

# Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos

Paulo Cesar Pozza<sup>1\*</sup>, Paulo Cezar Gomes<sup>2</sup>, Juarez Lopes Donzele<sup>2</sup>, Horácio Santiago Rostagno<sup>2</sup>, Magali Soares dos Santos Pozza<sup>1</sup> e Ricardo Vianna Nunes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, 859600-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: pcpozza@yahoo.com.br

**RESUMO.** O objetivo do trabalho foi determinar a composição química e energética de seis diferentes farinhas de carne e ossos, bem como desenvolver equações de predição da energia digestível e metabolizável, com base na composição química dos alimentos. Foram utilizados 28 suínos, mestiços, machos castrados, com peso médio inicial de  $25,90 \pm 1,95$  kg, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com sete tratamentos, quatro repetições e um animal por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma ração-referência e seis diferentes farinhas de carne e ossos, que substituíram em 20% a ração-referência. Os valores de energia digestível e metabolizável variaram de 1.717 a 2.908 kcal kg<sup>-1</sup> e de 1.519 a 2.608 kcal kg<sup>-1</sup>, respectivamente. As equações de predição da energia digestível e metabolizável que apresentaram maiores R<sup>2</sup> para a farinha de carne e ossos foram: ED = 1.196,11 + 44,18 PB – 121,55 P e EM = 2.103,35 + 22,56 PB – 164,02 P.

**Palavras-chave:** energia digestível, energia metabolizável, subprodutos de abatedouros.

**ABSTRACT. Chemical composition, digestibility and prediction of the energy values of meat and bone meal for swine.** The objective of this study was to determine the chemical and energetic composition of six different meat and bone meals, and to develop prediction equations of digestible and metabolizable energy based on the chemical composition of the feeds. In order to determine the digestible and metabolizable energy values, 28 crossbreed swine were used – castrated males, averaging  $25.90 \pm 1.95$  kg initial weight, allotted in a randomized block design with seven treatments, four replicates and one animal per experimental unit. The treatments consisted of a basal diet and six meat and bone meals, which replaced by 20% the basal diet. The digestible and metabolizable energy values varied from 1717 to 2908 kcal kg<sup>-1</sup> and from 1519 to 2608 kcal kg<sup>-1</sup>, respectively. The prediction equation of digestible and metabolizable energy that presented the highest R<sup>2</sup> for meat and bone meal were: DE = 1196.11 + 44.18 CP – 121.55 P and ME = 2103.35 + 22.56 CP – 164.02 P.

**Key words:** digestible energy, metabolizable energy, slaughterhouse by-product.

## Introdução

A suinocultura tem se mostrado como uma atividade que demanda altos custos de produção e, dentre estes, os custos com alimentação representam a maior parte. Por isto, pesquisas são realizadas com intuito de se conhecer adequadamente a composição química dos ingredientes, assim como a biodisponibilidade, para que se possa atender às exigências dos animais em suas diferentes fases de criação, a fim de obter o máximo desempenho.

Os alimentos proteicos têm tido elevada participação nas dietas para suínos, e os subprodutos de abatedouros podem ser destacados. Subprodutos como as farinhas de carne e ossos, que são produzidos em grandes quantidades, não são

adequados para o consumo humano e se não forem reutilizados nas rações para animais, podem, além de proporcionar perdas econômicas para o setor industrial, causar danos ao meio ambiente (Vieites, 1999).

Os subprodutos de abatedouro têm apresentado grande variação na sua composição química, possivelmente pelas diferenças no tipo da matéria-prima utilizada no processamento, e o valor energético desses subprodutos tem sido um dos componentes de grande variação.

A determinação dos valores de energia digestível e metabolizável dos subprodutos de origem animal, assim como dos demais alimentos utilizados na formulação de dietas para suínos, demandam tempo,

infra-estrutura e recursos financeiros, o que, na maioria das vezes, dificulta esta determinação pela indústria suinícola.

Por outro lado, existem tabelas de composição de alimentos (Rostagno *et al.*, 2005; NRC, 1998; Brasil, 1996) que fornecem esses valores.

A variação na composição química dos alimentos pode influenciar os valores energéticos dos alimentos, principalmente em se tratando de alimentos com alta variação na sua composição química. Os efeitos da variação na composição química podem ser considerados ao se utilizar equações de predição dos valores energéticos para grupos de alimentos (Noblet *et al.*, 2003), e a predição dos valores energéticos tem sido considerada um instrumento para aumentar a precisão no processo de formulação de rações (Albino e Silva, 1996).

Os objetivos deste trabalho foram determinar a composição química e energética de diferentes farinhas de carne e ossos para suínos e desenvolver equações de predição da energia digestível e metabolizável com base na composição química.

## Material e métodos

O ensaio de digestibilidade foi realizado no Setor de Suinocultura da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados 28 suínos, mestiços (Landrace x Large White), machos castrados, com peso médio inicial de  $25,90 \pm 1,95$  kg, distribuídos individualmente em gaiolas de metabolismo, semelhantes às descritas por Pekas (1968), em um delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de sete tratamentos e quatro repetições. Na formação dos blocos, foram levados em consideração o peso inicial e o parentesco dos animais. 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.

No interior das instalações, foi utilizado um termômetro, à altura dos animais, para que fossem realizadas, duas vezes ao dia, as respectivas mensurações das temperaturas durante o período experimental. As temperaturas máxima e mínima, no interior das instalações, foram de  $23,43 \pm 1,83$  e  $19,02 \pm 1,78^\circ\text{C}$ , respectivamente.

Os alimentos avaliados foram seis diferentes farinhas de carne e ossos (FCO), de diferentes procedências, que substituíram em 20% a ração-referência (Tabela 1), à base de milho, farelo de soja, vitaminas, minerais e aminoácidos.

A quantidade de ração, fornecida diariamente a cada animal, foi calculada com base no peso

metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ). Para evitar perdas e facilitar a ingestão, as rações foram umedecidas e fornecidas duas vezes ao dia (7h30min. e 15h30min.).

**Tabela 1.** Composição centesimal da ração-referência, na matéria natural.

*Table 1.* Percentage composition of the basal diet, as-fed basis.

Alimentos Feeds	Porcentagem (%) Percentage
Milho Corn	78,40
Farelo de soja Soybean meal	15,35
F.bicálcico Dicalcium phosphate	1,60
Calcário Limestone	1,85
Óleo Oil	1,76
Sal Salt	0,35
DL-metionina (99,0%) DL - methionine	0,07
L-listina HCl (78,4%) L-lysine	0,31
Mistura vitamínica <sup>1</sup> Vitamin mix	0,10
Mistura mineral <sup>2</sup> Mineral mix	0,10
Antibiótico <sup>3</sup> Antibiotic	0,10
Antioxidante <sup>4</sup> Antioxidant	0,01
<b>Composição calculada</b> <b>Calculated composition</b>	
Energia digestível ( $\text{kcal kg}^{-1}$ ) Digestible energy	3.400
Proteína bruta (%) Crude protein	14,00
Cálcio (%) Calcium	0,75
Fósforo total (%) Total phosphorus	0,569
Fibra bruta (%) Crude fiber	2,38
Matéria seca (%) Dry matter	84,63
Sódio (%) Sodium	0,14
Lisina (%) Lysine	0,86
Metionina + cistina (%) Methionine + Cystine	0,55
Triptofano (%) Tryptophan	0,17
Treonina (%) Threonine	0,54

<sup>1</sup>Conteúdo  $\text{kg}^{-1}$ : vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D<sub>3</sub>, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B<sub>1</sub>, 2,0 g; vit B<sub>2</sub>, 5,0 g; vit. B<sub>6</sub>, 3,0 g; vit B<sub>12</sub>, 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico, 12.000 mcg; vit. K<sub>1</sub>, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; selênio, 300 mg; e veículo q.s.p., 1.000 g. <sup>2</sup>Conteúdo/kg: ferro, 100 g; cobre, 10 g; cobalto, 1 g; manganês, 40 g; zinco, 100 g; iodo, 1,5 g; e veículo q.s.p., 500 g.

<sup>3</sup>Bacitracina de zinco. <sup>4</sup>BHT (hidróxitolueno butilado).

<sup>5</sup>Content  $\text{kg}^{-1}$ : vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D<sub>3</sub>, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B<sub>1</sub>, 2,0 g; vit B<sub>2</sub>, 5,0 g; vit. B<sub>6</sub>, 3,0 g; vit B<sub>12</sub>, 30.000 mcg; nicotinic acid, 30.000 mcg; pantothenic acid, 12.000 mcg; vit. K<sub>1</sub>, 2.000 mg; folic acid, 800 mg; biotin, 100 mg; selenium, 300 mg; and vehicle q.s.p., 1.000 g. <sup>6</sup>Content/kg: iron, 100 g; copper, 10 g; cobalt, 1 g; manganese, 40 g; zinc, 100 g; iodine, 1,5 g; and vehicle q.s.p., 500 g. <sup>7</sup>Zinc bacitracin. <sup>8</sup>BHT (Butylated hydroxytoluene).

As coletas de fezes e urina foram realizadas uma vez ao dia, às 8h. Para definir o início e o final do período de coleta, foram utilizados 2,00 g de óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) na ração.

As fezes foram pesadas e, em seguida, retiradas amostras equivalentes a 20% do total, que foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e

armazenadas em congelador (-8°C), até o final do período de coleta. Ao final desse período, as amostras foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secas em estufa ventilada a 60°C, por um período de 72h, para análises posteriores de matéria seca e energia bruta.

A urina foi filtrada à medida que era excretada e colhida em baldes plásticos que continham 20 mL de HCl 1:1. Do volume total, foram retiradas alíquotas de 5%, acondicionadas em frascos de vidro, por animal, e armazenadas em geladeira (3°C), para análises posteriores de energia bruta.

As análises químico-bromatológicas dos alimentos estudados foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram realizadas as análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P), segundo as técnicas descritas por Silva (1990). 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 (1996).

Em relação ao DGM, as farinhas foram classificadas conforme o proposto por Nunes (2000), em que 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).

As análises de matéria seca e energia bruta das excretas (fezes e urina) foram realizadas de acordo com as técnicas descritas por Silva (1990).

Para o ajustamento das equações de predição dos valores de ED e EM, após determinada a composição química e obtidos os valores energéticos dos alimentos, foi utilizado o procedimento de regressão linear simples e múltipla, por meio da técnica de Eliminação Indireta (Backward), utilizando o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas-SAEG (UFV, 1999).

## Resultados e discussão

Os valores de composição química, digestibilidade em pepsina e acidez em NaOH das diferentes farinhas de carne e ossos encontram-se na Tabela 2.

Os teores de umidade das farinhas de carne e ossos avaliadas estão próximos aos descritos por Rostagno *et al.* (2005), exceto para a farinha de carne e ossos 2, que apresentou conteúdo de matéria seca de 94,92%.

As farinhas de carne e ossos analisadas tiveram alta variabilidade quanto ao seu conteúdo proteico, tendo as farinhas de carne e ossos 1, 2 e 3 apresentado conteúdo proteico abaixo de 40,0%, o que está em desacordo com os valores mínimos estabelecidos pela Anfar (1985) e pelo Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária (Brasil, 1996).

O menor valor de proteína bruta para a farinha de carne e ossos, proposto por Rostagno *et al.* (2005), é de 35,40%, sendo semelhante ao valor de proteína bruta obtido no presente trabalho para a farinha de carne e ossos 2 (35,72%).

Quanto à matéria mineral (MM), observa-se variação de 24,05 a 41,80% entre as diferentes amostras de farinha de carne e ossos, e o menor valor observado (FCO 6) aproxima-se de 26,90% apresentado pela AFZ *et al.* (2000). Da mesma forma, Rostagno *et al.* (2005) apresentaram o valor de 25,91% de matéria mineral, relativo à farinha de carne e ossos com 54,58% de proteína bruta.

De modo geral, nota-se que o conteúdo de proteína bruta das diferentes farinhas de carne e ossos é inversamente proporcional à porcentagem de matéria mineral, sendo o mesmo apresentado pela literatura (Rhône Poulenc, 1993; AFZ *et al.*, 2000; Rostagno *et al.*, 2005). Esta relação entre as proporções de proteína bruta e matéria mineral da farinha de carne e ossos é pela inclusão, principalmente, de ossos e tecidos tendinosos ao alimento (Seerley, 1991).

**Tabela 2.** Composição química, digestibilidade em pepsina e acidez em NaOH de diferentes farinhas de carne e ossos, expressos na matéria natural<sup>1,2</sup>.

**Table 2.** Chemical composition, pepsin digestibility and NaOH acidity of different meat and bone meals, data on as-fed basis<sup>1,2</sup>.

Alimentos Feeds	MS (%) DM	PB (%) CP	EE (%) CF	FB (%) CF	MM (%)	Ca (%)	P (%)	Pepsina 0,002 (%) Pepsin	Acidez meq 100 g <sup>-1</sup> Acidity
FCO 1 MBM	91,97	33,53	14,71	1,23	40,50	15,49	8,18	70,68	2,47
FCO 2 MBM	94,92	35,72	12,62	0,51	41,80	15,91	8,81	67,20	2,50
FCO 3 MBM	92,75	37,94	11,51	0,60	38,93	15,33	8,52	73,50	2,40
FCO 4 MBM	92,78	40,26	11,71	0,58	39,05	15,02	7,92	66,20	0,79
FCO 5 MBM	91,93	40,50	10,46	0,48	37,23	14,58	7,25	77,33	3,27
FCO 6 MBM	91,68	52,43	12,88	1,20	24,05	9,04	5,63	81,33	3,52

<sup>1</sup>Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. <sup>2</sup>MS = matéria seca, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FB = fibra bruta, Ca = cálcio e P = fósforo.

<sup>3</sup>Analyses carried out in the Animal Nutrition Laboratory of the Animal Science Department of the Universidade Federal de Viçosa. <sup>2</sup>DM = dry matter, CP = crude protein, CF = crude fat, CF = crude fiber, Ca = calcium, and P = phosphorus.

Os valores de extrato etéreo variaram de 10,46 a 14,71%, que foram semelhantes aos encontrados na literatura (Embrapa, 1991; Rostagno *et al.*, 2005). Dessa forma, as farinhas de carne e ossos analisadas não podem ser classificadas como desengorduradas, pois, segundo a Anfar (1985), nas farinhas de carne e ossos desengorduradas o extrato etéreo deve ser, no mínimo, de 2% e, no máximo, de 4%. Por outro lado, Rhône Poulenc (1993) denotou que, para farinha de carne e ossos com 55% de proteína bruta, o conteúdo de extrato etéreo foi de 4,50%, para o alimento desengordurado.

Os teores de fósforo das farinhas de carne e ossos, apesar da variabilidade observada, estiveram de acordo com as recomendações e a padronização da Difisa (1989), por apresentarem valores superiores a 3,8%. A Anfar (1985) estabelece, ainda, que a relação cálcio:fósforo máxima deve ser de 2,25:1. Desse modo, quanto à esta relação, todas partidas avaliadas atenderam às recomendações da literatura supracitada.

A variação da composição química, observada entre as diferentes farinhas de carne e ossos, é reflexo das diferenças entre a composição da matéria-prima, uma vez que a legislação brasileira em vigor (Brasil, 1951) não quantifica, em porcentagem, a proporção do tipo de material empregado para a elaboração de farinha de carne e ossos.

A digestibilidade em pepsina da proteína bruta das farinhas de carne e ossos avaliadas está de acordo com os valores de 65,29 e 87,04% apresentados por Bellaver *et al.* (1998) para farinhas com baixa e alta proteína bruta, respectivamente. Observou-se, ainda, que a farinha de carne e ossos com o maior teor de proteína bruta (FCO 6) apresentou o maior valor de digestibilidade em pepsina (81,33%), a exemplo dos resultados observados na literatura supracitada. 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<sup>-1</sup> variaram de 0,79 a 3,52 meq 100 g<sup>-1</sup>. Dessa forma, todas as amostras atenderam à recomendação da Anfar (1985), que é de, no máximo, 6,0 meq de NaOH 0,1 N 100 g<sup>-1</sup> de amostra, podendo-se inferir que não houve hidrólise das gorduras das farinhas por meio de rancidez hidrolítica.

Os valores de módulo de finura (MF), índice de uniformidade (IU) e diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas de diferentes partidas de farinhas de carne e ossos (FCO) estão representados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Módulo de finura (MF), índice de uniformidade (IU) e diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas de diferentes farinhas de carne e ossos (FCO).

**Table 3.** Thinness module (TM), uniformity index (UI), average geometric diameter (AGD) of the particles from different meat and bone meals (MBM).

FCO MBM	MF (mfg) TM	IU (%) UI			DGM (µm) AGD
		Grossas Thick	Médias Medium	Finas Fine	
FCO 1 MBM	2,27	3,50	35,00	61,50	503
FCO 2 MBM	2,40	5,30	35,70	59,00	550
FCO 3 MBM	3,31	21,00	48,60	30,40	1031
FCO 4 MBM	2,57	5,50	39,10	55,40	619
FCO 5 MBM	2,75	6,70	46,30	47,00	701
FCO 6 MBM	2,76	6,40	46,50	47,10	704

Com relação aos valores de DGM, a farinha de carne e ossos 3 pode ser classificada como grossa, sendo as restantes classificadas como médias. O DGM apresentou relação diretamente proporcional com o MF, o que já era esperado, uma vez que o MF é representado por um índice que pode assumir qualquer valor compreendido entre 0 e 6 e correlaciona-se positivamente com o aumento do tamanho das partículas do ingrediente (Zanotto e Bellaver, 1996).

Os resultados de energia bruta, energia digestível, coeficiente de digestibilidade da energia bruta, energia metabolizável, metabolizabilidade da energia bruta e da relação energia metabolizável/energia digestível das farinhas de carne e ossos estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Valores de energia bruta (EB), digestível (ED) e metabolizável (EM), coeficientes de digestibilidade (CD) e de metabolizabilidade (CM) aparente da energia bruta e relação EM:ED de diferentes farinhas de carne e ossos (FCO).

**Table 4.** Values of gross (GE), digestible (DE) and metabolizable (ME) energy, apparent digestibility (DC) and metabolizability (MC) coefficients of gross energy and ME:DE relationship of different meat and bone meals (MBM).

FCO MBM	EB	ED	CD (%) DC	EM	CM (%) MC	EM:ED (%) ME:DE
	(kcal kg <sup>-1</sup> ) GE	(kcal kg <sup>-1</sup> ) DE		(kcal kg <sup>-1</sup> ) ME		
FCO 1 MBM	2761	1717	62,2	1519	55,0	88,5
FCO 2 MBM	2810	1897	67,5	1698	60,4	89,5
FCO 3 MBM	3701	1932	52,2	1672	45,2	86,5
FCO 4 MBM	3323	2056	61,9	1834	55,2	89,2
FCO 5 MBM	3510	2245	64,0	2043	58,2	91,0
FCO 6 MBM	4142	2908	70,2	2608	63,0	89,7

A EB das farinhas de carne e ossos correlacionaram-se negativamente com a matéria mineral e positivamente com a proteína bruta, o que foi apresentado por Rostagno *et al.* (2005). De acordo

com Ewans (1991), a concentração de EB 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.

Os valores de ED variaram de 1.717 a 2.908 kcal kg<sup>-1</sup>, o que pode ser atribuído à variação observada na composição química das farinhas de carne e ossos avaliadas. Da mesma forma, Rostagno *et al.* (2005) propuseram uma variação no valor de ED, de sete farinhas de carne e ossos, de 1.803 a 3.113 kcal kg<sup>-1</sup>, apresentando valores de proteína bruta que variaram de 35,40 a 60,10%, respectivamente.

Pode-se observar que o maior coeficiente de digestibilidade da energia bruta (CD) foi obtido para a farinha de carne e ossos que apresentou o menor nível de cálcio (FCO 6), em relação às demais, com maiores níveis. Este comportamento pode ser explicado, segundo Maynard *et al.* (1984), pelo fato de 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 do alimento.

A farinha de carne e ossos 3 apresentou baixo CD em relação às demais, mostrando também o maior DGM (1.031 µm) dentre todas amostras estudadas, sendo a única classificada como grossa, o que pode estar relacionado ao baixo CD observado. Neste sentido, Zanotto e 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.

Os valores de EM das farinhas de carne e ossos apresentaram variação de 1.519 a 2.608 kcal kg<sup>-1</sup>, e a variação dos valores de EM, propostos por Rostagno *et al.* (2005), é de 1.618 e 2.798 kcal kg<sup>-1</sup>, entre sete farinhas apresentadas pelos autores. Os CM seguiram o mesmo perfil dos CD das diferentes amostras.

A variação na relação EM:ED pode ser atribuída à quantidade e à qualidade da proteína das diferentes farinhas de carne e ossos, pois, se a proteína é de baixa qualidade, ou em excesso, a EM decresce, pelo fato de os aminoácidos que não forem utilizados para a síntese proteica, serem catabolizados e utilizados como fonte de energia, sendo o nitrogênio excretado na urina. Portanto, com a elevação do conteúdo de nitrogênio na urina, as perdas energéticas da urina aumentam, proporcionando redução da EM (NRC, 1998).

A menor relação EM:ED, assim como o menor CM, foi obtida para a farinha de carne e ossos 3, o

que pode ser reflexo de pior qualidade proteica. Além disso, os baixos valores de CM e da relação EM:ED podem ser um indicativo da menor síntese proteica, uma vez que os aminoácidos que não são utilizados para a síntese proteica são catabolizados e utilizados como fonte de energia, e o nitrogênio é excretado como ureia (May e Bell, 1971). Tais diferenças podem ser também atribuídas ao processamento térmico a que são submetidas, uma vez que, dependendo da intensidade do tratamento térmico, pode proporcionar reações de complexação com outras substâncias.

Observa-se que as farinhas de carne e ossos 4 e 5, pertencentes ao mesmo grupo proteico, apresentaram valores diferentes da relação EM:ED, evidenciando que a qualidade proteica dos alimentos, além da quantidade, pode influenciar a metabolizabilidade da energia bruta.

As equações de predição, ajustadas para estimar os valores de ED e EM das farinhas de carne e ossos, encontram-se na Tabelas 5. As variáveis utilizadas foram proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), digestibilidade em pepsina (pepsina), acidez em NaOH (Acidez) e diâmetro geométrico médio (DGM).

Entre as variáveis utilizadas para determinar as equações de predição, da energia digestível e metabolizável, a proteína bruta apresentou correlação positiva, enquanto a matéria mineral apresentou correlação negativa, ao se considerar as equações apresentadas na Tabela 5, com diferentes coeficientes para a PB e MM, dependendo de quais, e quantas, variáveis foram consideradas no ajuste.

O efeito negativo da matéria mineral, observado nas equações de predição, pode ser pelo seu efeito como diluente da energia bruta, reduzindo o conteúdo de matéria orgânica dos alimentos (Morgan *et al.*, 1987).

Além do efeito diluente da matéria mineral pode haver ainda uma redução da digestibilidade de alguns compostos, como gorduras (Noblet e Perez, 1993), o que pode ter colaborado para obtenção de correlação negativa no caso do extrato etéreo, o que não era previsto.

O cálcio apresentou correlação negativa nas equações em que foi utilizado para o ajustamento. Este efeito pode também estar associado à correlação negativa obtida para o extrato etéreo, pois Noblet e Perez (1993) relataram que a redução na digestibilidade do extrato etéreo pode ser pela formação de sabões com minerais da dieta; a farinha de carne e ossos possui grandes quantidades de cálcio, e, de acordo com Lehninger (1991), os sabões

de cálcio são muito insolúveis.

Por outro lado, o efeito obtido para o extrato etéreo pode ser ainda pela digestibilidade da gordura, em subprodutos de origem animal, e ser altamente influenciado pelo processamento. Just *et al.* (1982) obtiveram digestibilidade da gordura em farinhas de carne e ossos que varia de 20 a 30%, no caso de processamento por extração em hexano, e varia de 50 a 60%, em amostras submetidas à prensagem em alta pressão. Batterham *et al.* (1980) também atribuíram a variação no conteúdo de energia digestível de farinhas de carne e farinhas de carne e ossos à quantidade de extrato etéreo e de ossos das farinhas.

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) das equações de predição da energia digestível apresentaram valor mínimo de 0,96. Isto pode indicar que 96% da variação no conteúdo de energia digestível da farinha de carne e ossos são observados ao se considerar as variáveis independentes que fazem parte da equação (Just *et al.*, 1984).

As melhores equações para predizer os valores de energia digestível, ao se considerar apenas as variáveis de composição química, associadas aos maiores  $R^2$  (0,98), foram  $ED = 1196,11 + 44,18 PB - 121,55 P$  e  $ED = 6128,47 - 65,88 EE - 103,01 Ca - 165,41 P$ .

Por outro lado, equações com menor  $R^2$  (0,96), utilizando apenas duas variáveis (EE e MM; PB e MM), podem ser utilizadas na estimativa, pois proporcionam maior praticidade na realização das análises laboratoriais.

As equações de predição dos valores de energia metabolizável apresentaram uma variação no  $R^2$  de 0,94 a 0,85, e a equação  $EM = 2103,35 + 22,56 PB -$

$164,02 P$  apresentou o maior  $R^2$  (0,94). No entanto, a equação  $EM = 400,17 + 40,10 PB - 9,25 EE$ , que apresentou um  $R^2$  (0,93) inferior, proporciona maior facilidade quanto às análises laboratoriais, uma vez que não envolve cálcio e, ou, fósforo.

Observa-se que as equações de predição dos valores de EM, acima descritas, apresentam duas variáveis de composição química, sendo o mesmo observado por Just *et al.* (1984), que propuseram a equação  $EM = -13534 - 55,7 FB + 1,70 EB$  ( $R^2 = 0,96$ ); no entanto, esta equação foi ajustada para rações balanceadas.

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 e 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.

De acordo com Just *et al.* (1984), uma possibilidade de melhorar as equações de predição seria a inclusão da fibra em detergente ácido (FDA) no modelo. Entretanto, Rostagno *et al.* (2005) não apresentam valores de FDA na composição das farinhas de carne e ossos.

Pode-se observar que os valores de  $R^2$  das equações de predição dos valores de ED são superiores aos obtidos para as equações de predição dos valores de EM, o que corrobora os relatos de Just *et al.* (1984), em que a acurácia da predição dos valores de ED é maior em relação à predição dos valores de EM.

**Tabela 5.** Equações de predição dos valores de energia digestível e metabolizável, com base na composição química das farinhas de carne e ossos.

**Table 5.** Prediction equations for digestible and metabolizable energy, based on the chemical composition of the meat and bone meals.

Constante Constant	Equações dos Valores de ED Equations of the DE values								DGM AGD	$R^2$
	PB CP	FB CF	EE CF	MM	Ca	P	Pepsina Pepsin	Acidez Acidity		
1.196,11	44,18	-	-	-	-	-121,55	-	-	-	0,98
6.128,47	-	-	-65,88	-	-103,01	-165,41	-	-	-	0,98
3.031,68	28,49	-	-35,92	-37,44	-	-	-	-	-	0,97
5.724,70	-	-	-80,10	-70,26	-	-	-	-	-	0,96
333,45	54,12	-	-	-9,52	-	-	-	-	-	0,96
5.678,08	-	-	-78,24	-	-172,22	-	-	-	-	0,96
-409,93	62,54	-	-	-	-	-	-	-	-	0,96
Equações dos Valores de EM Equations of the ME values										
2.103,35	22,56	-	-	-	-	-164,02	-	-	-	0,94
400,17	40,10	-	-9,25	-	-	-	-	-	-	0,93
4.934,41	-	-	-	-31,14	-	-255,34	-	-	-	0,92
5.041,89	-	-	-	-	-	-329,85	-	-	-	0,91
-433,75	57,34	-	-	-	-	-	-	-	-	0,92
4.492,56	-	-	-	-61,41	-	-	-	-	-	0,87
4.382,40	-	-	-	-	-152,20	-	-	-	-	0,85

## Conclusão

Os valores de energia digestível e metabolizável das farinhas de carne e ossos avaliadas variaram de 1.717 a 2.908 kcal kg<sup>-1</sup> e 1.519 a 2.608 kcal kg<sup>-1</sup>, respectivamente, e as equações de predição da energia digestível e metabolizável que apresentaram maiores R<sup>2</sup> foram: ED = 1196,11 + 44,18 PB – 121,55 e EM = 2103,35 + 22,56 PB – 164,02 P.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo apoio financeiro.

## Referências

- AFZ-Associação Francessa de Zootecnia *et al.* *AmiPig, digestibilidade ileal estandarizada de aminoácidos em ingredientes para rações de suínos*. Paris, 2000.
- 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: UFV, 1996. p. 303-318.
- ANFAR-Associação Nacional dos Fabricantes de Rações. *Matérias-primas para alimentação animal*. 4. ed. São Paulo, 1985.
- BATTERHAM, E.S. *et al.* Digestible energy content of meat meals and meat and bone meals for growing pigs. *Anim. Prod.*, England, v. 31, p. 273-277, 1980.
- BELLAVER, C. *et al.* Ajuste no teste de solubilidade do nitrogênio em pepsina para farinhas de carne e ossos destinadas à fabricação de rações. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1998. p. 1-2. (Comunicado técnico, 225).
- BELLAVER, C. *et al.* Determinação da solubilidade proteica de farinhas de subproduto de aves com a pepsina em baixa concentração. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 33, p. 1167-1171, 2004.
- BRASIL. Decreto nº 29.651, de 8 de julho de 1951. Aprova o regulamento de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. *RIISPOA*, 1951.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. *Normas e padrões de nutrição e alimentação animal: revisão*. Curitiba: Maara, 1996.
- BRUGALLI, I. *Efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo e nos valores energéticos da farinha de carne e ossos e exigência nutricional de fósforo para pintos de corte*. 1996. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- DIFISA-Divisão de Fiscalização de Alimentos para Animais. *Padrões oficiais de matérias-primas destinadas à alimentação animal*. Brasília, 1989.
- EMBRAPA-Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (CNPSA). *Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves*. 3. ed. Concórdia, 1991. (Documento, 19).
- EWANS, R.C. Energy utilization in swine nutrition. In: MILLER, E.R. *et al.* (Ed.). *Swine nutrition*. London: Butterworth-Heinemann, 1991. p. 121-132.
- JUST, A. The net energy value of balanced diets for growing pigs. *Livest. Prod. Sci.*, Amsterdam, v. 8, p. 541-555, 1982.
- 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.
- LEHNINGER, A.L. *Princípios de bioquímica*. 7. ed. São Paulo: Sarvier, 1991.
- MAY, R.W.; BELL, J.M. Digestible and metabolizable energy values of some feeds for growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, v. 51, n. 2, p. 271-278, 1971.
- MAYNARD, L.A. *et al.* *Nutrição animal*. 3. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984.
- MORGAN, C.A. *et al.* The prediction of the energy value of compounded pig foods from chemical analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, 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. *J. Anim. Sci.*, Champaign, v. 71, p. 3389-3398, 1993.
- NOBLET, J. *et al.* Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *INRA Prod. Anim.*, Paris, v. 71, p. 197-210, 2003.
- NRC-National Research Council. *Nutrients requirement of swine*. 10. ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1998.
- NUNES, R.V. *Valores energéticos e aminoácidos digestíveis do grão de trigo e de seus subprodutos para aves*. 2000. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. *J. Anim. Sci.*, Ottawa, v. 27, p. 1303-1306, 1968.
- RHÔNE-POULENC. *Rhodimet feed formulation guide*. 6. ed. France: Rhône-Poulenc Animal Nutrition, 1993.
- ROSTAGNO, H.S. *et al.* *Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005.
- SEERLEY, R.W. Major feedstuffs used in swine diets. In: MILLER, E.R. *et al.* (Ed.) *Swine nutrition*. London: Butterworth-Heinemann, 1991. p. 509-516.
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: UFV, 1990.
- UFV-Universidade Federal de Viçosa. *Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)*. Viçosa, 1999.
- VIEITES, F.M. *Valores de aminoácidos digestíveis de farinhas de carne e ossos para aves*. 1999. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- ZANOTTO, D.L.; BELLAVER, C. *Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves*. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1996. p. 1-5. (Comunicado técnico, 215).
- 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. *Anais...* Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1998, p. 26-47.

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.

*Received on September 06, 2006.*

*Accepted on March 20, 2008.*