

Composição Bromatológica, Energia Metabolizável e Equações de Predição da Energia do Grão e de Subprodutos do Trigo para Pintos de Corte¹

Ricardo Vianna Nunes², Horacio Santiago Rostagno³, Luiz Fernando Teixeira Albino³, Paulo Cezar Gomes³, Rodrigo Santana Toledo⁴

RESUMO - Foram determinados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n) e elaboradas equações de predição dos valores energéticos, utilizando a composição química de 11 alimentos. Os alimentos avaliados foram: farinha morena, farinha de trigo, trigo-grão, triguilho, gérmen de trigo, resíduo de biscoito, resíduo de macarrão e quatro farelos de trigo. Foi utilizado o método tradicional de coleta total de excretas, com 480 pintos de corte, de 16 a 24 dias de idade. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 11 alimentos e uma ração-referência, quatro repetições e 10 aves por unidade experimental (cinco machos e cinco fêmeas). Cada alimento substituiu a ração-referência em 40%. Os valores de EMA e EMA_n, expressos em kcal/kg de matéria seca (MS), dos alimentos variaram de 1807 a 1758 para o farelo de trigo 3 e de 4480 a 4339 para o resíduo de biscoito, respectivamente. As equações de predição que melhor estimaram os valores de EMA e EMA_n (R² = 98%) foram aquelas em que foram usados os conteúdos de proteína bruta (PB) e, ou, fibra em detergente neutro (FDN), com R² igual a 98%, sendo: EMA (kcal/kg MS) = 4910,03 - 47,82*PB - 47,77*FDN; e EMA_n (kcal/kg MS) = 4754,02 - 48,38*PB - 45,32*FDN.

Palavras-chave: energia metabolizável, equações de predição, pintos de corte

Chemical Composition, Metabolizable Energy and Energy Prediction Equations of Wheat Grain and Wheat By-Products for Broiler Chicks

ABSTRACT - The apparent metabolizable energy (AME) and nitrogen corrected apparent metabolizable energy (AME_n) values were determined and energy prediction equations obtained using the chemical composition of 11 feedstuffs. The feedstuffs evaluated were: brown flour meal, wheat flour, wheat grain, wheat grain residue, wheat germ, cookies residue, macaroni residue and, four wheat brans. Total excreta collection method was used, with 480 broiler chicks, 16 to 24 days old. A randomized complete design was utilized, with 11 feedstuffs and a basal reference diet, using four replications and ten birds per experimental unit (five males and five females). Each feedstuff replaced the reference diet at the amount of 40%. The feedstuffs AME and AME_n values expressed in kcal/kg of dry matter (DM), varied from 1807 to 1758 for wheat bran 3 and from 4480 to 4339 for cookies residue, respectively. The prediction equations that best estimated (R² = 98%) AME and AME_n values were those in which crude protein (CP) and/or neutral detergent fiber (NDF) contents, were used AME (kcal/kg DM) = 4910,03 - 47,82*CP - 47,77*NDF; and AME_n (kcal/kg DM) = 4754,02 - 48,38*CP - 45,32*NDF.

Key Words: broilers chicks, metabolizable energy, prediction equations

Introdução

A formulação e o balanceamento de rações consistem na mistura de vários alimentos, com a finalidade de atender as exigências nutricionais dos animais, para que possam expressar o máximo de seu potencial genético. Torna-se necessário, então, conhecer a composição nutricional e os respectivos valores energéticos dos alimentos, bem como suas limitações nutricionais.

A grande variação na composição dos alimentos disponíveis no Brasil, devido a diversos fatores, é um grande problema enfrentado pelos nutricionistas.

Assim, vários trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de atualizar os valores nutricionais dos alimentos comumente utilizados nas rações de aves e suínos e, também, conhecer o valor nutritivo de novos alimentos, o que torna as tabelas mais completas e com valores mais precisos (ROSTAGNO, 1990; ALBINO, 1991; PUPA, 1995; AZEVEDO, 1997; e FISCHER JR., 1997).

O conhecimento do conteúdo energético dos alimentos é de suma importância para os nutricionistas, uma vez que os ingredientes são incluídos ou rejeitados nas formulações de mínimo custo, em função, prin-

¹ Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à UFV para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

² Zootecnista - Departamento de Zootecnia, UFV - 36571-000 - Viçosa, MG. Bolsista CNPq. E.mail: rvnunes@tdnet.com.br

³ Professor do Departamento de Zootecnia, UFV - 36571-000 - Viçosa, MG. Bolsista CNPq.

⁴ Estudante de Mestrado - UFV - 36571-000 - Viçosa, MG.

principalmente, de seu conteúdo relativo de energia (LIMA, 1996), sendo que a energia metabolizável (EM) é a melhor forma de se expressar a energia disponível para as aves. Para determinação direta dos valores de EM, utilizam-se os ensaios biológicos e de forma indireta, as equações de predição.

Devido às dificuldades de se determinar a EM dos alimentos, a utilização de tabelas e, ou, equações de predição podem ser alternativas para determinação da EMA. 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 correção dos valores energéticos; conseqüentemente, a sua utilização é mais apropriada, quando a composição química dos alimentos tem grande variabilidade (ALBINO e SILVA, 1996).

Assim, torna-se importante determinar os valores de EMA e EMA_n do grão de trigo e de alguns de seus subprodutos e estabelecer equações de predição dos valores de EM, utilizando a composição químico-física dos alimentos.

Material e Métodos

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n), de 11 alimentos, foram obtidos mediante ensaio biológico conduzido no Laboratório de Animais do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 30/05/98 a 07/06/98, utilizando-se o método tradicional de coleta total de excretas.

A temperatura média, no interior da sala, durante a fase experimental, registrada preferencialmente às 8 h, foi $22,0 \pm 3,2^\circ\text{C}$ e as médias das mínimas e máximas, $19,3 \pm 2,1^\circ\text{C}$ e $24,7 \pm 1,1^\circ\text{C}$, respectivamente.

Foram avaliados 11 alimentos, sendo quatro amostras de farelo de trigo de diferentes fornecedores e uma de farinha morena (ou farinha de segunda, terceira ou mista, obtida em uma fase intermediária no processamento do grão de trigo), farinha de trigo, germen de trigo, trigo-grão, triguilho (grãos pouco desenvolvidos, mal granados ou choccos resultantes de lotes cujo peso específico é menor que o mínimo exigido na moagem, ou da classificação do trigo após a eliminação de impurezas), resíduo de fábrica de biscoito e resíduo de fábrica de macarrão. As análises químicas dos alimentos foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV para determinar os valores de matéria seca (MS), nitrogênio (N), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em

detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (Lig), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn). A técnica utilizada para estas análises foi descrita por SILVA (1998). Determinou-se, ainda, o diâmetro geométrico médio (DGM), por intermédio da técnica adaptada de ZANOTTO e BELLAVER (1996).

Foram utilizados 480 pintos de corte, da linhagem *Aviam Farms*, de ambos os sexos, com 16 dias de idade e peso médio de 401,95 g. O ensaio consistiu de 11 alimentos e uma ração-referência (Tabela 1), calculada segundo ROSTAGNO et al. (1983). Cada alimento avaliado substituiu em 40% a ração-referência.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 12 rações, sendo 11 alimentos-teste e uma ração-referência, quatro repetições e dez aves por unidade experimental, cinco machos e cinco fêmeas. Até o décimo sexto dia de idade, as aves receberam ração inicial para frangos de corte e ficaram alojadas em um galpão de alvenaria da Seção de Avicultura do DZO/UFV. No décimo sexto dia de idade, foram transferidas para baterias de estrutura metálica constituídas de compartimentos distribuídos em quatro andares. As baterias, em número de quatro, estavam dispostas em uma sala de 80 m², com 4 m de pé direito e janelas de vidro. As aves receberam luz natural e, ou, artificial durante 24 horas. O ambiente foi climatizado com aquecedores elétricos, durante todo o período experimental, para maior conforto térmico dos animais. Durante oito dias, as aves receberam água e ração experimental à vontade, sendo três dias de adaptação e cinco para coleta total de excretas, que foram realizadas duas vezes ao dia, às 8 e 17 h, para evitar fermentação. Para realizar a coleta e evitar perdas, utilizaram-se bandejas cobertas com plástico, colocadas sob cada andar das baterias.

Ao término do experimento, foi determinada a quantidade de ração consumida por repetição, durante os cinco dias de coleta. As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer até o final do período de coleta. Posteriormente, as amostras foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e retiradas alíquotas, para análises laboratoriais, e pré-secas em estufas ventiladas a 55°C, para subseqüentes análises de matéria seca, nitrogênio e energia bruta.

Uma vez obtidos os resultados das análises laboratoriais dos alimentos, da ração-referência e das excretas, foram calculados os valores de energia

Tabela 1 - Composição da ração referência, em porcentagem na matéria natural

Table 1 - Composition of the reference diet in percentage as feed basis

Ingredientes <i>Ingredients</i>	(%)
Milho <i>Corn</i>	52,08
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	40,70
Óleo vegetal <i>Soybean oil</i>	3,21
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	2,05
Calcário <i>Limestone</i>	0,96
Sal <i>Salt</i>	0,40
Mistura mineral ¹ <i>Mineral mix¹</i>	0,07
Mistura vitamínica ² <i>Vitamin mix²</i>	0,13
DL-Metionina (99%) <i>DL-Methionine</i>	0,20
Cloreto de colina (60%) <i>Choline Chloride</i>	0,06
Monensina sódica (20%) <i>Sodium monensin</i>	0,07
Virginiamicina (2%) <i>Virginiamicin</i>	0,06
BHT	0,01
Composição calculada <i>Calculated composition</i>	
Proteína bruta (%) <i>Crude protein</i>	23,27
Energia metabolizável (kcal/kg) <i>Metabolizable energy</i>	3000,00
Metionina (%) <i>Methionine</i>	0,56
Met + cis (%) <i>Meth + cys</i>	0,94
Lisina (%) <i>Lysine</i>	1,30
Ca (%)	1,00
P disponível (%) <i>Available P</i>	0,50
Na (%)	0,21

¹ Mistura mineral: Fe, 50 mg; Co, 1,0 mg; Cu, 10,0 mg; Mg, 80,0 mg; Zn, 50,0 mg; I, 1,0 mg.

² Mistura vitamínica: Vit. A, 10.000 U.I.; Vit. D₃, 2000 U.I.; Vit. E, 30 U.I.; Vit. B₁, 2,0 mg; Vit. B₂, 6,0 mg; Vit. B₆, 4,0 mg; Vit. B₁₂, 0,015 mg; Ác. pantotênico (*Panthenic acid*), 12,0 mg; Biotina (*biotin*), 0,1 mg; Vit. K₃, 3,0 mg; Ác. fólico (*folic acid*), 1,0 mg; Ác. nicotínico (*nicotinic acid*), 50,0 mg; Se, 0,25 mg.

metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMA_n), por meio de equações propostas por MATTERSON et al. (1965).

Como procedimento estatístico, foram realizadas análises de regressão múltipla, para predizer os valo-

res de EMA e EMA_n dos alimentos-teste, utilizando-se os valores determinados de composição química (proteína bruta, matéria mineral, extrato etéreo, fibra bruta, fibra em detergente neutro e ácido, cálcio e fósforo) e o diâmetro geométrico médio (DGM).

As análises de regressão foram realizadas por regressão linear simples e múltipla, utilizando-se o Método Stepwise de Eliminação Indireta (Backward), por intermédio do Sistema de Análises Estatísticas - SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 1999).

Resultados e Discussão

Os valores de composição química e energia bruta e o diâmetro geométrico médio (DGM) e a composição em minerais dos alimentos encontram-se nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Houve variação nos valores da composição química e mineral dos alimentos, quando comparados aos da literatura nacional (ROSTAGNO et al., 1983; ANFAR, 1985; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1991; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA - MAARA, 1996; e TEIXEIRA, 1998) e estrangeira (SCOTT et al., 1982; DALE et al., 1990; e NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1994 e 1998), havendo, inclusive, divergência entre os valores das mesmas. As diferenças encontradas podem ter sido influenciadas por vários fatores, entre eles a variação existente entre solos e climas em que são cultivados o grão de trigo, que pode ocasionar alteração em sua composição, principalmente no teor de proteína e minerais. O mesmo ocorreu em relação aos subprodutos industriais, cujo valor nutricional variou em função do processamento (ALBINO e SILVA, 1996).

Não foi possível calcular a fibra bruta dos alimentos farinha de trigo, resíduo de biscoito e resíduo de macarrão, como também os valores de fibra em detergente neutro e ácido, lignina e celulose do resíduo de biscoito, devido à formação de um gel (presença de amido), o qual impossibilitou a filtragem das amostras, mesmo tratando-as com solução de uréia a 8M e amilase, antes da realização das referidas análises.

Com relação aos valores de DGM, podem-se classificar os alimentos em grossos (DGM acima de 832,7 mm), médios (DGM entre 375,3 e 832,7 mm) e finos (DGM menor que 375,7 mm). Assim, os alimentos farelo de trigo 1, farelo de trigo 2, farelo de trigo 4, trigo-grão, resíduo e biscoito, resíduo de macarrão e trigoilho são classificados como médio DGM; o farelo

Tabela 2 - Composição proximal, valores de energia bruta e DGM dos alimentos, na matéria natural¹

Table 2 - Proximal composition, gross energy values and MGD of the feeds, as fed basis

Alimentos <i>Feedstuffs</i>	MS% <i>DM</i>	PB% <i>CP</i>	EE% <i>EE</i>	FB% <i>CF</i>	FDN% <i>NDF</i>	FDA% <i>ADF</i>	Lig% <i>Lig</i>	Celulose % <i>Cellulose</i>	DGM(µm) <i>MGD</i>	EB(kcal/kg) <i>GE</i>
Farelo de trigo 1 <i>Wheat bran 1</i>	88,68	16,78	2,01	9,99	37,62	13,15	4,55	8,29	523,62	3701,10
Farelo de trigo 2 <i>Wheat bran 2</i>	88,38	16,34	1,92	8,26	34,39	13,14	4,64	8,30	705,44	3754,55
Farelo de trigo 3 <i>Wheat bran 3</i>	88,65	15,45	3,39	10,87	44,98	16,69	6,48	10,34	983,91	3968,16
Farelo de trigo 4 <i>Wheat bran 4</i>	88,60	15,51	2,51	10,22	44,09	15,49	6,00	9,27	597,33	4020,88
Trigo-grão <i>Wheat grain</i>	87,50	12,08	1,42	2,36	9,25	2,65	1,04	1,79	761,33	3822,59
Farinha morena <i>Brown flour meal</i>	88,22	18,30	1,50	7,91	31,90	10,64	3,89	6,82	372,33	3748,28
Farinha de trigo <i>Wheat flour</i>	86,66	11,96	2,00	ND ³	1,09	0,07	0,27	0,11	187,71	3749,26
Resíduo de biscoito <i>Cookies residue</i>	92,42	8,38	11,89	ND	ND	ND	ND	ND	538,34	4432,04
Resíduo de macarrão <i>Macaroni residue</i>	87,90	12,34	1,17	ND	2,00	0,60	0,17	0,24	549,65	3767,80
Triguilho <i>Wheat grain residue</i>	88,23	13,33	2,19	7,30	18,71	8,85	2,94	5,52	512,85	3872,77
Gérmen de trigo <i>Wheat germ</i>	88,32	28,22	9,56	2,49	9,32	3,87	1,14	2,80	911,68	4331,07

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia.² MS = matéria seca; PB= proteína bruta; EE = extrato etéreo; FB = fibra bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; Lig = lignina; DGM = diâmetro geométrico médio; e EB = energia bruta.³ ND = não determinado (*ND = not determined*).¹ *Laboratorial analyses were determined at Nutrition Animal Lab, Department of Animal Science.*² *DM = dry matter; CP = crude protein; EE = ether extract; CF = crude fiber; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; Lig = lignin; MGD = mean geometric diameter; and GE = gross energy.*Tabela 3 - Composição mineral e matéria mineral dos alimentos, na matéria natural¹

Table 3 - Mineral composition and ash of the feeds, as fed basis

Alimentos <i>Feedstuffs</i>	MM% <i>Ash</i>	Ca%	P%	Mg%	K%	Na%	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
Farelo de trigo 1 <i>Wheat bran 1</i>	4,82	0,16	0,95	0,41	1,15	0,04	305,67	17,85	88,15	150,31
Farelo de trigo 2 <i>Wheat bran 2</i>	3,76	0,18	0,76	0,36	0,84	0,02	253,18	16,16	94,64	139,06
Farelo de trigo 3 <i>Wheat bran 3</i>	5,56	0,15	1,11	0,49	1,20	0,01	180,03	16,46	98,54	169,52
Farelo de trigo 4 <i>Wheat bran 4</i>	5,11	0,15	1,04	0,46	1,12	0,01	183,09	13,82	95,05	154,65
Trigo-grão <i>Wheat grain</i>	1,45	0,08	0,30	0,11	0,34	0,01	79,71	4,60	28,32	56,41
Farinha morena <i>Brown flour meal</i>	3,91	0,15	0,90	0,36	0,99	0,02	192,98	15,77	103,52	165,68
Farinha de trigo <i>Wheat flour</i>	0,45	0,08	0,10	0,03	0,11	0,01	32,44	2,44	5,56	19,03
Resíduo de biscoito <i>Cookies residue</i>	1,36	0,01	0,13	0,04	0,16	0,19	138,14	2,73	12,22	36,32
Resíduo de macarrão <i>Macaroni residue</i>	1,36	0,08	0,13	0,05	0,18	0,01	180,26	2,87	8,20	34,78
Triguilho <i>Wheat grain residue</i>	2,52	0,13	0,43	0,17	0,43	0,02	168,85	26,33	36,49	69,70
Gérmen de trigo <i>Wheat germ</i>	4,01	0,09	0,84	0,22	0,79	0,01	110,62	2,44	119,92	204,25

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia.¹ *Laboratorial analyses were determined at Nutrition Animal Lab, Department of Animal Science.*

de trigo 3 e gérmen de trigo, como grosso DGM; e a farinha morena e farinha de trigo, como fino DGM. A variação encontrada para o DGM entre os alimentos pode ser em função do moinho utilizado pela fábrica, o qual nem sempre é uma característica geral dos alimentos.

Valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida

Os valores de EMA e EMA_n e seus respectivos desvios-padrão estão representados na Tabela 4. Houve variação entre os valores de EMA e EMA_n, entre os alimentos estudados, devido provavelmente às variações encontradas em sua composição química e também no DGM. Os valores variaram de 1807 a 4480 e 1758 a 4339 kcal/kg, para EMA e EMA_n, respectivamente.

Constatou-se que todos os valores de EMA foram superiores aos de EMA_n em 3,80%. BORGES et al. (1998), quando trabalharam com grão de trigo e alguns de seus subprodutos, também observaram que os valores de EMA foram superiores, em média, 5,83%, quando comparados aos de EMA_n. É uma característica normal os valores de EMA, quando

determinados pelo método tradicional com pintos, serem superiores aos de EMA_n, o que é caracterizado pela retenção de nitrogênio pelas aves. De acordo com COELHO (1983), em níveis normais de consumo, as perdas de energia fecal metabólica (EFm) e de energia urinária endógena (EUe) são pequenas em relação à excreção de energia proveniente do alimento e têm pouca influência nos valores de EMA e EMA_n, obtidos pelo método tradicional.

Os valores de EMA e EMA_n, respectivamente, para a farinha morena, encontraram-se próximos à variação entre os diferentes farelos de trigo, os quais variaram de 1807 a 1972; os valores da farinha morena foram de 1758 a 1936 kcal/kg. BORGES et al. (1998) encontraram, para os diversos tipos de farelos de trigo, variação de 1686 a 2028 e 1557 a 1911 kcal/kg de EMA e EMA_n, respectivamente. Já TEIXEIRA (1998) encontrou valor para EMA de 1526 kcal/kg, para o farelo de trigo. Com relação à literatura estrangeira, os valores de EMA_n encontrados por SCOTT et al. (1982) e pelo NRC (1994) foram de 1300 kcal/kg para o farelo, entretanto, no AERC (1989), o valor de EMA_n foi de 1870 kcal/kg.

Os alimentos com maiores valores de EMA e EMA_n foram resíduo de biscoito, farinha de trigo, resíduo de macarrão, trigo-grão, triguilho e gérmen de trigo, tendo variação de 4480 a 2963 kcal/kg para EMA e de 4339 a 2813 kcal/kg para EMA_n. Para a farinha de trigo, BORGES et al. (1998) citaram valores 6,06 a 5,52% menores para EMA e EMA_n, respectivamente, e no AERC (1989) o valor citado foi menor em 18,5% para EMA_n, em relação aos deste trabalho. Para o grão de trigo, os valores de EMA_n que mais se aproximaram foram os encontrados por SCOTT et al. (1982) e pelo AERC (1989), 3250 e 3530 kcal/kg, respectivamente.

Para o gérmen de trigo, os valores de 2963 e 2813 kcal/kg para EMA e EMA_n, respectivamente, estão próximos aos encontrados por outros autores; SCOTT et al. (1982) encontraram 2700 kcal/kg para EMA e BORGES et al. (1998), valores de EMA e EMA_n de 3006 e 2758 kcal/kg, respectivamente. TEIXEIRA (1998) encontrou valor 3086 kcal/kg para EMA. O triguilho apresentou valor superior em 18,66% para EMA, quando comparado ao valor citado pela EMBRAPA (1991).

Com relação aos resíduos estudados (biscoito e macarrão), os valores de EMA_n foram comparados com os valores de literatura obtidos para resíduos de panificação, sendo que o valor de EMA_n para resíduo

Tabela 4 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMA_n)¹ e seus respectivos desvios-padrão (DP)

Table 4 - Apparent metabolizable energy (AME) and corrected apparent (AME_n) values and its respective standard errors (SE)

Alimentos Feedstuffs	EMA AME	DP SE	EMA _n AME _n	DP SE
Farelo de trigo 1 Wheat bran 1	1940	±56,73	1864	±55,83
Farelo de trigo 2 Wheat bran 2	1972	±40,82	1936	±25,12
Farelo de trigo 3 Wheat bran 3	1807	±83,11	1758	±86,87
Farelo de trigo 4 Wheat bran 4	1851	±77,02	1795	±106,83
Trigo-grão Wheat grain	3593	±169,17	3457	±156,21
Farinha morena Brown flour meal	1963	±83,33	1903	±91,53
Farinha de trigo Wheat flour	4291	±128,12	4113	±117,96
Resíduo de biscoito Cookies residue	4480	±80,86	4339	±74,03
Resíduo de macarrão Macaroni residue	4105	±22,77	3943	±13,35
Triguilho Wheat grain residue	3275	±94,62	3140	±91,21
Gérmen de trigo Wheat germ	2963	±72,93	2813	±75,07

¹ Valores expressos em kcal/kg de matéria seca (Values in kcal/kg of dry matter).

de panificação, citado no AERC (1989), foi 3690 kcal/kg e no NRC (1994), 3862 kcal/kg, valores inferiores aos determinados neste trabalho, 4339 e 3943 kcal/kg, respectivamente, para os resíduos de biscoito e macarrão.

As diferenças encontradas nos valores de EMA e EMA_n podem ser utilizadas para classificar os alimentos em alta e baixa energia, quando o valor de EMA ficar, respectivamente, acima e abaixo de 2500 kcal/kg. Esta classificação pode estar relacionada com a composição química dos alimentos, pois os alimentos que apresentam maior concentração de amido têm maiores valores para EMA; em contrapartida, os alimentos com maior teor de polissacarídeos não-amiláceos têm menores valores de EMA. Segundo o INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCH AGRONOMIQUE - INRA (1984), a farinha de trigo, o trigo-grão, o trigoilhão e o gérmen de trigo contêm 48,0 a 58,3; 53,5; 40,0; e 17,6% de amido, respectivamente, enquanto, nos diferentes farelos de trigo, podem variar de 16,5 a 19,4% de amido entre farelos grossos e finos.

Equações de predição dos valores energéticos dos alimentos

As equações de regressão múltipla calculadas para estimar os valores de EMA e EMA_n dos alimentos encontram-se, respectivamente, nas Tabelas

5 e 6. Foram utilizadas as variáveis: proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), cálcio (Ca), fósforo (P) e diâmetro geométrico médio (DGM).

Entre todos os parâmetros utilizados para determinar as equações de predição, o EE foi o único que teve correlação positiva com os valores de EMA e EMA_n, porém com baixa correlação ($\pm 32\%$). Para as demais variáveis independentes, as que apresentaram maior correlação com os valores de EMA e EMA_n, porém correlação negativa, foram FDN ($\pm 95\%$), MM ($\pm 94\%$), FB ($\pm 93\%$), P ($\pm 93\%$), Ca ($\pm 90\%$), FDA ($\pm 84\%$), PB ($\pm 49\%$) e DGM ($\pm 35\%$). Para se obterem equações com maior precisão, foi utilizado o teste T, com significância de 5% de probabilidade, isoladamente dentro de cada variável que compõe a equação.

As equações foram calculadas pelo Método Stepwise de Eliminação Indireta (Backward), o qual fornece a contribuição de cada variável dentro da análise de regressão múltipla. Deve-se observar que este método mostra a equação que melhor representa o fenômeno estudado e, por meio da retirada de uma variável por vez, pela significância do teste T, é excluída a variável que menos contribui na determinação do valor de energia, até a obtenção de uma

Tabela 5 - Equações de predição dos valores de EMA, a partir da composição química¹ dos alimentos
Table 5 - Prediction equation of the AME values, in the chemical composition¹ of the feedstuffs

Constante <i>Constant</i>	Equações dos valores de EMA <i>Equations of the AME values</i>									R ²
	PB <i>CP</i>	FB <i>CF</i>	FDN <i>NDF</i>	FDA <i>ADF</i>	EE	MM	Ca	P	DGM <i>MGD</i>	
+5011,96	-64,46	+33,96	-73,50	+18,39				+451,48	+0,19	0,99
+5054,52	-59,87		-62,95	+16,68				+398,68		0,98
+4907,94	-46,57		-56,10	+17,95						0,98
+4910,03	-47,82		-47,77							0,98
+4650,21			-19,96				-5054,42	-886,39		0,97
+4681,96	-27,32	-92,95			+41,19	-247,80				0,96
+5165,63						-322,97	-8452,55			0,96
+4392,97		-46,79			+51,49	-392,65				0,95
+4390,38					+70,22	-494,38				0,94
+4291,75			-33,00					-863,06		0,95
+4871,93	-36,32	-151,18				-109,29				0,94
+4929,29	-49,57	-185,81								0,94
+4159,83			-51,23							0,92
+4705,61						-503,74				0,87
+4151,75		-199,94								0,87

¹ Valores expressos na matéria seca: PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%); FDA = fibra em detergente ácido (%); MM = matéria mineral (%); Ca = cálcio (%); P = fósforo (%); e DGM = diâmetro médio geométrico (μm).
¹ Values in dry matter basis: CP = crude protein (%); EE = ether extract (%); CF = crude fiber (%); NDF = neutral detergent fiber (%); ADF = acid detergent fiber (%); MM = ash (%); Ca = calcium (%); P = phosphorus (%); MGD = medium geometric diameter (μm).

Tabela 6 - Equações de predição dos valores de EMA_n , a partir da composição química¹ dos alimentos
 Table 6 - Prediction equations of the AME_n values, in the chemical composition¹ of the feedstuffs

Constante <i>Constant</i>	Equações dos valores de EMA_n <i>Equation of the AME_n values</i>										R^2
	PB <i>CP</i>	FB <i>CF</i>	FDN <i>NDF</i>	FDA <i>ADF</i>	EE	MM	Ca	P	DGM <i>MGD</i>		
+4854,72	-64,13		-61,02	+15,88				+424,30	+0,18	0,99	
+4898,07	-60,52		-59,88	+15,35				+398,63		0,99	
+4752,12	-47,23		-53,01	+16,57						0,98	
+4754,02	-48,38		-45,32							0,98	
+4476,84			-17,42					-4994,13	-895,97	0,96	
+4947,88						-308,88		-8022,85		0,96	
+4536,71	-29,55	-89,17			+40,30	-231,43				0,96	
+4224,44		-39,30			+51,39	-388,02				0,95	
+4689,44								-7978,04	-1268,00	0,95	
+4129,41			-30,42						-873,94	0,95	
+4772,55	-49,96	-176,55								0,94	
+4222,41					+67,10	-476,46				0,94	
+3994,87			-48,82							0,91	
+4523,97						-482,50				0,88	
+3988,90		-190,80								0,87	

¹ Valores expressos na matéria seca: PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%); FDA= fibra em detergente ácido (%); MM= matéria mineral (%); Ca= cálcio (%); P= fósforo (%); e DGM= diâmetro médio geométrico (μ m).

¹ Values in dry matter basis: CP= crude protein (%); EE= ether extract (%); CF= crude fiber (%); NDF= neutral detergent fiber (%); ADF= acid detergent fiber (%); MM= ash (%); Ca= calcium (%); P= phosphorus (%); MGD= medium geometric diameter (μ m).

equação de apenas uma variável.

Os coeficientes de determinação das equações de regressão (R^2) variaram de 0,99 a 0,87, para os valores de EMA e EMA_n , utilizando-se equações com seis a uma variável. Entretanto, as equações com duas a quatro variáveis podem ser utilizadas com maior facilidade, pois as análises laboratoriais de poucas variáveis são realizadas em menor tempo e de forma mais econômica, obtendo-se, assim, resultados confiáveis, com R^2 superior a 0,94, tanto para os valores de EMA, quanto para os de EMA_n .

Foi observado que todos os efeitos são significativos dentro de cada variável em sua respectiva equação, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste T, evidenciando que as equações são as que melhor predizem os valores de EMA e EMA_n .

Entre as possíveis combinações com duas variáveis, a que proporcionou melhor R^2 foi aquela composta pelas variáveis PB e FDN, com R^2 igual a 0,98, para os valores de EMA e EMA_n , sendo a equação que melhor se ajustou na predição dos valores de EMA e EMA_n . As equações obtidas da combinação de variáveis duas a duas, geralmente, são as que apresentam melhores ajustes na predição dos valores de EM (PESTI et al., 1986; DOLZ e DE BLAS,

1992; e DUDLEY-CASH, 1994). Para uma variável, a FDN foi a que proporcionou melhor valor de R^2 , 0,92 e 0,91, para EMA e EMA_n , respectivamente.

Considerando-se a rapidez e o custo das análises, podem-se obter bons resultados utilizando as variáveis MM e EE ($R^2 = 0,94$), ou PB e FDN ($R^2 = 0,98$), para predição dos valores de EMA e EMA_n .

Na Tabela 7, estão apresentados os valores de EMA_n dos alimentos obtidos no ensaio de metabolismo, os estimados por três equações com as variáveis independentes proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), a somatória ao quadrado das diferenças dos valores estimados e observados e a média das diferenças entre os valores estimados e observados.

Ao analisar a média dos desvios, observou-se que a diferença se eleva, à medida que o R^2 diminui. Assim, com R^2 de 0,98, tem-se uma média das diferenças de 15.736; com R^2 de 0,94, esta média eleva-se para 47.579 e, com R^2 de 0,91, para 75.987. Com relação à média das diferenças, a equação composta pelas variáveis PB e FDN ($R^2 = 0,98$) foi a que melhor estimou os valores de EMA_n .

Para o resíduo de biscoito, somente foi possível

Tabela 7 - Estimativa dos valores de EMA_n por meio das equações de prediçãoTable 7 - Estimate of the AME_n values by the prediction equations

	EMA_n	EMA_n 1	EMA_n 2	EMA_n 3
	$EMA_n1 = 4754,02 - 48,38*PB - 45,32*FDN$			$(R^2 = 0,98)$
	$AME_n1 = 4754,02 - 48,38*CP - 45,32*NDF$			$(R^2 = 0,98)$
	$EMA_n2 = 4222,41 + 67,10*EE - 473,46*MM$			$(R^2 = 0,94)$
	$AME_n2 = 4222,41 + 67,10*EE - 473,46*MM$			$(R^2 = 0,94)$
	$EMA_n3 = 3994,87 - 48,82*FDN$			$(R^2 = 0,91)$
	$AME_n3 = 3994,87 - 48,82*NDF$			$(R^2 = 0,91)$
Alimentos	EMA_n	EMA_n 1	EMA_n 2	EMA_n 3
<i>Feedstuffs</i>	obs. ¹	est. ²	est.	est.
Farelo de trigo 1	1864	1916	1799	1924
<i>Wheat bran 1</i>				
Farelo de trigo 2	1936	2096	2356	2095
<i>Wheat bran 2</i>				
Farelo de trigo 3	1758	1611	1510	1518
<i>Wheat bran 3</i>				
Farelo de trigo 4	1795	1652	1680	1566
<i>Wheat bran 4</i>				
Trigo-grão	3457	3607	3545	3479
<i>Wheat grain</i>				
Farinha morena	1903	2112	2239	2230
<i>Brown flour meal</i>				
Farinha de trigo	4113	4029	4131	3933
<i>Wheat flour</i>				
Resíduo de biscoito	4339	-	4390	-
<i>Cookies residue</i>				
Resíduo de macarrão	3943	3971	3578	3884
<i>Macaroni residue</i>				
Triguilho	3140	3062	3035	2959
<i>Wheat grain residue</i>				
Gérmen de trigo	2813	2730	2799	3480
<i>Wheat germ</i>				
Média	2824	2679	2824	2707
<i>Mean</i>				
S ⁱⁱⁱ d ²		157.356	523.365	759.866
Média ⁴ d ²		15.736	47.579	75.987

¹ Energia metabolizável aparente corrigida observada *in vivo*, em kcal/kg de matéria seca.² Energia metabolizável aparente corrigida estimada, em kcal/kg de matéria seca.³ Somatória ao quadrado das diferenças entre os valores estimados e observados.⁴ Média das diferenças.¹ Corrected apparent metabolizable energy observed *in vivo*, in kcal/kg, in dry matter.² Corrected apparent metabolizable energy estimate, in kcal/kg, in dry matter.³ Amount to square of the differences among the estimated and observed values.⁴ Mean of the differences.

estimar o valor de EMA_n por intermédio da equação que continha as variáveis MM e EE, pois as equações que continham FDN impossibilitaram a sua predição, sendo que esta variável não foi determinada na análise laboratorial.

Conclusões

Os valores de EMA e EMA_n médios dos quatro farelos de trigo, expressos em kcal/kg de matéria seca, foram, respectivamente, 1893 e 1838 e 1963 e 1903 para farinha morena. Para os demais alimentos, os valores de

EMA e EMA_n , expressos em kcal/kg de matéria seca, foram, respectivamente, 3593 e 3457 para o trigo-grão; 3275 e 3140 para o triguilho; 4291 e 4113 para a farinha de trigo; 4480 e 4339 para o resíduo de biscoito; 4105 e 3943 para o resíduo de macarrão; e 2963 e 2813 para o gérmen de trigo. As equações de predição que melhor estimaram os valores de EMA e EMA_n foram as que continham as variáveis PB e FDN, as quais melhor estimaram os valores energéticos dos alimentos. As equações obtidas foram: $EMA = 4910,03 - 47,82*PB - 47,77*FDN$ ($R^2 = 98\%$) e $EMA_n = 4754,02 - 48,38*PB - 45,32*FDN$ ($R^2 = 98\%$).

Referências Bibliográficas

- ALBINO, L.F.T. *Sistemas de avaliação nutricional de alimentos e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte*. Viçosa, UFV, 1991. 141p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- ALBINO, L.F.T., SILVA, M.A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. Viçosa, 1996. *Anais...* Viçosa: UFV, 1996. p.303-318.
- AERC. 1989. *European table of energy values for poultry feedstuffs*. 3.ed. 84p.
- ANFAR. 1985. *Matérias-primas para alimentação animal padrão*. ANFAR. 4.ed. 65p.
- AZEVEDO, D.M.S. *Fatores que afetam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves*. Viçosa, UFV, 1996. 89p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- BORGES, F.M.O., ROSTAGNO, H.S., BAIÃO, N.C. et al. Avaliação de métodos para estimar energia metabolizável em alimentos para aves. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Botucatu, 1998. *Anais...* Botucatu: FMVZ-UNESP, 1998. p.386-388.
- COELHO, M.G.R. *Valores energéticos e de triptofano metabolizável de alimentos para aves, utilizando duas metodologias*. Viçosa, UFV, 1983. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- COON, C.N. Optimizing ingredient utilization through a better understanding of amino acid bioavailability. In: TECHNICAL SYMPOSIA, Aruba, 1991. *Proceedings...* Aruba: NOVUS INTERNATIONAL, 1991. p.11-40.
- DALE, N.M., PESTI, G.M., ROGERS, S.R. 1990. True metabolizable energy of dried bakery product. *Poult. Sci.*, 69(1):72-75.
- DOLZ, S., DE BLAS, C. 1992. Metabolizable energy of meat and bone meal from Spanish rendering plants as influenced by level of substitution and method of determination. *Poult. Sci.*, 71(2):316-322.
- DUDLEY-CASH, W.A. 1994. Metabolizable energy value of poultry offal meal can vary widely. *Feedstuffs*. 66(1):11.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 1991. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (CNPASA) - CNPASA. *Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves*. 3.ed. Concórdia-SC, EMBRAPA-CNPASA. 97p. [Documento 19].
- FISCHER JR., A.A. *Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves*. Viçosa, UFV, 1997. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCH AGRONOMIQUE - INRA. 1984. Alimentacion de los Conejos. In: *Alimentation des Animaux Monogastriques*. Institut National de la Recherch Agronomique. Porc, Lapin, Volailles. France. p.95-243.
- LIMA, I.L. Níveis nutricionais utilizados nas rações pela indústria avícola. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. Viçosa, 1996. *Anais...* Viçosa: UFV, 1996. p.389-402.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, M.W. et al. 1965. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. *Agric. Exp. Stat. Res. Rep.*, 11:11.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1994. *Nutrients requirements of poultry*, 9.ed. Washington: National Academy of Sciences. 155p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1998. *Nutrients requirements of swine*, 10.ed. Washington: National Academy of Sciences. 189p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA - MAARA. 1996. *Normas e padrões de nutrição e alimentação animal*. Revisão 96. 145p.
- PESTI, G.M., FAUST, L.O., FULLER, H.L. et al. 1986. Nutritive value of poultry by-product meal. 1. Metabolizable energy values as influenced by method of determination and level substitution. *Poult. Sci.*, 65(12):2258-2267.
- PUPA, J.M.R. *Rações para frangos de corte formuladas com valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros, determinados com galos cecectomizados*. Viçosa, UFV, 1995. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- ROSTAGNO, H.S. Valores de composição de alimentos e exigências nutricionais utilizados na formulação de rações para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27, Piracicaba, 1990. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1990. p.11-30.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A. et al. 1983. *Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas brasileiras)*. Viçosa: UFV. 59p.
- SCOTT, M.L., NESHEIM, M.C., YOUNG, R.J. 1982. *Nutrition of the chicken*. 3.ed. Ithaca, NY. 562p.
- TEIXEIRA, A.S. 1998. *Tabelas de composição dos alimentos e exigências Nutricionais*. Alimentos e alimentação dos animais. UFLA/FAEPE. v.2. p.98.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. 1999. *Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análise Estatísticas e Genéticas)*. Viçosa: UFV. 59p.
- ZANOTTO, D.L., BELLAVER, C. 1996. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. *Comunicado Técnico*. EMBRAPA suínos e aves. p.1-5.

Recebido em: 08/02/00

Aceito em: 04/01/01