foram determinar a composição química e energética de diferentes FCO para suínos, assim como ajustar e avaliar modelos para predizer seus valores de energia metabolizável em função da composição química, utilizando conjuntos de dados independentes obtidos na literatura brasileira e internacional.

2 Material e Métodos

2.1 Ensaio de metabolismo

O ensaio de metabolismo foi conduzido na sala de metabolismo de suínos da fazenda experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, localizado no município de Marechal Cândido Rondon- PR (latitude 24°33'40" S e longitude 54°04'12" W), durante os meses de maio e junho de 2012.

Foram avaliadas sete diferentes farinhas de carne e ossos (FCO), utilizadas na formulação de rações de integradoras da região Oeste do Estado do Paraná.

Foram utilizados 32 suínos mestiços (Landrace x Large White x Piétrain), machos castrados, com peso médio inicial de 26,75kg \pm 1,45kg, os quais foram distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo, semelhantes às descritas por PEKAS (1968), em um delineamento experimental de blocos ao acaso com sete tratamentos e quatro repetições, sendo a unidade experimental constituída por um animal.

As temperaturas foram registradas diariamente por meio de termômetros de máxima e mínima, sendo registrados valores médios diários de 15,7°C e 22,1°C, respectivamente.

As FCO substituíram em 20% a ração referência, conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2005). A ração referência (Tabela 1) à base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aminoácidos, foi formulada para atender em no mínimo às exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011).

Tabela 1 – Composição centesimal da ração referência na (matéria natural).

Ingredientes	%
Milho grão moído	68,454
Farelo de soja	27,293
Fosfato bicálcico	1,506
Calcário	0,843
Óleo de soja	0,719
Sal (NaCl)	0,432
L - lisina HCl (80,0%)	0,341
DL - metionina (98,0%)	0,099
L - treonina (98,0%)	0,090
L - triptofano (98,0%)	0,007
Suplemento vitamínico mineral*	0,200
Antioxidante**	0,010
Promotor de crescimento***	0,006
Energia (kcal/kg) e nutrientes (%)	Composição calculada
Energia Metabolizável	3229.999
Proteína Bruta	18,158
Fibra bruta	2,631
Cálcio	0,768
Fósforo disponível	0,380
Sódio	0,200
Lisina digestível	1,093
Metionina + cistina digestível	0,612
Triptofano digestível	0,197
Treonina digestível	0,689

*Suplementação de vitaminas, minerais e aditivos por kg de ração: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit. D3, 2.000.000 U.I.; vit. E, 60.000 U.I.; vit. B1, 1,0g; vit. B2, 5,0g; vit. B6, 2,0g; vit. B12, 30.000mcg; ácido nicotínico, 30.000mcg; ácido pantotênico, 15.000mcg; vit. K3, 1.000mg; ácido fólico, 1.500mg; biotina, 250mg; selênio, 350mg; e veículo q.s.p., 1.000g; ferro, 100g; cobre, 10g; cobalto, 1g; manganês, 50g; zinco, 100g; iodo, 1g; e veículo q.s.p. p/ 1000g, **BHT (hidróxitolueno butilado), ***Tilosina 25%.

O período experimental teve duração de 12 dias, sendo sete dias de adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às rações, e cinco dias de coleta de fezes e urina.

Os animais receberam ração umedecida, em quantidade pré-estabelecida individualmente de acordo com o peso metabólico de cada animal ($\text{kg}^{0,75}$), em duas porções, às 07h e às 17h. A água foi fornecida à vontade, após a ingestão da ração.

Foi empregada a coleta total de fezes mediante utilização de óxido férrico (Fe_2O_3) como marcador fecal para definir o início e o final do período de coleta. As coletas foram realizadas diariamente, duas vezes ao dia (07h30 e às 17h30), acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em congelador (-18°C). Ao final desse período, as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e retiradas amostra de 450g, sendo secas em estufa de ventilação forçada (55°C) por 72 horas para análises posteriores de matéria seca e energia bruta.

A urina, coletada separadamente, foi filtrada à medida que era excretada, e colhida em baldes plásticos que continham 20 ml de HCl 1:1, para evitar perdas de nitrogênio e proliferação bacteriana. Do volume total foram retiradas alíquotas de 10%, acondicionadas em frascos de vidro, por animal, e armazenadas em geladeira (3°C), para análises posteriores de energia bruta da urina de cada animal.

2.2 Análises laboratoriais

Foram realizadas as análises bromatológicas das diferentes FCO para determinarem os valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P), conforme metodologias descritas por Silva; Queiroz (2005). Foram analisados também a digestibilidade da proteína em pepsina (PEP), a acidez (A) em NaOH e o diâmetro geométrico médio (DGM), segundo as técnicas descritas por Brugalli (1999).

As análises de MS das fezes foi realizadas de acordo com as técnicas descritas por Silva; Queiroz (2005). A energia bruta (EB) das FCO, da ração referência e das fezes e urina foi determinada na Universidade Estadual de Maringá – UEM, utilizando uma bomba calorimétrica isoperibólica Parr®, modelo 6200.

2.3 Análises estatísticas

Foram determinados os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), coeficientes de digestibilidade da energia bruta (CDEB) e de metabolizabilidade da

energia bruta (CMEB), assim como a relação EM:ED das diferentes FCO.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e pelo teste de Student Newman Keuls, em nível de 5% de significância para os coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade da EB.

O ajuste inicial de modelos de regressão linear simples e múltipla aos dados de EM das FCO para suínos foi realizado utilizando-se os valores de EB, PB, EE, MM, Ca e P como regressoras (modelo completo). Posteriormente os modelos foram ajustados utilizando os valores de PB, EE e MM como regressoras.

Para o ajustamento das equações de predição dos valores de EM foi utilizado o procedimento de regressão linear simples e múltipla, por meio de técnicas de eliminação indireta (Backward), utilizando o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1999).

O critério principal para a seleção das regressoras foi a significância dos parâmetros dos modelos de regressão pelo teste t parcial. Os parâmetros não significativos foram retirados do modelo e a análise foi reprocessada.

A estimação dos parâmetros dos modelos de regressão foi realizada utilizando-se do método dos mínimos quadrados. A qualidade de ajuste dos modelos com intercepto aos dados de energia metabolizável foi avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2). O nível de significância de 0,05 foi adotado em todos os testes de hipóteses.

Após a estimação de seis modelos de regressão dos valores de energia metabolizável das FCO, em função de suas composições químicas na MS foi tabulado um banco de dados provenientes da literatura científica contendo 48 registros de energia metabolizável observada (EMO) e de energia metabolizável estimada (EME) através dos seis modelos de regressão, para fins de validação dos modelos.

Os 48 dados de EMO foram provenientes de valores encontrados na literatura científica (ADEDOKUN; ADEOLA, 2005; POZZA et al., 2008; OLUKOSI; ADEOLA, 2009; ROSTAGNO et al., 2011). Todos os dados foram classificados de acordo com a origem científica, ou seja, 15 dados foram obtidos em experimentos brasileiros e 33 originários de experimentos da literatura internacional.

Os 48 dados de EME foram obtidos a partir da substituição da composição química das FCO (em MS), encontrada na literatura, nas equações estimadas no presente trabalho.

Após a tabulação pareada dos 48 registros de valores de EMO e de EME, a validação dos seis modelos de regressão foi avaliada inicialmente com o ajuste de modelos de regressão linear de 1º grau ($y_i = b_0 + b_1x_i + \varepsilon_i$) dos valores observados de energia metabolizável

observada (EMO) em função dos valores de energia metabolizável estimada (EME), utilizando-se do método dos mínimos quadrados, em que $y = \text{EMO}$ e $x = \text{EME}$. Esse procedimento foi adotado tanto para o banco de dados brasileiro ($N = 15$), com dados provenientes de literatura brasileira, para o banco de dados internacional ($N = 33$), com dados obtidos em literatura internacional, e para o banco de dados misto, que contemplou todos os 48 registros de energia (literatura brasileira e internacional).

A existência da relação linear entre valores observados e estimados foi avaliada pela detecção da significância das estimativas dos parâmetros β_0 e β_1 , verificada pelo teste “t” parcial aplicado individualmente a cada parâmetro.

Para situações em que ocorreu significância do intercepto e do coeficiente angular, a hipótese de nulidade testada foi $H_0: \beta_i = 0$ e a hipótese alternativa bilateral foi $H_a: \beta_i \neq 0$. A não aceitação da hipótese de nulidade para o coeficiente angular sugeriu a influência dos valores estimados de energia metabolizável para explicar a variação nos valores energéticos observados.

Nos casos em que a predição do modelo de 1º grau apresentou-se não-significativa para o intercepto, a análise foi reprocessada considerando-o nulo, ou seja, foi ajustado o modelo $y_i = b_1x_i + \varepsilon_i$. A hipótese de nulidade testada foi restrita ao coeficiente angular ($H_0: \beta_1 = 0$), contra a hipótese alternativa bilateral ($H_a: \beta_1 \neq 0$).

A validação da predição dos modelos de regressão de 1º grau e, em consequência, a validação das equações estimadas como preditoras da relação linear de energia metabolizável, a partir dos valores de composição química da FCO para suínos, foi verificada a partir do ajuste de um modelo linear de 1º grau dos valores preditos (\hat{y}) de energia metabolizável pelas equações estimadas inicialmente em função dos valores observados. Os valores preditos foram expressos por: $\hat{y} = b_0 + b_1x_i$.

A hipótese de nulidade testada foi a hipótese conjunta para os parâmetros da regressão linear, em que $H_0: \beta_0 = 0$ e $\beta_1 = 1$ versus $H_a: \beta_0 \neq 0$ e $\beta_1 \neq 1$. A validação das equações foi verificada quando a H_0 não foi rejeitada, ao se aplicar o teste F (MONTGOMERY et al., 2006), indicando semelhança entre valores preditos (\hat{y}) e observados (y), ou seja, baixa magnitude nos valores de resíduo ($\varepsilon_i = y - \hat{y}$).

O nível de significância de 0,05 foi adotado em todos os testes de hipóteses da etapa de validação.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Statistical Analyses System (SAS, 2002).

3 Resultados e discussão

O valor médio de MS das sete FCO encontrado no presente estudo foi de 94,88% (Tabela 2) estando muito próximo do valor médio de MS (94,72%) encontrado por Oliveira et al. (2009), que avaliaram dez amostras de FCO comercializadas na região Oeste do Estado do Paraná. Todas as amostras analisadas apresentaram conteúdo de umidade abaixo do limite máximo estabelecido (8%) pelo COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (2009). De acordo com Butolo (2002), toda a FCO com umidade superior a 8% está mais susceptível à decomposição, aumento da população microbiana e acidificação. No entanto, umidade muito baixa está geralmente associada a queima do produto.

Tabela 2 – Composição química, digestibilidade em pepsina, acidez em NaOH e diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas de diferentes farinhas de carne e ossos, expressos na matéria natural.

Parâmetros		Farinhas de carne e ossos						
		1	2	3	4	5	6	7
Matéria Seca	(%)	96,38	95,12	94,08	97,25	92,09	92,66	96,61
Proteína Bruta	(%)	50,28	49,97	44,77	48,62	44,20	45,30	40,73
Extrato Etéreo	(%)	12,07	10,41	11,43	9,10	9,77	8,68	10,08
Fibra Bruta	(%)	2,21	1,91	2,67	2,68	3,22	2,94	1,82
Matéria Mineral	(%)	35,51	31,90	38,04	36,58	37,35	37,51	44,66
Cálcio	(%)	11,42	10,41	12,16	13,43	13,03	13,17	15,84
Fósforo Total	(%)	5,72	5,17	6,19	6,25	6,21	6,48	7,62
Pepsina 0,002	(%)	79,71	77,06	70,63	62,77	54,79	80,78	48,12
Acidez	(meq 100 g ⁻¹)	0,34	2,05	1,28	0,16	0,55	0,49	0,46
DGM	(µm)	853	1262	933	809	1083	1045	999

O teor médio de PB foi de 46,27% (Tabela 2), com amplitude de 40,73 a 50,28% estando entre os valores propostos por Rostagno et al. (2011) que classifica as FCO em nove grupos de acordo com seu teor de proteína (36, 38, 41, 44, 46, 48, 50, 55 e 63% PB). Pode ser observado ainda que todas as FCO estudadas apresentaram conteúdo protéico acima de limite mínimo (40,0%) estabelecidos pela Anfar (1985) e pelo COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (2009).

Quanto à matéria mineral (MM), observa-se variação de 31,90 a 44,66% (Tabela 2) entre as diferentes amostras de FCO. Pode ser observado ainda que, de modo geral, o

conteúdo de matéria mineral das diferentes FCO é inversamente proporcional à porcentagem de PB, sendo o mesmo apresentado por outras literaturas (AFZ et al., 2000; NUNES et al., 2005; POZZA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009; ROSTAGNO et al., 2011). De acordo com Seerley (1991) e Nunes et al. (2005) essa relação entre as proporções de matéria mineral e PB, no caso da FCO, é resultante da inclusão, principalmente, de ossos e tecidos tendinosos ao alimento.

Os valores de extrato etéreo variaram de 8,68 a 12,07% (Tabela 2), que foram semelhantes aos encontrados na literatura (ARAUJO et al., 2011; EYNG et al., 2011; ROSTAGNO et al., 2011). Dessa forma, as FCO analisadas não podem ser classificadas como desengorduradas, pois, segundo a Anfar (1985), nas FCO desengorduradas o extrato etéreo deve ser, no mínimo, de 2% e, no máximo, de 4%.

Em relação à composição dos minerais avaliados observa-se que os níveis de cálcio e fósforo das diferentes FCO variaram de 10,41 a 15,84% e de 5,17 a 7,62%, respectivamente (Tabela 2), sendo que a relação entre cálcio e fósforo (Ca:P) variou de 1,96 a 2,15. Apesar da variabilidade observada, os valores de Ca e P das diferentes FCO estiveram de acordo com as recomendações e a padronização da Difisa (1989), por apresentarem valores superiores a 3,8%. O COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (2009) estabelece, ainda, que a relação cálcio:fósforo máxima deve ser de 2,15:1. Desse modo, quanto a esta relação, todas partidas avaliadas atenderam às recomendações da literatura supracitada.

As variações nos valores de composição química já eram esperadas, uma vez que há variações nas técnicas de processamento e nas matérias-primas empregadas para a elaboração das FCO. Brumano et al. (2006) e Gomes et al. (2007) já apontavam a importância de se redobrar a atenção quando se faz uso de subprodutos de origem animal, haja vista a pouca padronização desses alimentos, cujos valores nutritivos variam conforme o processamento a que são submetidos e ao tipo e às proporções de seus constituintes.

A digestibilidade média em pepsina da PB das FCO avaliadas foi de 67,69%, variando de 48,12 a 80,78% (Tabela 2). Desta forma, todas as FCO estudadas apresentaram digestibilidade em pepsina da PB acima do limite mínimo (30%) estabelecido pelo COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (2009) para FCO com porcentagens de PB entre 35 e 50%. De acordo com Bellaver et al. (2004), pode-se indicar que solubilidades ideais, em concentrações de pepsina de 0,0002%, estão acima de 55%, sendo indicativas de farinhas de boa qualidade nutricional.

Os resultados de acidez em NaOH 0,1 N 100 g⁻¹ variaram de 0,16 a 2,05 meq 100 g⁻¹ (Tabela 2). Dessa forma, todas as amostras atenderam à recomendação padrão da Anfar (1985), que é de no máximo 3,0 meq de NaOH 0,1 N 100 g⁻¹ de amostra.

Com relação aos valores de DGM (Tabela 2), apenas a FCO 4 pode ser classificada como média, sendo as restantes classificadas como grossas, uma vez que, segundo Nunes et al. (2001), os alimentos podem ser classificados em grossos (DGM acima de 832,7 µm), médios (DGM entre 375,3 e 832,7 µm) e finos (DGM menor que 375,7 µm). O tamanho das partículas dos alimentos destinados à fabricação de rações pode influenciar a digestibilidade dos nutrientes e, conseqüentemente, a maximização da resposta do animal, além de influenciar o rendimento da moagem (ZANOTTO; BELLAVER, 1996).

Os valores de EB variaram de 3134 a 4704 kcal kg⁻¹ (Tabela 3), o que pode ser atribuído à variação observada na composição química das FCO avaliadas. Os coeficientes de digestibilidade da energia bruta variaram de 56,17 a 69,01%, com uma média de 63%, estando entre os valores encontrados por Pozza et al. (2008) que avaliaram seis FCO de diferentes procedências. Esta variação entre os coeficientes de digestibilidade da energia bruta são esperados devido a diferenças na composição química das FCO, pois a composição química dos alimentos é o principal determinante da energia digestível (NRC, 1998).

Tabela 3 – Valores de energia bruta (EB), digestível (ED) e metabolizável (EM), coeficientes de digestibilidade (CDEB) e metabolizabilidade (CMEB) da energia bruta e relação EM:ED das farinhas de carne e ossos (FCO), na matéria natural.

FCO	EB (kcal/kg)	CDEB ¹ (%)	ED (kcal/kg)	CMEB ¹ (%)	EM (kcal/kg)	EM:ED
1	4142	69,01 ^a	2859	62,36 ^a	2583	0,90
2	4704	62,67 ^{abc}	2948	56,23 ^{ab}	2645	0,90
3	3613	66,11 ^{ab}	2389	57,96 ^a	2094	0,88
4	3248	59,89 ^{bc}	1945	55,26 ^{ab}	1795	0,92
5	3482	61,73 ^{abc}	2149	56,00 ^{ab}	1950	0,91
6	3134	63,03 ^{abc}	1975	58,45 ^a	1832	0,93
7	3338	56,17 ^c	1875	49,29 ^b	1645	0,88
CV (%)	-	6,29	-	6,18	-	-

1 – Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de SNK (P<0,05)

CV – Coeficiente de variação

A FCO 1 apresentou maior coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CDEB) ($p < 0,05$) em relação as FCO 4 e 7 o que pode estar relacionado aos seus maiores percentuais de PB e EE. Além disso, as FCO 4 e 7 apresentaram maiores valores de MM, Ca e P, em relação a FCO 1, o que também pode ter contribuído para seus menores valores de CDEB pois, de acordo com Maynard et al.(1984), os ácidos graxos se combinarem com o cálcio, assim como o magnésio, para formar compostos insolúveis, que são excretados nas fezes, o que conseqüentemente pode reduzir a digestibilidade da energia bruta dos alimentos.

O valor médio de EM foi de $2078 \text{ kcal kg}^{-1}$, variando de 1645 a $2645 \text{ kcal kg}^{-1}$, estando entre os valores reportados por outras literaturas (ADEDOKUN; ADEOLA, 2005; POZZA et al., 2008). É interessante observar que no trabalho de Adedokun; Adeola (2005), o valor médio de EM das FCO estudadas pelos autores foi maior ($2736 \text{ kcal kg}^{-1}$ da MS) do que o encontrado no presente estudo, sendo observado valor máximo de até $3308 \text{ kcal kg}^{-1}$ da MS, o que pode estar relacionados com o maior teor de PB (mínimo de 50%) das FCO estudadas pelos autores internacionais, sendo também observadas porcentagens inferiores de MM (máximo de 38%) do que os apresentados pelas FCO do presente estudo. Rostagno et al.(2011), propõe ainda variação de 1695 a $2870 \text{ kcal kg}^{-1}$ de EM, entre nove FCO com porcentagens de PB que variaram de 36,31 a 63,17%, respectivamente.

Com relação aos coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB), foi observada uma variação de 49,29 a 62,36% entre as diferentes amostras de FCO. Observa-se que a FCO 7, apresentou CMEB inferior ($p < 0,05$) em relação as FCO 1, 3 e 6, o que pode estar relacionado com a qualidade proteica das amostras, pois, se a proteína é de baixa qualidade, ou em excesso, há um aumento da carga de nitrogênio (N) do animal com conseqüente aumento de gasto de energia para a excreção de N e, conseqüentemente, uma redução da quantidade de energia disponível para o animal (POZZA et al., 2008; OLUKOSI; ADEOLA, 2009).

A matriz de correlação (Tabela 4) obtida pelo ajustamento das equações de predição do modelo completo mostra que os valores de EM das FCO correlacionaram-se negativamente com a MM e positivamente com a PB, o que foi apresentado por outras literaturas (JOHNSON; PARSONS, 1997; ADEDOKUN; ADEOLA, 2005; POZZA et al., 2008; OLUKOSI; ADEOLA, 2009; ROSTAGNO et al., 2011). De acordo com Ewans (1991), a concentração energética de um alimento é dependente de carboidratos, gorduras, proteínas, minerais e água, devendo ser ressaltado que a água e os minerais não contribuem para o conteúdo energético. O efeito negativo da matéria mineral, sobre os valores energéticos

das FCO, pode ser devido ao seu efeito diluente da energia bruta, reduzindo o conteúdo de matéria orgânica dos alimentos (Morgan et al., 1987).

Tabela 4 – Matriz de correlações entre os componentes das amostras de farinhas de carne e ossos.

Item	EM	EB	PB	EE	MM	Ca	P
EM	1,00000	-	-	-	-	-	-
EB	0,89234	1,00000	-	-	-	-	-
PB	0,74405	0,62647	1,00000	-	-	-	-
EE	0,60320	0,56817	0,20928	1,00000	-	-	-
MM	-0,75508	-0,70101	-0,96110	-0,14473	1,00000	-	-
Ca	-0,87949	-0,81852	-0,89764	-0,44642	0,93357	1,00000	-
P	-0,83512	-0,78615	-0,94222	-0,32805	0,98039	0,97697	1,00000

EM = energia metabolizável, EB = energia bruta, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, MM = matéria mineral, Ca = cálcio e P = fósforo.

Com relação ao EE, houve correlação positiva com a EM das FCO (Tabela 4) diferindo dos resultados encontrado por Pozza et al. (2008), que observaram correlação negativa entre EE e os valores energéticos das FCO estudadas. Naquele estudo, os autores atribuíram os achados de correlação negativa do EE com os valores energéticos aos altos níveis de MM, pois, além do efeito diluente da matéria mineral pode haver ainda uma redução da digestibilidade de alguns compostos, como gorduras (NOBLET; PEREZ, 1993).

O cálcio e o fósforo correlacionaram-se negativamente com os valores de EM das FCO. Este efeito também está associado à MM por contemplar o conteúdo de Ca e P, pois apresentaram correlação negativa.

As equações ajustadas para estimar os valores de EM das FCO, encontram-se na Tabela 5. Os coeficientes de determinação (R^2) dos modelos completos de predição da EM variaram de 0,80 a 0,90 e de 0,57 a 0,82 para equações ajustadas utilizando as regressoras PB, EE e MM. Como pode ser observado, quanto maior o número de variáveis adicionadas na equação maior o valor de R^2 , sendo a equação $EM_1 = -4233,58 + 0,41339EB + 71,999PB + 89,6191MM - 159,062Ca$ a que apresentou o maior valor de R^2 (0,90). Isto pode indicar que 90% da variação no conteúdo energético da FCO são observados ao se considerar as variáveis independentes que fazem parte da equação (JUST et al., 1984).

Tabela 5 – Interceptos, coeficientes de regressão e de determinação das equações para prever os valores de energia metabolizável (EM) da farinha de carne e ossos, ajustados com base na matéria seca das variáveis independentes e da variável dependente.

Equações	Intercepto	Coeficientes de regressão						R ²
		EB	PB	EE	MM	Ca	P	
Equações ajustadas utilizando o modelo completo								
EM ₁	-4233,58	0,41339	71,999	-	89,6191	-159,062	-	0,90
EM ₂	2087,49	0,34460	-	-	31,8207	-189,184	-	0,87
EM ₃	2140,13	0,38451	-	-	-	-112,333	-	0,86
EM ₄	-346,58	0,656	-	-	-	-	-	0,80
Equações ajustadas utilizando PB, EE e MM								
EM ₅	3221,27	-	-	178,962	-76,5533	-	-	0,82
EM ₆	5356,45	-	-	-	-84,7450	-	-	0,57

EB = energia bruta, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, MM = matéria mineral, Ca = cálcio e P = fósforo.
R² = Coeficiente de determinação

Observou-se uma variação entre os valores de EME obtidos pelas equações de predição ajustadas no presente trabalho e os valores EMO nos ensaios de metabolismo (Tabela 6). Esta variação nos valores de EME com o uso dos modelos de predição, e os valores de EMO nos seus respectivos ensaios de metabolismo eram esperadas, pois apesar do grande esforço para elaborar modelos de predição, nem toda a tentativa de relacionar composição química e energia tem obtido sucesso quando testada com dados independentes (SIBBALD, 1982), o que pode estar associado à variabilidade entre diferentes laboratórios, mesmo quando a mesma técnica analítica é utilizada (CROMWELL et al., 1999).

Além disto, a composição química das FCO é dependente das matérias-primas utilizadas, dos sistemas, da temperatura e do tempo de processamento a que essas FCO foram submetidas (SHIRLEY; PARSONS, 2000), o que explica parcialmente a variação observada entre os valores de EME pelas equações de predição e os valores de EMO nos ensaios de metabolismo.

Tabela 6 – Valores médios, desvios-padrão, valores mínimos e máximos, e coeficiente de variação (CV) da energia metabolizável estimada (EME) por modelo de predição e da energia metabolizável observada (EMO) da farinha de carne e ossos, expressos na base da matéria seca, em dados obtidos em trabalhos científicos da literatura brasileira, internacional e mista (brasileira e internacional).

Literatura	Equação	N	Média (kcal/kg)	Desvio- padrão	Mínimo (kcal/kg)	Máximo (kcal/kg)	CV (%)
Brasileira	EME ₁	15	1974,35	670,76	899,83	3296,32	33,97
	EME ₂	15	2042,60	489,83	1336,94	2921,74	23,98
	EME ₃	15	2088,81	500,32	1395,56	3026,79	23,95
	EME ₄	15	2157,19	333,77	1595,56	2666,85	15,47
	EME ₅	15	2675,03	490,40	2157,27	3727,29	18,33
	EME ₆	15	2166,25	588,93	1543,79	3405,07	27,19
	EMO	15	2280,84	440,55	1651,63	3037,04	19,31
Internacional	EME ₁	33	2690,06	366,61	1890,01	3327,13	13,63
	EME ₂	33	2904,38	393,62	1748,11	3645,74	13,55
	EME ₃	33	2967,00	394,84	1845,41	3721,26	13,31
	EME ₄	33	2601,70	245,73	1944,83	3060,03	9,44
	EME ₅	33	3347,41	571,32	1928,04	4620,58	17,07
	EME ₆	33	3263,25	441,59	2120,04	4153,07	13,53
	EMO	33	2948,61	474,60	1569,00	3890,00	16,10
Brasileira e Internacional	EME ₁	48	2466,40	581,31	899,83	3327,13	23,60
	EME ₂	48	2635,08	583,02	1336,94	3645,74	22,12
	EME ₃	48	2692,56	591,54	1395,56	3721,26	21,97
	EME ₄	48	2462,79	343,00	1595,43	3060,03	13,93
	EME ₅	48	3137,29	626,95	1928,04	4620,58	19,98
	EME ₆	48	2920,44	707,20	1543,79	4153,07	24,21
	EMO	48	2739,93	555,88	1659,00	3890,00	20,29

Dos seis modelos avaliados todos apresentaram predição satisfatória para a EM de FCO (Tabela 7), uma vez que foi aceita a hipótese de nulidade conjunta ($H_0: B_0=0$ e $B_1=1$) para as equações EM₁, EM₂, EM₃, EM₄, EM₅ e EM₆ testadas em dados provenientes da literatura brasileira. Os valores absolutos máximos dos resíduos obtidos ($y-\hat{y}$) foram de 210, 245, 247, 605, 653 e 248 kcal kg⁻¹ respectivamente. Embora haja variação na composição das FCO nacionais, o teste F foi sensível para confirmar a aceitação de H_0 .

Contudo, ao avaliar os seis modelos utilizando dados provenientes da literatura internacional e mista (nacionais e estrangeiros), a hipótese de nulidade conjunta foi rejeitada ($H_0: B_0=0$ e $B_1=1$), ou seja, as equações EM₁, EM₂, EM₃, EM₄, EM₅ e EM₆ não apresentaram predição satisfatória para EM de FCO, sendo que os valores absolutos máximos dos resíduos ($y-\hat{y}$) foram de 1323, 1189, 1161, 1194, 1094 e 1145 kcal kg⁻¹, respectivamente, para dados provenientes da literatura internacional e de 1118, 1252, 1122, 1234, 1277 e 1140 kcal kg⁻¹, respectivamente, para dados provenientes da literatura mista.

Tabela 7 – Estatística F e probabilidade de significância dos valores preditos em função dos observados em amostras de validação obtidas em trabalhos da literatura brasileira, internacional e mista (brasileira e internacional).

Literatura	Equação de regressão	F	p-value
Brasileira N = 15	EM ₁ = -4233,58 + 0,4134EB + 72PB + 89,62MM – 159,06Ca	0,50	0,6174
	EM ₂ = 2087,49 + 0,3446EB + 31,82MM – 189,18Ca	0,53	0,5993
	EM ₃ = 2140,13 + 0,3845EB – 112,33Ca	0,41	0,6722
	EM ₄ = -346,58 + 0,656EB	1,61	0,2381
	EM ₅ = 3221,27 + 178,96EE – 76,55MM	2,86	0,0937
	EM ₆ = 5356,45 – 84,75MM	0,83	0,4597
Internacional N = 33	* EM ₁ = -4233,58 + 0,4134EB + 72PB + 89,62MM – 159,06Ca	1836,3	6,3x10 ⁻³³
	EM ₂ = 2087,49 + 0,3446EB + 31,82MM – 189,18Ca	129,07	9,3x10 ⁻¹⁶
	EM ₃ = 2140,13 + 0,3845EB – 112,33Ca	115,61	4,2x10 ⁻¹⁵
	EM ₄ = -346,58 + 0,656EB	115,66	4,2x10 ⁻¹⁵
	EM ₅ = 3221,27 + 178,96EE – 76,55MM	68,06	4,6x10 ⁻¹²
	EM ₆ = 5356,45 – 84,75MM	100,02	3,0x10 ⁻¹⁴
Brasileira e Internacional N = 48	EM ₁ = -4233,58 + 0,4134EB + 72PB + 89,62MM – 159,06Ca	36,73	2,9x10 ⁻¹⁰
	EM ₂ = 2087,49 + 0,3446EB + 31,82MM – 189,18Ca	22,78	1,3x10 ⁻⁷
	EM ₃ = 2140,13 + 0,3845EB – 112,33Ca	21,57	2,5x10 ⁻⁷
	EM ₄ = -346,58 + 0,656EB	25,80	3,1x10 ⁻⁸
	EM ₅ = 3221,27 + 178,96EE – 76,55MM	29,05	7,0x10 ⁻⁹
	EM ₆ = 5356,45 – 84,75MM	20,52	4,3x10 ⁻⁷

*Não houve relação linear entre EMO e EME (aceitação da $H_0: \beta_1=0$)

Dentre as equações que foram efetivas em prever os valores de EM das FCO, para dados provenientes da literatura brasileira, a equação, que apresentou o maior R² (0,90) foi EM₁ = - 4233,58 + 0,41339 EB + 71,999 PB + 89,6191 MM - 159,062 Ca. Por outro lado, a equação EM₅ = 3221,27 + 178,962 EE - 76,5533 MM com menor R² (0,82) pode ser utilizada

na estimativa, pois proporciona maior praticidade na realização das análises laboratoriais uma vez que não envolve cálculo, além de não necessitar do uso de bomba calorimétrica.

Pode ser observado que todas as equações apresentam no máximo quatro variáveis de composição química, o que é de grande importância, pois de acordo com Pozza et al. (2008), as equações compostas por até quatro variáveis de composição química requerem menor tempo, maior facilidade e maior economia na determinação, podendo ser utilizadas com maior facilidade. No mesmo sentido, Wiseman; Cole (1985) e Rodrigues et al. (2002) relataram que um grande interesse tem sido demonstrado pela utilização de equações de predição de EM dos alimentos, compostas por apenas uma ou uma combinação de variáveis de composição química, já que necessitam de menor número de análises laboratoriais.

A falta de ajuste dos modelos aos dados da literatura internacional pode ser resultado de vários fatores. De acordo com Weiss (1993) os modelos são “população dependente” e sua aplicação deve restringir-se a amostras com características semelhantes a da população que lhe deu origem, sendo esse procedimento fundamental para evitar estimativas viesadas. Além disso, a pressuposição contida na maioria dos modelos que estabelecem relações lineares entre composição química, e valores energéticos de alimentos, é de que os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes não variam ou apresentam baixa variação. Contudo, diversos estudos indicam a ocorrência de variações na digestibilidade das frações que compõe as FCO, como extrato etéreo, proteínas e aminoácidos (JORGENSEN et al., 1984; SERRANO, 1989; KNABE et al., 1989; RHÖNE-POULENC, 1993; WANG; PARSONS, 1998; NRC, 1998; POZZA et al., 2004; ROSTAGNO et al., 2011). É possível que essa também seja uma explicação para os resultados obtidos no presente estudo.

Embora exista uma relação lógica entre digestibilidade da energia e composição química dos alimentos, tais relações não são confiáveis para aplicação geral (MORGAN; WHITTEMORE, 1982).

O uso de modelos matemáticos, que predizem a EM das FCO podem ser usados para a obtenção mais precisa dos valores de EM, corrigindo os valores energéticos com base na composição química determinada por meio de análises laboratoriais, pois os valores médios de EM estimados pelos modelos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄, EM₅ e EM₆, em dados provenientes da literatura brasileira, assemelham-se aos valores observados nos seus respectivos ensaios de metabolismo. Contudo, não houve validação dos modelos para predizer os valores de energia metabolizável das FCO obtidas em outros países, talvez em função da diferença existente na padronização e no material utilizado na obtenção destas FCO.

4 Conclusões

Os valores de energia metabolizável das farinhas de carne e ossos avaliadas variam de 1645 a 2645 kcal kg⁻¹.

As equações que estimaram eficientemente os valores de energia metabolizável das farinhas de carne e ossos para suínos, em situações brasileiras são: $EM_1 = -4233,58 + 0,4134EB + 72PB + 89,62MM - 159,06Ca$; $EM_2 = 2087,49 + 0,3446EB + 31,82MM - 189,18Ca$; $EM_3 = 2140,13 + 0,3845EB - 112,33Ca$; $EM_4 = -346,58 + 0,656EB$; $EM_5 = 3221,27 + 178,96EE - 76,55MM$; $EM_6 = 5356,45 - 84,75MM$.

Referências bibliográficas

- ADEDOKUN, S.A.; ADEOLA, O. Metabolizable energy value of meat and bone meal for pigs. **Journal of Animal Science**, n.83, p.2519–2526, 2005.
- AFZ-Associação Francesca de Zootecnia et al. **AmiPig, digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos**. Paris, 2000.
- ARAUJO, M.S.; BARRETO, S.L.T.; GOMES, P.C. et al. Composição química e valor energético de alimentos de origem animal utilizados na alimentação de codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.331-335, 2011.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE RAÇÕES - ANFAR. Matérias-primas para alimentação animal. Padrão ANFAR. 4.ed. São Paulo: ANFAR, 1985. 65p
- BELLAVER, C.; ZANOTTO, D.L.; GUIDONI, A.L. et al. Determinação da solubilidade protéica de farinhas de subproduto de aves com a pepsina em baixa concentração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1167-1171, 2004.
- BRUGALLI, I.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, D.J. et al. Efeito do tamanho de partícula e do nível de substituição nos valores energéticos da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.753-757, 1999.
- BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2297-2302, 2006.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal - CBNA, 2002.430 p.
- COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: SINDIRAÇÕES/ MAPA/CBNA/ASBRAM/ANDIFÓS. 2009. 383p.
- CROMWELL, G.L. et al. Variability among sources and laboratories in nutrient analyses of corn and soybean meal. **J. Anim. Sci.**, v.77, p.3262-3273, 1999.
- DIFISA - Divisão de Fiscalização de Alimentos para Animais. **Padrões oficiais de matérias-primas destinadas à alimentação animal**. Brasília, 1989.
- EYNG, C.; NUNES, C.G.V. NUNES, R.V. et al. Composição química, valores energéticos e digestibilidade verdadeira dos aminoácidos de farinhas de carne e ossos e de peixe para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.575-580, 2011.
- EWANS, R.C. Energy utilization in swine nutrition. In: MILLER, E.R., ULREY, D.E., LEWIS, A.J. **Swine nutrition**. Burtterworth- Heinemann, p.121-132, 1991.
- GOMES, F.A.; FASSANI, E.J.; RODRIGUES, P.B. et al. Valores energéticos de alguns alimentos utilizados em rações para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.396-402, 2007.

- GRAYBIL, F.A. **Theory and application of the linear models**. North Scituate: Duxbury Press, p.704, 1976.
- JORGENSEN, H.; SAUER, W.C.; THACKER, P.A. Amino acid availabilities in soybean meal, sunflower meal, fish meal and meat and bone meal fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.58, n.4, p.926-934, 1984.
- 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.
- JUST, A. et al. Prediction of metabolizable energy for pigs on the basis of crude nutrients in the feeds. **Livest. Prod. Sci., Amsterdam**, v.11, p.105-128, 1984.
- KNABE, D.A.; LA RUE, E.J.; GREGG, E.J. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.67, p.441-458, 1989.
- LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. 7. ed. São Paulo: Sarvier. 1991.
- MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A.; VINING, G.G. **Introduction to linear regression analysis**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2006. 612p.
- MORGAN, C.A.; WHITTEMORE, C.T.; PHILLIPS, P. et al. The prediction of the energy value of compounded pig foods from chemical analysis. **Animal Feed Science Technology**, v.17, p.81-107, 1987.
- NOBLET, J.; PEREZ, J.M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3389-3398, 1993a.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. 189p.
- NUNES, R.V.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Valores energéticos e aminoácidos digestíveis do grão de trigo e de seus subprodutos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.785-793, 2001.
- NUNES, R.V.; POZZA, P.C.; NUNES, C.G.V. et al. Valores energéticos de subprodutos de origem animal para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1217-1224, 2005.
- OLIVEIRA, V.; MACHINSK, T.G.; SILVA, Y.L.; ARAÚJO, J.S.; SCHNEIDERS, J.L. Variabilidade da composição química, física e microbiológica de farinhas de carne e ossos. **Revista da FZVA, Uruguiana**, v.16, n.2, p.173-186, 2009.
- 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.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, p.1303 -1306, 1968.

- POZZA, P.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L et al. Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos de farinhas de carne e ossos para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1181-1191, 2004.
- POZZA, P.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L. et al. Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.1, p.33-40, 2008.
- RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO,H.S.; ALBINO, L.F.T.; et al. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1771-1782, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal - SP. FUNEP 283p., 2007.
- SERRANO, V.O.S. Digestibilidade dos aminoácidos de su-plementos protéicos em suínos, submetidos ou não a anastomose íleo-retal.Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1989. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- SEERLEY, R.W. Major feedstuffs used in swine diets. In: MILLER. E.R.; ULLREY, D.E.; LEWIS, A.J. (Eds.) **Swine nutrition**. Butterworth-Heinemann, 1991. p.509-516.
- SIBBALD, I.R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. **Canadian Journal Animal Science**, v.62, p.983-1048, 1982.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 235p.
- SHIRLEY, R.B.; PARSONS, C.M. Effect of pressure processing on amino acid digestibility of meat and bone meal for poultry. **Poultry Science**, v.79, p.1775-1781, 2000.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE – SAS Institute. 2002. **SAS/STAT User's guide 9.0** cary, n.c.: SAS Institute Inc
- ZANOTTO, D.L.; NICOLAIEWSKY, S.; FERREIRA, A.S. et al. Desempenho produtivo de suínos submetidos à dietas com diferentes granulometrias do milho. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.3, p.501-510, 1996.
- WANG, X.; PARSONS, C.M. Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. **Poultry Science**, v.77, p.834–841, 1998.
- WEISS, W.P. Prevailing concepts in energy utilization byruminants. **Journal Dairy Science**, v.76, p.1802-1811, 1993.
- WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. Predicting the energy content of pig feeds. In:COLE, D.J.A.; HARESIGN, W. (Ed.). **Recent developments in pig nutrition**. London: Butterworth., p. 59-70, 1985.